Adaptation d'un modèle de maturité BIM pour les principaux intervenants de la chaîne d'approvisionnement en construction

par

Eva-Charlotte FORGUES

MÉMOIRE PRÉSENTÉ À L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE
COMME EXIGENCE PARTIELLE À L'OBTENTION DE
LA MAÎTRISE AVEC MÉMOIRE EN GÉNIE DE LA CONSTRUCTION
M. Sc. A.

MONTRÉAL, LE 20 JUIN 2017

ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE
UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

 Eva-Charlotte Forgues, 2017



Cette licence Creative Commons signifie qu'il est permis de diffuser, d'imprimer ou de sauvegarder sur un autre support une partie ou la totalité de cette œuvre à condition de mentionner l'auteur, que ces utilisations soient faites à des fins non commerciales et que le contenu de l'œuvre n'ait pas été modifié.

PRÉSENTATION DU JURY

CE MÉMOIRE A ÉTÉ ÉVALUÉ

PAR UN JURY COMPOSÉ DE :

Mme Sylvie Doré, directeur de mémoire
Département de génie mécanique à l'École de technologie supérieure

M. Conrad Boton, codirecteur de mémoire
Département de génie de la construction à l'École de technologie supérieure

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

Marc Paquet, membre du jury
Département de génie de la production automatisée

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

LE 24 MAI 2017

À L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier tous les partenaires, professeurs et étudiants ayant supporté mon travail. Premièrement, je tiens à souligner l'aide et le support du LUCID à l'Université de Liège (ULG) pour m'avoir aidé dans le développement des matrices. Un petit clin d'œil pour Samia Ben Rajeb et Pierre Leclercq pour m'avoir invité dans leur laboratoire à Liège.

Deuxièmement, je voudrais remercier les étudiants qui m'ont aidé dans la collecte de mes données. Gros merci à Aida, Clémentine et Samer. Je voudrais souligner le support de Vincent pour m'avoir aidé dans l'élaboration des modèles et dans la collecte et l'analyse des données.

Troisièmement, j'aimerais mentionner le soutien des membres du GRIDD pour leurs conseils et leur encadrement. Merci Souha, Jean-François et Isabelle. Merci également aux professeurs Danielle Monfet et Daniel Forgues. Un merci à Bilal Succar qui a eu la patience et la gentillesse de répondre à mes questions.

Quatrièmement, un merci bien spécial pour les partenaires industriels sans qui, le projet n'aurait jamais abouti. Merci à Yvanka, Daniel, Claude, Patrick et Max. Je voudrais également remercier tous les interviewés qui se sont prêtés aux entrevues et qui ont répondu en toute honnêteté aux questions.

Cinquièmement, j'aimerais remercier spécialement ma directrice Sylvie Doré qui m'a encouragé et supporté lors des durs labeurs de rédaction. Un sourire pour Conrad, mon codirecteur, qui a fait son possible pour m'encourager malgré les évènements.

Pour conclure, un petit merci à mes amis Linda et Loulou, à Titi, à ma maman et surtout à Adan pour m'avoir enduré durant ce projet de recherche.

ADAPTATION D'UN MODÈLE DE MATURITÉ BIM POUR LES PRINCIPAUX INTERVENANTS DE LA CHAÎNE D'APPROVISIONNEMENT EN CONSTRUCTION

Eva-Charlotte FORGUES

RÉSUMÉ

La fragmentation et la complexité de l'industrie de la construction causent une décentralisation de l'information et une faible collaboration entre les intervenants. Le Building Information Modeling (BIM) propose, via le cadre d'une plateforme de collaboration numérique de centraliser l'information et d'augmenter la collaboration entre les parties prenantes d'un projet. De par cette promesse, l'efficacité et la performance des projets de construction seraient largement accrues. Toutefois, le manque de vision et de compréhension des enjeux d'implémentation BIM cause une adoption ad hoc des technologies BIM. Pour cibler les bonnes pratiques, un modèle de maturité promet d'illustrer les étapes et de fournir une vision d'implémentation pour les intervenants de l'industrie au sein d'une entreprise.

L'objectif principal de ce projet de recherche est de développer un modèle de maturité répondant aux spécificités des principales disciplines de la chaîne d'approvisionnement. À partir d'une étude des modèles de maturité BIM existants, d'une collecte de données chez les cinq principaux intervenants de la chaîne d'approvisionnement (l'architecte, l'ingénieur, l'entrepreneur, le sous-traitant et le manufacturier) et de l'étude d'un projet BIM, un modèle de maturité a été généré. Ce projet est inspiré des méthodologies de la Science de la Conception dans le but de concevoir deux artefacts. Le premier artéfact, un cadre d'audit de modèles de maturité sert de guide pour développer le second artéfact, un modèle de maturité. Ces artéfacts ont été construits en suivant la méthode van Aken (2004) qui propose une méthode cyclique entre la collecte de données et l'émergence de nouvelles connaissances. La collecte de données s'est déroulée dès le début de l'été 2015 et s'est terminée en hiver 2016. Les résultats ont permis de développer un modèle de maturité à partir du modèle d'*Organization BIM Assessment* (OBIMA). Le modèle de maturité, nommé le *Supply Chain BIM Maturity Matrix* (SCBIMMM), comprend cinq indicateurs spécifiques aux principaux intervenants de la chaîne d'approvisionnement et treize nouveaux indicateurs génériques. Des pistes de recherche futures pour valider et améliorer le modèle sont recommandées.

Mots-clés : Implémentation BIM, Chaîne d'approvisionnement, Changement organisationnel, Maturité

ADAPTATION OF A BIM MATURITY MODEL FOR THE MAIN STAKEHOLDERS OF THE SUPPLY CHAIN IN CONSTRUCTION

Eva-Charlotte FORGUES

ABSTRACT

The complex and fragmented construction industry causes a decentralisation of information and a weak collaboration between the stakeholders. Building Information Modelling (BIM) proposes, using a collaborative numerical platform, to centralise the information needed in order to increase collaboration between the participants. The efficiency and performance of construction project could be highly improved. However, the lack of vision and comprehension of BIM implementation issues brings an ad hoc adoption of the BIM technologies. To identify the best practices, a maturity model can illustrate the principal steps and share an implementation vision for the stakeholders at a firm scale.

The principal objective of this research project is to develop a maturity model that represents the specificity of the principal fields of the supply chain (architect, engineer, contractor, subcontractor and manufacturer). The maturity model was based on a study of the existing BIM maturity models, of the five principal actors' firms and of a BIM project. This research approach is inspired by the Design Science methodologies in order to create two artefacts. These artefacts are a protocol to generate maturity models and the maturity model itself. These artefacts were built following the van Aken (2004) method that propose a cyclic process to emerge new concepts. The data were collected from summer 2015 to winter 2016. The model is constructed based on the *Organization BIM Assessment model* (OBIMA). The new model, the *Supply Chain BIM Maturity Matrix* (SCBIMMM), uses five specifics indicators to represent the reality of each principal stakeholders. Thirteen new generic indicators were also added to the SCBIMMM. Empiric researches should validate and improve the model.

Keywords : BIM implementation, Supply Chain, Organizational Change, Maturity

TABLE DES MATIÈRES

Page

INTRODUCTION 1

CHAPITRE 1 REVUE DE LITTÉRATURE 7
1.1 Le BIM 7
1.2 Le concept de maturité 9
1.2.1 Les origines de la maturité 10
1.2.2 Les niveaux de maturité 11
1.2.3 Les types de modèles de maturité 12
1.2.4 Les échelles organisationnelles 14
1.3 Trois plans théoriques 15
1.3.1 Le changement organisationnel 16
1.3.2 L'implémentation BIM 18
1.3.3 La chaîne d'approvisionnement 19
1.4 Les principaux modèles de maturité 21
1.4.1 BIM Capability Maturity Model (BIMCMM) 23
1.4.2 BIM Maturity Matrix (BIMMM) 24
1.4.3 Organizational BIM Assessment (OBIMA) 25
1.4.4 BIM Maturity Measure (BIMM) 26
1.5 Discussion 27

CHAPITRE 2 MÉTHODOLOGIE 31
2.1 Stratégie de recherche 31
2.2 La méthode de recherche 33
2.3 Le contexte des études de cas 41

CHAPITRE 3 CADRE D'AUDIT 45
3.1 Protocole d'évaluation de la maturité 45
3.1.1 Journal des observations 47
3.1.2 Revue de documentation 48
3.1.3 Questionnaires des entrevues 50
3.1.4 Traitement des données 52
3.2 Protocole d'autoconfrontation 54

CHAPITRE 4 MODÈLE DE MATURITÉ 59
4.1 Les niveaux de maturité 59
4.2 Les composantes du modèle 62
4.2.1 Les catégories d'indicateur 62
4.2.2 Alignement stratégique 64
4.2.3 Alignement organisationnel 71
4.2.4 Infrastructures 77

4.2.5 Formalisation de modélisation 82
4.2.6 Formalisation des relations contextuelles 92
4.3 Analyse des indicateurs 101
4.3.1 Les indicateurs spécifiques 103
4.3.2 Comparaison avec les modèles de maturité existants 104
4.4 L'outil de maturité 107
4.4.1 Pondération 109
4.4.2 Types d'évaluation de la maturité 109
4.5 Validation du modèle de maturité 110

CONCLUSION 113

ANNEXE I BIM CAPABILITY MATURITY MODEL (BIMCMM) 117

ANNEXE II BIM MATURITY MATRIX (BIMMM) 127

ANNEXE III ORGANIZATIONAL BIM ASSESSMENT (OBIMA) 133

ANNEXE IV COMPARAISON ENTRE L'OBIMA ET LE SCBIMMM 139

ANNEXE V BIM MATURITY MATRIX (BIMM) 149

ANNEXE VI SUPPLY CHAIN MATURITY MATRIX (SCBIMMM) 157

ANNEXE VII BIM PROJECT PROCESS MODELLING 165

ANNEXE VIII TECHNIQUE DE CODAGE 177

ANNEXE IX PROTOCOLE D'ÉVALUATION DE LA MATURITÉ 179

ANNEXE X PROTOCOLE D'AUTOCONFRONTATION 187

LISTE DE RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES 191

LISTE DES TABLEAUX

Page

Tableau 0.1 Description des objectifs de recherche 4

Tableau 1.1 Les principaux facteurs causant des pertes de productivité 8

Tableau 1.2 Les principaux termes entourant le concept de maturité 10

Tableau 1.3 Les trois principaux types de modèles 12

Tableau 1.4 Relation entre les trois composantes d'une matrice de maturité descriptive 13

Tableau 1.5 Modèle TOPP des bonnes pratiques BIM 18

Tableau 1.6 Les dix principaux modèles de maturité BIM 22

Tableau 1.7 Comparaison des catégories des modèles de référence 26

Tableau 2.1 Les principes validant le modèle de maturité 41

Tableau 2.2 Description des partenaires industriels 42

Tableau 3.1 Descriptions des onglets du document Excel du protocole d'évaluation de la maturité 46

Tableau 3.2 Documents à réviser pour la revue de documentation 49

Tableau 3.3 Participants aux entrevues et le questionnaire spécifique à leur rôle 51

Tableau 3.4 Les cinq calques de l'autoconfrontation 55

Tableau 4.1 Niveaux de maturité selon le modèle de maturité 61

Tableau 4.2 Catégories et descriptions du modèle de l'OBIMA 62

Tableau 4.3 Comparaison des catégories des modèles de référence 63

Tableau 4.4 Catégories et descriptions du SCBIMMM 63

Tableau 4.5 Comparaison des étapes d'un plan stratégique de planification BIM 64

Tableau 4.6 Indicateurs et descripteurs de la catégorie de l'alignement stratégique 66

Tableau 4.7 Premier indicateur de la catégorie alignement stratégique : la mission de l'entreprise 67

Tableau 4.8 Deuxième indicateur de la catégorie alignement stratégique : les objectifs de l'entreprise 68

Tableau 4.9 Troisième indicateur de la catégorie alignement stratégique : la vision BIM 68

Tableau 4.10 Quatrième indicateur de la catégorie alignement stratégique : les objectifs BIM 69

Tableau 4.11 Cinquième indicateur de la catégorie alignement stratégique : le support de la haute direction 70

Tableau 4.12 Sixième indicateur de la catégorie alignement stratégique : le gestionnaire BIM 70

Tableau 4.13 Septième indicateur de la catégorie alignement stratégique : le comité de planification BIM 71

Tableau 4.14 Indicateurs et descripteurs de la catégorie de l'alignement organisationnel 73

Tableau 4.15 Premier indicateur de la catégorie alignement organisationnel : les responsabilités BIM 74

Tableau 4.16 Deuxième indicateur de la catégorie alignement organisationnel : la structure organisationnelle 75

Tableau 4.17 Troisième indicateur de la catégorie alignement organisationnel : la formation et l'éducation 76

Tableau 4.18 Quatrième indicateur de la catégorie alignement organisationnel : l'adhésion 77

Tableau 4.19 Indicateurs et descripteurs de la catégorie de l'infrastructure 79

Tableau 4.20 Premier indicateur de la catégorie infrastructure : les logiciels (software) 80

Tableau 4.21 Deuxième indicateur de la catégorie infrastructure : les équipements technologiques (Hardware) 80

Tableau 4.22 Troisième indicateur de la catégorie infrastructure : le déploiement de l'infrastructure 81

Tableau 4.23 Quatrième indicateur de la catégorie infrastructure : les espaces physiques 81

Tableau 4.24 Premier indicateur spécifique de la catégorie infrastructure : pour l'entrepreneur - les équipements technologiques sur le chantier 82

Tableau 4.25 Indicateurs et descripteurs de la catégorie de la formalisation de modélisation 84

Tableau 4.26 Premier indicateur de la catégorie formalisation de modélisation : l'arborescence des composantes ou « *Model Element Breakdown (MEB)* » 86

Tableau 4.27 Deuxième indicateur de la catégorie formalisation de modélisation : le niveau de développement ou « *Level of Development(LOD)* » 87

Tableau 4.28 Troisième indicateur de la catégorie formalisation de modélisation : les règles de modélisation 88

Tableau 4.29 Quatrième indicateur de la catégorie formalisation de modélisation : la synchronisation des bases de données 89

Tableau 4.30 Premier indicateur spécifique de la catégorie formalisation de modélisation : pour le gestionnaire d'immeuble : les données des établissements 90

Tableau 4.31 Deuxième indicateur spécifique de la catégorie formalisation de modélisation : pour le sous-traitant : la standardisation des objets 90

Tableau 4.32 Troisième indicateur spécifique de la catégorie formalisation de modélisation : pour le manufacturier - la nomenclature 92

Tableau 4.33 Indicateurs et descripteurs de la catégorie de la formalisation des relations contextuelles 94

Tableau 4.34 Premier indicateur de la catégorie formalisation des relations contextuelles : les usages intraorganisationnels 95

Tableau 4.35 Deuxième indicateur de la catégorie formalisation des relations contextuelles : les processus intraorganisationnels 97

Tableau 4.36 Troisième indicateur de la catégorie formalisation des relations contextuelles : les usages interorganisationnels 97

Tableau 4.37 Quatrième indicateur de la catégorie formalisation des relations contextuelles : les processus interorganisationnels 98

Tableau 4.38 Cinquième indicateur de la catégorie formalisation des relations contextuelles : le plan de gestion BIM (PGB) 98

Tableau 4.39 Sixième indicateur de la catégorie formalisation des relations contextuelles : l'aptitude à collaborer 99

Tableau 4.40 Premier indicateur spécifique de la catégorie formalisation des relations contextuelles : pour l'entrepreneur - le contrat BIM 100

Tableau 4.41 Deuxième indicateur spécifique de la catégorie formalisation des relations contextuelles : pour le manufacturier – la gestion de l'achat 101

Tableau 4.42 Comparaison des types d'indicateurs 102

Tableau 4.43 Les treize nouveaux indicateurs du SCBIMMM 102

Tableau 4.44 Indicateur spécifique par discipline 103

Tableau 4.45 Modèles BIM existants ayant principalement inspiré le modèle de maturité 105

Tableau 4.46 Comparaison des indicateurs du SCBIMMM avec les modèles de maturité existants 105

Tableau 4.47 Présentation des indicateurs ajoutés 107

Tableau 4.48 Descriptions des onglets du document Excel du modèle de maturité 107

Tableau 4.49 Relation entre les types d'évaluation 110

Tableau 4.50 Les principes guidant la construction de guides sur l'implémentation BIM 111

LISTE DES FIGURES

Page

Figure 0.1 Index de productivité de 1964 à 2003 1

Figure 1.1 Exemple de niveaux de maturité selon le CMMI 11

Figure 1.2 Modèle d'alignement stratégique pour les entreprises 17

Figure 2.1 Synthèse de la stratégie de recherche 32

Figure 2.2 Étapes et descriptions du cycle de résolution de problème 33

Figure 2.3 Étapes de recherche selon le cycle de résolution de problème 34

Figure 2.4 Développement de deux artéfacts 36

Figure 3.1 Définition du codage mixte 53

Figure 3.2 Exemple d'un résultat du processus d'autoconfrontation 56

Figure 3.3 Analyse des flux de l'information issue de l'autoconfontation 58

Figure 4.1 Comparaison de l'échelle et des titres des niveaux de maturité 60

Figure 4.2 Niveau de développement 86

Figure 4.3 Exemple de résultats d'une évaluation de la maturité 108

LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

2D	Deux Dimension – Dessins
3D	Trois Dimension – Volume
4D	Quatre Dimension – Échéancier
5D	Cinq Dimension – Estimation
6D	Six Dimension – Cycle de vie
7D	Sept Dimension – Développement Durable
AEC	Architectural, Engineering and Construction
API	Interface de Programmation ou Application Programming Interface
BIM	Building Information Modeling
BIMCMM	BIM Capability Maturity Model
BIMM	Building Information Modeling Maturity Measure
BIMMM	Building Information Modeling Maturity Matrix
BPMN	Business Process Model and Notation
CAO	Conception assistée par ordinateur
CICRG	Computer Integrated Construction Research Group
CMM	Capability Maturity Model
CMMI	Capability Maturity Model Integrated
IDM	Information Delivery Manual
IFC	Industry Foundation Classes
KPA	Key Process Areas
LEED	Leadership in Energy Efficiency and Design

LOD	Level Of Development
MVD	Model View Definition
OBIMA	Organizational BIM Assessment
QMMG	Quality Management Maturity Grid
S.M.A.R.T.	Spécifique, Mesurable, Acceptable, Réaliste (pertinent), Temps (délais définis)
TI	Technologie de l'Information
UML	Unified Modeling Language

LEXIQUE

Certains termes ont été définis pour répondre aux besoins particuliers de ce projet de recherche. Le lexique suivant présente les principales définitions utilisées dans ce mémoire. Les *mots en italique* dans lors de la revue de littérature sont des concepts définis au lexique.

Artéfact : Élément créé pour prescrire une ou des solutions à un problème dans un contexte donné. La création d'un artéfact est l'objectif principal de la Science de la conception (March et Smith, 1995)

Building Information Modeling (BIM): Building Information Modeling (BIM) is a process focused on the development, use and transfer of a digital information model of a building project to improve the design, construction and operations of a project or portfolio of facilities. (Computer Integrated Construction Research Group (CICRG), 2010) p. 15

Échelle organisationnelle : les différentes dimensions du contexte de l'industrie de la construction, soit à l'échelle de l'industrie, d'un pays, d'une ville, d'une entreprise, d'un individu, etc. (Succar, 2010)

Gestion de la chaîne d'approvisionnement : l'amélioration de la performance afin de créer de la valeur pour le client, de véhiculer l'innovation et l'amélioration continue dans l'intégration des systèmes d'un bâtiment (Pryke, 2009).

Maturité : État final de plénitude suite à un développement au travers de stades initiaux et intermédiaires (Fraser, Moultrie et Gregory, 2002)

Évaluation de la maturité : Positionnement d'une entreprise par rapport à un niveau de maturité

Niveaux de maturité : Stades répartis sur un ordre croissant selon les étapes initiales vers les étapes avancées d'un sujet donné

Modèle de maturité : Modèle représentant sur une série de niveaux de maturité le développement type et idéal d'un sujet donné

Matrice de maturité descriptive : Modèle de maturité représentée sous forme de matrice ou grille comprenant les **trois principales composantes** : catégories, indicateurs et descripteurs. Les **catégories d'indicateur** sont les sujets prédéfinis pour construire le modèle de maturité. Les **indicateurs** sont des concepts dont le développement peut être prescrit. Les **descripteurs** est placé à la jonction d'un niveau de maturité et d'un indicateur permet de définir les caractéristiques. Un descripteur peut comprendre plusieurs critères de maturité, soit les exigences pour atteindre le niveau supérieur.

INTRODUCTION

L'industrie de la construction se distingue par son contexte unique, complexe et fragmenté (Egan 1998). Cette situation provoque une limitation de l'amélioration de la performance (Egan 1998) et de la productivité (Eastman *et al.*, 2008). En comparant la productivité des industries non agricoles aux États-Unis entre 1964 et 2003 (Figure 0.1.1), Paul Teicholz a démontré que les industries manufacturières ont augmenté leur productivité d'environ 225% tandis que celle du domaine de la construction a baissé d'environ 10% durant la même période (Eastman *et al.*, 2008).

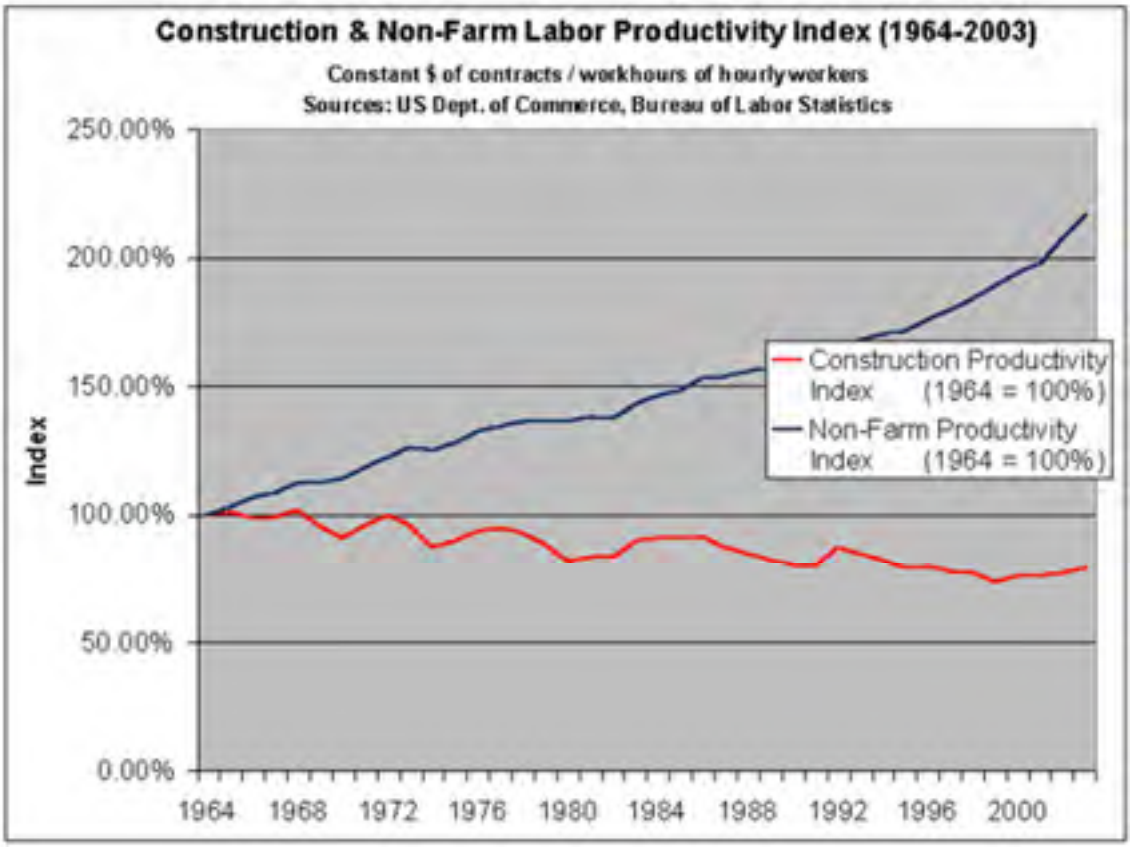


Figure 0.1.1 Index de productivité de 1964 à 2003
Tirée de Eastman et al (2008, p. 8)

Pour doubler leur productivité, les industries manufacturières ont utilisé l'automatisation, la gestion de la chaîne d'approvisionnement, l'utilisation de technologies de l'information et

l'amélioration des outils de collaboration (Eastman *et al.*, 2008). Afin de suivre une méthode similaire, Eastman suggère, entre autres, l'implémentation d'outils technologiques du « Building Information Modeling (BIM) » pour augmenter la productivité de l'industrie de la construction. Ces outils technologiques BIM permettent de regrouper l'information nécessaire à l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement en vue de réduire considérablement l'effort requis pour créer de l'information, pour la gérer et pour y accéder. De plus, en se référant à l'information intégrée dans les technologies BIM, des simulations budgétaires, temporelles, énergétiques, etc. peuvent être calculées afin d'augmenter la performance des projets de construction. Par l'intégration de données numériques dans les technologies BIM, la collaboration, et le partage de l'information entre les diverses parties prenantes ont le potentiel de favoriser l'amélioration de la performance de la chaîne d'approvisionnement en vue d'augmenter la productivité de l'industrie.

Cependant, les outils technologiques BIM ne devraient pas être utilisés de manière ad hoc dans les pratiques des intervenants de la construction. (Eastman *et al.*, 2008). En effet, une raison de la faible intégration des technologies BIM est expliquée par la complexité de son implémentation dans toutes les échelles organisationnelles, soit dans les pratiques de l'industrie, des organisations et des projets (Succar, Sher et Williams, 2012). En effet, il existe une interdépendance entre l'utilisation du BIM dans un projet par tous les intervenants, la capacité de chacune des entreprises à gérer le BIM et du marché à imposer des normes et règlements s'alignant avec les nouvelles pratiques BIM (Miettinen et Paavola, 2014).

Afin de pallier à la faible intégration des technologies BIM dans l'industrie, des modèles de maturité sont proposés comme solution. Inspiré des sciences de la gestion, les modèles de maturité ont été initialement développés pour faciliter le processus de sélection de firmes externes pour des projets selon les bonnes pratiques (Crawford, 2006). Le modèle de maturité vise à évaluer la capacité des firmes en fonction de leurs expériences, de leur structure organisationnelle, de leurs infrastructures et de leurs compétences. De plus, le modèle de maturité est utilisé comme un outil de référence permettant aux entreprises d'évaluer leur

situation actuelle et de capitaliser sur leurs expériences pour améliorer leur performance en fonction d'une situation désirée. Ainsi, dans le cas de cette étude, il est suggéré d'utiliser le modèle de maturité, notamment sous forme de matrice, principalement comme un guide de référence visuel et graphique pour démontrer les bonnes pratiques à acquérir.

Ainsi, jusqu'à ce jour, pour formaliser l'implémentation du BIM, de nombreux modèles de maturité ont été proposés (Arayici, Khosrowshahi, *et al.*, 2009). Ceux-ci proposent d'évaluer le degré d'implémentation du BIMs (Kassem, Succar et Dawood, 2013) en fonction de différents paramètres tels la qualité des processus d'implémentation, de l'habilité et de la capacité BIM d'une entreprise (Succar, 2010). Cependant, ces modèles souffrent de différentes faiblesses pour les rendre opérationnels : très peu de recherche empirique n'a été publiée pour valider ces modèles théoriques dans l'industrie de la construction et ils ne couvrent souvent que l'aspect technologique du BIM, sans égard aux dimensions organisationnelles ou procédurales de l'implémentation du BIM. Enfin, à l'exception des quelques modèles spécifiques pour les gestionnaires d'immeuble, ils ne tiennent pas compte du caractère particulier de chacune des autres principales disciplines de la chaîne de l'approvisionnement. En effet, jusqu'à ce jour, aucun modèle de maturité BIM n'a été développé pour répondre à aux spécificités des disciplines par rapport à l'implémentation BIM dans leur entreprise. La « *BIM Maturity Measure* » développé par Arup et le Computer Integrated Construction Research Group (CICRG) a tenté de développer un modèle de maturité ayant étant spécifique aux intervenants. Cependant, aucune spécificité n'a été identifiée. *Est-ce que des indicateurs spécifiques existent?*

Ce projet propose de réaliser un modèle de maturité adapté aux principaux intervenants de la chaîne d'approvisionnement en construction et qui tient compte des aspects organisationnels, procéduraux et technologiques de l'implémentation. Pour ce faire, le modèle de maturité, l'« *Organizational BIM Assessment (OBIMA) »* développé par le Computer Integrated Construction Research Group (CICRG) de l'Université de Pennstate (*Voir* ANNEXE III, p. 133) sera utilisé comme modèle de référence à adapter aux intervenants. Ainsi, la prémisse de

ce projet de recherche est d'identifier des indicateurs de maturité spécifiques aux principaux intervenants du domaine de la construction.

Ainsi, ce mémoire vise à répondre à la question suivante : **comment adapter un modèle de maturité BIM pour les principaux intervenants de la chaîne d'approvisionnement?** Pour y répondre, deux sous-questions seront abordées plus spécifiquement : *comment guider l'adaptation d'un nouveau modèle de maturité? Quels sont les indicateurs spécifiques pour les divers intervenants du domaine de la construction?* Les objectifs ont été définis dans le Tableau 0.1.

Tableau 0.1 Description des objectifs de recherche

Types	Objectifs
Principal	Adapter un modèle de maturité aux spécificités des disciplines de la chaîne d'approvisionnement
Spécifique	Élaborer une méthode pour guider l'adaptation d'un modèle de maturité
Spécifique	Identifier les indicateurs spécifiques aux intervenants de la chaîne d'approvisionnement

Pour atteindre ses objectifs, une méthodologie de recherche inspirée des Sciences de la Conception ou « *Design Science* » sera utilisée pour la création de deux principaux artéfacts : un protocole pour générer le modèle de maturité et le modèle de maturité qui lui est rattaché. Des firmes représentant les cinq principales disciplines de la chaîne d'approvisionnement ont accepté de participer à cette recherche afin d'identifier les indicateurs spécifiques. De plus, un projet BIM sera également étudié en parallèle pour comprendre les enjeux à l'échelle d'un projet et analyser comment ils se répercutent sur les enjeux organisationnels. En effet, les capacités BIM des organisations se répercutent à l'échelle d'un projet et donc leurs relations sont interdépendantes (Pryke, 2009). Le résultat attendu est un modèle de maturité adapté aux besoins de chacun des intervenants de la construction.

Pour structurer ce rapport, l'ordre suivant a été utilisé. Au premier chapitre, une revue de la littérature aborde la maturité et les modèles de maturité BIM existants ainsi que la description de trois plans théoriques ayant délimité le modèle. Ensuite, au second chapitre, la méthodologie

de recherche inspirée de la Science de la conception est définie. Au troisième chapitre, le premier artéfact, le cadre d'audit, définit une approche pour adapter un modèle de maturité BIM. Au quatrième chapitre, le modèle de maturité adapté aux spécialités est présenté comme second artéfact. Le rapport se termine avec une conclusion avec un retour sur les résultats et sur la présentation des limites de cette recherche.

CHAPITRE 1

REVUE DE LITTÉRATURE

Ce chapitre présente la littérature pour situer le sujet de cette recherche et extraire les théories pertinentes pour adapter un modèle de maturité aux spécialités de la chaîne de l'approvisionnement. En premier lieu, la situation actuelle du BIM sera brièvement définie. Ensuite, le concept de maturité sera présenté ainsi que les principaux modèles de maturité BIM ayant inspiré l'orientation de cette recherche. Les thèmes impliquant le changement organisationnel, la chaîne d'approvisionnement et l'implémentation BIM seront survolés afin d'expliquer les principaux plans théoriques dans cette recherche. Ce chapitre se termine avec une synthèse des principaux aspects à retenir pour l'adaptation du nouveau modèle de maturité. Pour ce chapitre, les *mots en italique* sont des concepts définis dans le lexique.

1.1 Le BIM

Le BIM comprend de multiples définitions. La définition du Computer Integrated Construction Research Group (CICRG) est favorisée puisque le BIM est présenté comme un processus plutôt qu'une technologie.

> Building Information Modeling (BIM) is a process focused on the development, use and transfer of a digital information model of a building project to improve the design, construction and operations of a project or portfolio of facilities. (Computer Integrated Construction Research Group (CICRG), 2010) p. 15

Le concept du BIM se décline sur deux sphères, soit celle de la technologie et celle des processus pour assurer son implémentation. La première sphère considère les outils technologiques BIM permettant la modélisation de données techniques et formelles ainsi qu'un support numérique pour favoriser l'amélioration continue, le contrôle qualité et les échanges interdisciplinaires tout au long du cycle de vie d'un bâtiment, ouvrage d'art ou infrastructure.

Toutefois, le potentiel de ces technologies est relatif à la capacité des intervenants à les intégrer dans leurs pratiques. En effet, les technologies « BIM excels at helping people find problems, but does not support the dialogue needed to solve many problems encountered in complex design and construction projects"(Dossick et Neff, 2011) p.6. La seconde sphère considère le processus favorisant l'implémentation du *BIM* dans l'industrie de la construction. Le terme implémentation réfère à une intégration complète du BIM afin d'assurer son plein potentiel au travers de la *chaîne d'approvisionnement*, de l'industrie et des diverses organisations qui la composent. Les principaux sujets pour faciliter l'implémentation BIM sont la collaboration interdisciplinaire, la réforme des pratiques traditionnelles, la standardisation, l'interopérabilité, la réforme contractuelle et la synchronisation de l'information à travers la chaîne d'approvisionnement (Kerosuo *et al.*, 2015). L'implémentation du BIM peut engendrer des pertes de productivité notamment si les intervenants visent uniquement la mise en place d'une technologie sans considération de reconfigurer les pratiques et les méthodes de travail autour de cette dernière (Holzer, 2007 ; Succar, 2009). Le tableau suivant (Tableau 1.1) énumère les principaux facteurs causant des pertes de productivité à l'*échelle organisationnelle* (Holzer, 2012 ; Sackey, Tuuli et Dainty, 2013 ; Computer Integrated Construction Research Group (CICRG), 2013).

Tableau 1.1 Les principaux facteurs causant des pertes de productivité

Échelle d'une entreprise	**Échelle d'un projet**
Manque de direction	Échange de l'information fragmentée
Manque d'autorité	Mauvais choix des outils technologiques
Manque de communication	Interopérabilité
Changement non contrôlé	Manque de direction
Ressources insuffisantes	Problèmes de communication
Manque de motivation	Confiance
Ressources incompétentes	Manque de compétence

À l'échelle de l'industrie de la construction, la situation actuelle semble démontrer la difficulté d'implémenter le BIM dans les pratiques (Miettinen et Paavola, 2014). Les principaux facteurs

responsables de la faible intégration du BIM sont la fragmentation de l'industrie, la relation compétitive entre les intervenants et la temporalité des projets (Miettinen et Paavola, 2014). Le BIM est implémenté de façon ad hoc sans prendre en considération la nécessité de reconfigurer certaines pratiques pour les rendre plus efficientes. Le défi de l'implémentation BIM est donc la réforme des pratiques organisationnelles, institutionnelles et contractuelles pour assurer son déploiement (Miettinen et Paavola, 2014). De plus, le BIM doit être implémenté à toutes **les échelles organisationnelles**, soit à l'échelle du marché, d'une organisation ou d'un projet. Malheureusement, en l'absence d'outils appropriés pour accompagner l'implémentation du BIM, de nombreux intervenants de l'industrie de la construction intègrent les technologies BIM sans cadre de référence et sont incapables d'établir objectivement les objectifs et les stratégies pour en faciliter d'adoption.

Afin de répondre à ce type d'enjeu, l'approche par l'analyse de la maturité pourrait faciliter le pilotage du changement organisationnel pour l'implémentation d'une technologie de l'information, dans ce cas-ci, les technologies BIM.

1.2 Le concept de maturité

La maturité est un concept utilisé dans plusieurs domaines. Le terme *maturité* laisse sous-entendre un état final suite à un développement. Le principe de développement considère une série de phases, passant d'un stade initial et certains stades intermédiaires avant l'atteinte de la maturité. Ce concept propose de qualifier ou de quantifier le développement d'un sujet donné. Il offre le potentiel de mesurer l'acquisition de capacités propres à des échelons de développement. Cette évaluation permet d'identifier les capacités à acquérir pour atteindre le niveau désiré. Ainsi, le développement vers la maturité peut se décrire sous forme de *modèles de maturité* permettant d'en mesurer le niveau sous forme d'étalonnage. Ces modèles virtuels se caractérisent par l'utilisation d'une échelle de stades progressifs, soit les *niveaux de* maturité. Le diagramme résultant est un exemple classifiant, selon leur performance, les scénarios et les pratiques types pour un sujet donné. À partir d'un modèle, une évaluation de

la maturité permet de positionner l'entreprise en définissant le stade qui définit le mieux sa situation actuelle. Selon ses objectifs et ses besoins, l'entreprise peut évaluer un niveau de maturité désiré et entreprendre la marche à suivre pour l'atteindre. Le modèle de maturité permet donc de cadrer les capacités à acquérir pour atteindre le niveau désiré. Jusqu'à ce jour, il existe de nombreux modèles de maturité utilisés dans les domaines du développement logiciel, de la gestion, de la construction, de l'innovation, etc. (Crawford, 2006). Les termes décrits au Tableau 1.2 décrivent les principaux concepts reliés à la maturité.

Tableau 1.2 Les principaux termes entourant le concept de maturité

Terme	**Définition**
Maturité (science de la gestion)	État final de plénitude suite à un développement au travers de stades initiaux et intermédiaires
Évaluation de la maturité	Positionnement d'une entreprise par rapport à un niveau de maturité reflétant
Niveaux de maturité	Stades répartis sur un ordre croissant selon les étapes initiales vers les étapes avancées d'un sujet donné
Modèle de maturité	Modèle virtuel représentant sur une série de niveaux de maturité le développement type et idéal d'un sujet donné

1.2.1 Les origines de la maturité

Le concept de maturité prend origine dans le domaine de la gestion de la qualité. En 1979, Crosby propose le premier modèle de maturité, la « QMMG, *Quality Management Maturity Grid* » (Renken, 2004). Celle-ci se présente sous forme de matrice se divisant sur cinq niveaux: « *Uncertainty, Awakening, Enlightenment, Wisdom* et *Certainty* ». Ces niveaux sont dits progressifs, c'est-à-dire qu'avant d'atteindre le stade *Certainty*, l'entreprise franchira un par un les autres niveaux de maturité. Ce type de modèle est qualifié de **matrice descriptive** puisque les indicateurs de chaque phase de maturité sont explicites à un degré de performance. Ce type de modèles sera plus largement défini dans la section 1.2.3.

Dix ans plus tard, le département de défense des États-Unis finance le développement du « *Capability Maturity Model (CMM)* » pour la sécurité informatique. Contrairement à la

matrice de Crosby, le but de ce modèle de maturité est de qualifier ses partenaires sur leurs capacités à développer de nouveaux logiciels (Fraser, Moultrie et Gregory, 2002). En effet, à l'époque, les échecs des projets informatiques étaient récurrents et leur réussite dépendait de la qualité de la gestion du projet. Ce modèle de maturité propose donc la maîtrise de « *key process areas (KPA)* » c'est-à-dire une série de capacités spécifiques pour la gestion d'un projet afin d'atteindre un niveau de maturité donné. Une fois ces habiletés acquises et accumulées, l'entreprise est qualifiée pour ce niveau de maturité. Évidemment, elle devra accumuler des capacités supérieures ou améliorer ses propres aptitudes en gestion pour pouvoir atteindre le niveau suivant (CMMI, 2002). Le type de ce modèle est donc **cumulatif**.

1.2.2 Les niveaux de maturité

Depuis la création du modèle de Crosby, de nombreux domaines et disciplines se sont inspirés du concept de maturité pour générer leur propre modèle de maturité. Parmi tous ses types, ils partagent un aspect commun : des niveaux de maturité (Renken, 2004). Chacun de ces niveaux de maturité doit comprendre les notions suivantes. La Figure 0.1.1 illustre chacune des notions.

- une **échelle** d'au moins trois niveaux de maturité (en moyenne cinq niveaux) (Fraser, Moultrie et Gregory, 2002);
- un **titre** décrivant chacun des niveaux;
- une **description** plus spécifique des caractéristiques de chacun des niveaux.

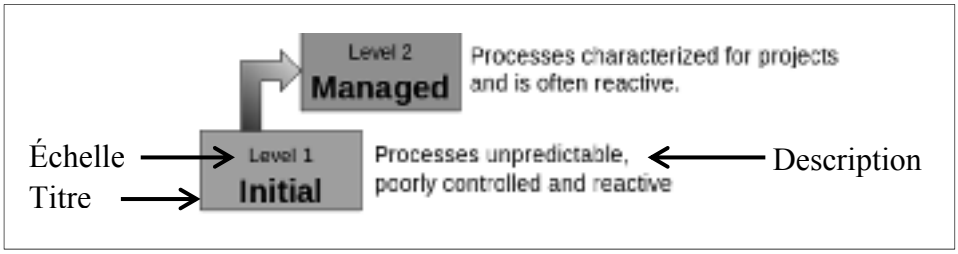


Figure 1.1 Exemple de niveaux de maturité selon le CMMI
Adaptée du CMMI (2002, p. 18)

1.2.3 Les types de modèles de maturité

Les modèles de maturité se regroupent en trois principaux types (Fraser, Moultrie et Gregory, 2002) à cause de leur format schématique permettant une valeur et une efficacité représentative du concept de maturité. Le type de modèles de maturité peut être sélectionné selon les objectifs de la création de ce modèle. Le tableau suivant résume les types de modèles par rapport à leurs objectifs et un exemple de modèles existants (*Voir* Tableau 1.3).

Tableau 1.3 Les trois principaux types de modèles
Adapté de Fraser, Moultrie et Gregory (2002, p. 246)

Types de modèles	**Objectifs pour l'évaluation de la maturité**	**Exemples**
Matrice de maturité descriptive	Définir et guider l'implémentation de bonnes pratiques pour atteindre un certain objectif (ou tendre vers)	QMMG
Le questionnaire avec une échelle de Likert	Évaluer la situation actuelle des entreprises dans un certain contexte	ISO 9004
Modèle cumulatif	Évaluer la capacité d'une entreprise à accomplir un certain objectif	CMM, CMMI

La *matrice de maturité descriptive* est représentée sous la forme d'une grille dans laquelle les niveaux de maturité sont divisés d'un ordre de progression croissante sur différentes colonnes. Ces modèles comportent trois principales composantes soit des indicateurs, des descripteurs et des catégories. Ainsi, chacune des lignes dans la grille comporte un *indicateur***,** c'est-à-dire un concept dont le développement peut être prescrit. Un *descripteur* placé à la jonction d'un niveau de maturité et d'un indicateur permet de définir les caractéristiques de l'indicateur pour ce niveau donné (Lamontage, 2016) . Un descripteur peut comprendre plusieurs critères de maturité, soit les exigences pour atteindre le niveau supérieur. Pour simplifier la lecture du modèle, les indicateurs peuvent être regroupés en *catégories*. Généralement, ces catégories ne comportent aucun descripteur, mais permettent de juger le stade de maturité selon la résultante des résultats de chacun des indicateurs. Le Tableau 1.4 illustre la relation entre les indicateurs, les niveaux de maturité et les descripteurs.

Tableau 1.4 Relation entre les trois composantes d'une matrice de maturité descriptive

Catégorie	**Niveau 1**	**Niveau 2**	**Niveau 3**	**Niveau 4**	**Niveau 5**
Indicateur 1	Descripteur pour Indicateur 1/Niveau 1	Descripteur pour Indicateur 1/Niveau 2	Descripteur pour Indicateur 1/ Niveau 3	Descripteur pour Indicateur 1/ Niveau 4	Descripteur pour Indicateur 1/ Niveau 5
Indicateur 2	Descripteur pour Indicateur 2/Niveau 1	Descripteur pour Indicateur 2/Niveau 2	Descripteur pour Indicateur 2/ Niveau 3	Descripteur pour Indicateur2/ Niveau 4	Descripteur pour Indicateur 2/ Niveau 5
Indicateur 3	Descripteur pour Indicateur 3/Niveau 1	Descripteur pour Indicateur 3/Niveau 2	Descripteur pour Indicateur 3/ Niveau 3	Descripteur pour Indicateur 3/ Niveau 4	Descripteur pour Indicateur 3/ Niveau 5
Catégorie	**Niveau 1**	**Niveau 2**	**Niveau 3**	**Niveau 4**	**Niveau 5**
Indicateur 1	Descripteur pour Indicateur 1/Niveau 1	Descripteur pour Indicateur 1/Niveau 2	Descripteur pour Indicateur 1/ Niveau 3	Descripteur pour Indicateur 1/ Niveau 4	Descripteur pour Indicateur 1/ Niveau 5
Indicateur 2	Descripteur pour Indicateur 2/Niveau 1	Descripteur pour Indicateur 2/Niveau 2	Descripteur pour Indicateur 2/ Niveau 3	Descripteur pour Indicateur2/ Niveau 4	Descripteur pour Indicateur 2/ Niveau 5

Ce type de modèle est compliqué à générer puisqu'elle nécessite une cohérence horizontalement et verticalement, soit entre les descripteurs, les niveaux de maturité et les indicateurs (Fraser, Moultrie et Gregory, 2002). Elle permet toutefois d'offrir une description claire et détaillée pour chacun des niveaux de développement pour un indicateur, également de visualiser facilement les résultats d'une évaluation de la maturité et de faciliter la sélection du niveau désiré. Cependant, pour l'évaluation de la maturité à partir de ce type de modèle, il est recommandé de se référer à un expert en audit de maturité externe pour aider à définir le niveau actuel d'une entreprise. (Fraser, Moultrie et Gregory, 2002).

Le **questionnaire avec une échelle de Likert** ou autre type d'échelle est une mesure sous forme de questionnaire pour évaluer la maturité d'un sujet. Le répondant évalue, sur une échelle psychométrique, la situation actuelle de l'entreprise interrogée. Ce type est une version simplifiée d'un modèle de maturité et peut être joint à une matrice descriptive pour permettre l'autoévaluation des entreprises (Fraser, Moultrie et Gregory, 2002). Ce type de modèle est particulièrement utilisé pour l'analyse comparative dite « benchmarking » et pour classifier, dans un contexte particulier, les entreprises selon leurs capacités et leurs performances. Cependant, ce format schématique n'a pas les qualités de visualisation et d'appropriation offerte par le type précédent.

Les modèles **cumulatifs** tels que le CMM regroupent des capacités, nommées « *key process areas (KPA)* », par niveau de maturité. Ces habilités sont résumées en performances et capacités génériques telles que « l'analyse de risques ». Le stade initial ne comprend aucun KPA puisque toutes les capacités sont considérées ad hoc et non acquises. Le second niveau contient des capacités de base. Ensuite, ses aptitudes doivent être améliorées pour atteindre les KPAs du troisième niveau de maturité. De plus, de nouveaux KPAs s'ajoutent à la liste à mesure que les capacités se complexifient. (Bach, 1994). Le CMM a fait l'objet de multitudes de recherches et il existe une panoplie de versions selon le contexte, les besoins, les critiques et l'évolution des méthodes. Bien que le CMM et toutes ses variations soient le modèle de maturité le plus célèbre, il est probablement le plus critiqué également. Les critiques portent sur la description des niveaux et des KPAs qui sont plutôt génériques, laissant beaucoup de zones grises lors de l'évaluation. D'ailleurs, le CMM nécessite l'évaluation par un expert certifié ou l'élaboration d'outils compatibles facilitant son autoévaluation (Fraser, Moultrie et Gregory, 2002). De plus, il est jugé complexe et formel, résultant à une limitation de l'innovation et de la flexibilité dans les processus. L'aspect cumulatif, la faible description des activités et la délimitation de ses barèmes sont d'ailleurs les aspects le plus critiqués (Bach, 1994).

1.2.4 Les échelles organisationnelles

La délimitation des aspects abordés dans un modèle de maturité peut être subjective. L'une des méthodes utilisées est le recours à des échelles organisationnelles s'appliquant au contexte de l'industrie de la construction. Ces échelles résument les différentes dimensions du contexte, dans ce cas-ci, à l'échelle de l'industrie, d'un pays, d'une ville, d'une entreprise, d'un individu, etc. Succar (2009) propose trois principales échelles organisationnelles pour caractériser un modèle de maturité BIM, soit micro pour l'organisation, méso pour le projet et macro pour le marché. La plupart des modèles de maturité BIM existants se réfèrent à l'une ou l'autre de ces échelles organisationnelles. **Aux fins de cette recherche, l'échelle organisationnelle retenue sera au niveau de l'organisation, c'est-à-dire à l'échelle d'une entreprise**. Pour pouvoir

appliquer le BIM dans les projets, les intervenants doivent posséder des capacités minimums pour pouvoir pratiquer correctement les méthodes associées au BIM (National BIM Standard, 2007). Un niveau de maturité minimum étant requis, il est préférable de générer un modèle de maturité à l'échelle d'une entreprise pour pouvoir prescrire des pratiques autant initiales qu'avancées répondant aux spécificités des intervenants.

1.3 Trois plans théoriques

Afin de délimiter le cadre de cette recherche, trois plans théoriques ont été sélectionnés. Ces trois plans théoriques sont le changement organisationnel, l'implémentation BIM et l'intégration de la chaîne d'approvisionnement. La gestion du **changement organisationnel** dans une entreprise se définit par une approche assurant la transition vers une nouvelle pratique. Cette approche considère le modèle de l'alignement stratégique d'Henderson et Venkatraman (1993) pour l'alignement de la stratégie de l'entreprise, les processus et les infrastructures organisationnelles avec la stratégie TI, les processus et les infrastructures TI. Ensuite, la gestion de l'**implémentation BIM** regroupe les connaissances actuelles sur l'organisation, la technologie, les pratiques et les processus favorisant l'implémentation BIM dans une entreprise. Les bonnes pratiques pour assurer une implémentation BIM adéquate peuvent être comparées avec le modèle sur la Technologie, l'Organisation, les Processus et les Pratiques (TOPP) de Khanzode et Staub-French (Staub-French *et al.*, 2011). Pour finir, le dernier thème est l'intégration de la **chaîne d'approvisionnement,** c'est-à-dire de considérer les enjeux autour des **relations contextuelles** entre les différentes organisations se rejoignant pour un projet temporaire afin d'améliorer la qualité des échanges d'information et de favoriser un processus BIM intégré entre tous les intervenants. Ces organisations comportent des disciplines et des spécificités différentes. Dans cette recherche, les cinq principaux intervenants de la chaîne d'approvisionnement seront étudiés, soit l'architecte, l'ingénieur, l'entrepreneur, le sous-traitant et le manufacturier.

1.3.1 Le changement organisationnel

Le changement organisationnel est normalement amorcé pour faire face à la compétition, aux changements technologiques ou contextuels. Le terme *organisation* se définit comme « an assemblage of agents (both humans and non-humans) and their interactions, an organisation includes actors, responsibilities, dependencies, social structure, organisational entities, objectives, tasks and resources » (Succar, Sher et Williams, 2013) p.2. L'enjeu principal du changement organisationnel pour une implémentation réussie du BIM est que ce changement est paradigmatique, demandant une transformation radicale des pratiques. Pour ce faire, le BIM est considéré comme une technologie de rupture causant un changement de paradigme dans l'ensemble de l'industrie et dans les pratiques traditionnelles (Taylor et Bernstein, 2009). Cet enjeu est ignoré dans la littérature (Aksenova, Tahrani et Forgues, 2014), d'où l'importance de considérer cet enjeu dans la conception d'un modèle de maturité.

Le succès de la gestion du changement organisationnel réside dans deux principaux aspects : l'alignement stratégique et l'alignement organisationnel. L'efficacité de la stratégie organisationnelle réside dans l'alignement des priorités selon les projets et le partage de la connaissance, les ressources dédiées et des processus implémentés (PMI, 2013). Si l'entreprise limite le changement organisationnel à une partie de son organisation, les bénéfices sont faibles. Cependant, si l'entreprise intègre le changement dans l'ensemble de l'organisation, les bénéfices sont plus élevés. Les plus grands bénéfices optimaux d'une implémentation technologique sont atteints uniquement lorsque la volonté du changement devient la raison d'être de l'entreprise (Henderson et Venkatraman, 1993). Ainsi, selon Henderson et Venkatraman (1993), les principaux thèmes clés pour le changement organisationnel suite à une implémentation d'une technologie de l'information (TI) sont :

- **l'alignement stratégique** (mission, vision, objectifs, buts) avec la stratégie de l'implémentation technologique;
- **l'alignement des processus, des infrastructures et des habilités** organisationnelles et du déploiement technologique.

Les relations entre ces sujets définies par Henderson et Venkatraman (1993) sont présentées à la Figure 1.2.

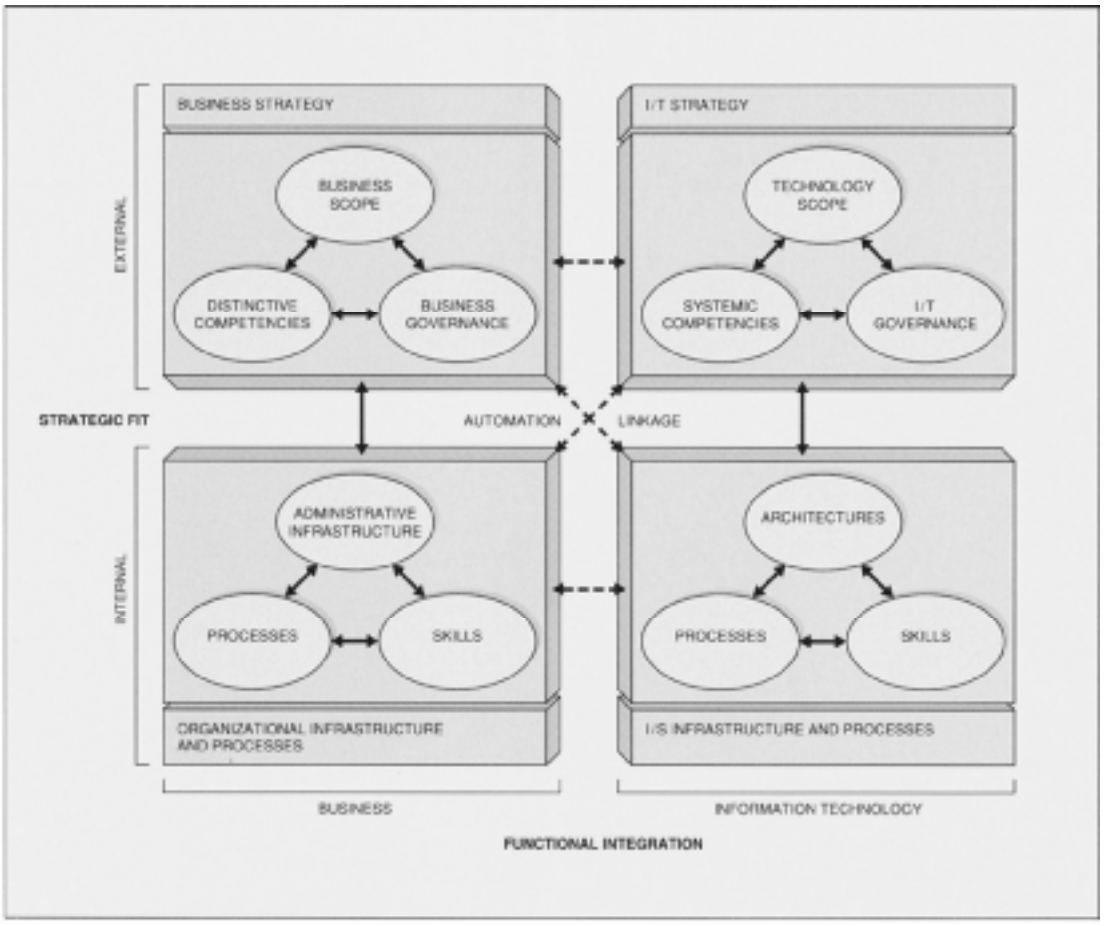


Figure 1.2 Modèle d'alignement stratégique pour les entreprises
Tirée de Henderson et Venkatraman (1993, p. 476)

Venkatraman soutient l'importance de la définition stratégique du déploiement technologique. « This approach starts with a careful and focused analysis of how organization is likely to be positioned in the business network before deriving the objectives and requirements for business process redesign » (Venkatraman, 1994) p.7 . La stratégie devrait comprendre sa raison d'être, sa position dans l'industrie et la raison du changement. Par la suite, elle devrait définir une **mission** organisationnelle qui dicte toutes les décisions organisationnelles et exécutives (PMI, 2013). La mission se traduit ensuite en différentes visions de l'entreprise, certaines concernant l'implémentation de la technologie de l'information. Des objectifs doivent s'aligner avec ces

visions et les traduire en actions tangibles, soit par le déploiement de l'infrastructure TI ou de ses processus. Pour assurer un changement organisationnel, les visions et les objectifs TI et organisationnels doivent être complémentaires, logiques et refléter la mission, les valeurs et la culture de l'entreprise.

1.3.2 L'implémentation BIM

L'implémentation du BIM se traduit par une redéfinition des pratiques et des processus dans le but de « increase the efficiency and the consistency of BIM collaborative design and enhance the quality of information delivered to stakeholders involved in a project lifecycle" (Kassem *et al.*, 2014) p.3. Le **modèle TOPP**, proposé par Staub-French (Staub-French *et al.*, 2011), regroupe les bonnes pratiques de l'implémentation BIM autour de trois principales dimensions : **la Technologie, l'Organisation, et les Processus ou Protocoles**. Le Modèle TOPP est présenté au Tableau 1.5.

Tableau 1.5 Modèle TOPP des bonnes pratiques BIM
Tiré de Staub-French et al. (2011, p. 29)

Technology	• Owner requirements • Uses of models • Scope of modeling • Level of BIM (e.g., DPR 4 levels of BIM) • Technologies used • Information infrastructure
Organization	• Participants involved • Timing of participant involvement • Business practices and structure (within firm and between firms) • BIM expertise • Contractual relationships • Legal considerations
Process/Protocol	• Execution planning • Workflows • Hand-offs • Information exchange

Afin de valider la pertinence des guides et modèles développés pour faciliter l'implémentation BIM, ils seront comparés avec le modèle TOPP. En effet, un modèle de maturité à l'échelle

organisationnelle micro n'est complet que s'il répond aux trois dimensions technologiques, organisationnelles ou procédurales.

1.3.3 La chaîne d'approvisionnement

Dans le contexte de la construction, la *gestion de la chaîne d'approvisionnement* considère l'amélioration de la performance afin de créer de la valeur pour le client, de véhiculer l'innovation et l'amélioration continue dans l'intégration des systèmes d'un bâtiment (Pryke, 2009). La particularité de cette chaîne, contrairement aux industries manufacturières, est la multiplicité de ces organisations se regroupant temporairement pour générer un produit fini, c'est-à-dire un bâtiment ou un ouvrage d'art. À cause de la taille, de l'unicité et de la complexité du produit fini, les organisations sont spécialisées en disciplines complémentaires afin de joindre leur capacité pour générer le produit. Selon la complexité et les enjeux d'un projet, la quantité des intervenants est variable. À cause de la multiplicité des contraintes, des intervenants et des types de relations entre eux, la chaîne d'approvisionnement est en fait complexe, dynamique et non linéaire, ce que certains qualifient de réseau d'approvisionnement (Christopher, 2011). Certains individus ou entreprises participent à la totalité du projet tandis que d'autres contribuent en partie**.** Parmi ses intervenants, six principales disciplines sont présentes dans tous les projets de construction. Ces intervenants sont le client (maître d'ouvrage, gestionnaire d'immeuble et parfois un entrepreneur), l'architecte, les ingénieurs, l'entrepreneur, les sous-traitants et les manufacturiers.

Parmi tous ces organisations et individus, l'absence d'un leader défini qualifie le contexte de fragmenté (Jones, 2005 ; Froese, 2010). En effet, la chaîne d'approvisionnement est composée d'une coalition éphémère de petites et moyennes entreprises, assemblées pour un projet. Les intervenants travaillent en silo, répétant des **pratiques traditionnelles**, c'est-à-dire une série de méthodes et de savoir-faire typiques et habituels (Groleau *et al.*, 2012 ; Kiviniemi, 2011). Ces méthodes ancrées dans les coutumes sont pratiquées depuis de nombreuses décennies et elles n'ont subi quasiment aucune réforme (Crotty, 2012). L'utilisation de nouvelles

technologies BIM ne concorde pas avec les méthodes traditionnelles (Kiviniemi, 2011). Ainsi, un changement de paradigme est nécessaire pour assurer son implémentation dans l'industrie (Taylor et Bernstein, 2009). En effet, le changement de paradigme dans la pratique permettrait d'assurer la qualité des échanges d'information, des relations contextuelles et d'intégrer les processus à l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement. D'où l'importance de considérer cet enjeu dans la conception d'un modèle de maturité.

Les principaux avantages d'utiliser le BIM sont la modélisation virtuelle 3D du bâtiment et la paramétrisation entre les objets géométriques modélisés (Eastman *et al.*, 2008). Pour faciliter le transfert de l'information à travers la chaîne d'approvisionnement, tous les intervenants devraient rentrer toutes les informations pertinentes dans leurs modèles numériques et leurs objets géométriques. Puisque l'information est essentielle dans l'efficacité de la production, le modèle ou les modèles deviennent la pierre angulaire de l'information nécessaire pour la construction. Ainsi, la responsabilité principale de tous les intervenants est de tenir le modèle 3D à jour tout au long du cycle de vie du projet. Ils sont aussi responsables de la qualité de l'information modélisée et des règles de modélisation devraient être définies afin d'assurer une maquette qui pourra contenir toutes les données nécessaires pour le cycle de vie du projet (Dossick et Neff, 2010). L'intégration de la chaîne d'approvisionnement considère la qualité de l'information dans les modèles numériques en plus d'assurer l'intégration des processus de modélisation. Taylor (2009) décrit les bénéfices de l'implémentation d'un processus BIM intégré au travers de la chaîne d'approvisionnement.

> Firms that evolved to a supply chain integration practice paradigm for BIM described how the same BIM model created to design the building could be used by manufacturing firms to actually configure to order or manufacture the materials that go into the building. […] Firms described the real savings from supply chain integration was not from the sharing of electronic files in the supply chain, but from redesigning the process in response to a more integrated modeling approach. (Taylor et Bernstein, 2009) p. 12

À cause de la multiplicité des organisations, des individus et des intervenants interagissant au sein d'un projet de construction, les types de relation sont toujours particuliers selon un contexte spécifique (Pryke, 2009). Ces types se résument par les **relations contextuelles et elles représentent** tous les types d'interaction dans la chaîne d'approvisionnement. Ces relations peuvent être perçues comme organisation à individu, organisation à organisation et individu à individu. Ces relations sont qualifiées d'**interorganisationnelles**, lorsqu'entre les organisations et **intraorganisationnelles**, lorsqu'au sein même de l'organisation, entre les départements et entre les individus. Les organisations et les départements peuvent varier selon leur taille, leur expérience, leur discipline et leurs capacités tandis que les types d'individus peuvent varier selon leur expérience, leur situation hiérarchique et selon la culture de l'entreprise (Pryke, 2009). À cause de l'abondance de facteurs influençant une relation contextuelle, celles-ci sont dites complexes et spécifiques.

De par la multiplicité des interactions et des différences contextuelles dans la chaîne d'approvisionnement, la qualité de ces relations est l'élément clé pour la réussite d'un projet BIM (Pryke, 2009). Ainsi, les pratiques et les capacités BIM des organisations se répercutent à l'échelle d'un projet et donc leurs relations sont interdépendantes (Pryke, 2009). Cette situation exige une compréhension de l'interdépendance des relations entre les organisations au sein d'un projet pour assurer la performance, l'intégration et le contrôle de tous les processus organisationnels au travers d'un projet (Vrijhoef et Koskela, 2000). D'où la nécessité de formaliser les relations contextuelles pour l'implémentation BIM dans une entreprise.

1.4 Les principaux modèles de maturité

Le Tableau 1.6 résume les principaux modèles de maturité BIM répertoriés dans la littérature. Dans ce tableau, les modèles sont comparés par rapport à leur pays d'origine, l'échelle organisationnelle, l'année de publication, le type de modèles et leur style d'évaluation.

Tableau 1.6 Les dix principaux modèles de maturité BIM
Adapté de Giel, Brittany et McCuen (2014, p. 33)

10 Modèles de maturité les plus utilisés						
Noms du modèle	Auteurs	Échelle organisationnelle	Année	Type de modèles	Pays d'origine	Style d'évaluation
BIMCMM	I-CMM et NIBS	Projet et organisation	2007	Matrice de maturité et Modèle cumulatif	États-Unis	Certification
BIM Competency Index	Succar	Individuel	2013	Variation de l'échelle Likert	Australie	Moyenne
BIM Maturity Measure (BIMM)	Arup	Projet	2012	Matrice de maturité	États-Unis	Pointage
BIM Quickscan	Van Berlo et associés	Organisation	2009	Variation de l'échelle Likert	Pays-Bas	Pourcentage
BIM Proficiency Matrix	Indiana University	Projet	2009	Matrice de maturité	États- Unis	Certification
Macro Maturity Matrix	Succar et Kassem	Marché	2015	Matrice de maturité	Australie	Moyenne
BIM Maturity Matrix (BIMMM)	Succar	Tous	2010	Matrice de maturité	Australie	Pointage
Organizational BIM Assessment (OBIMA)	CIC Research Group (CICRG)	Organisation - Spécifique aux clients	2012	Matrice de maturité	États-Unis	Pointage
VDC and BIM Scorecard	CIFE	Organisation	2013	Variation de l'échelle Likert	États-Unis	Pourcentage
Buildinsg Owners BIM Competency framework	Giel et Issa	Organisation – Spécifique aux clients	2013	Inconnu	États-Unis	Inconnu

Les styles d'évaluation
Certification = Certificat représentant le niveau BIM évalué
Moyenne = Moyenne de la somme des résultats des niveaux de maturité par indicateurs
Pourcentage = Moyenne des résultats sous forme de pourcentage
Pointage = Moyenne des résultats sous forme d'un pointage représentant un niveau de maturité générique

Il ressort de la majorité des modèles qu'ils sont construits suivant le modèle d'une matrice de maturité descriptive. L'origine des modèles est principalement dans les contextes australiens et états-uniens. Aussi la majorité des modèles de maturité se rattache une échelle organisationnelle spécifique, à l'exception du BIMMM de Succar (2009a). D'ailleurs, Succar affirme qu'un modèle de maturité pertinent devrait répondre à toutes les échelles organisationnelles. Cependant, les échelles organisationnelles semblent dicter la nature des descripteurs et indicateurs du modèle de maturité. Logiquement, chacune de ses échelles organisationnelles devrait donc comprendre ses propres spécificités. Ainsi, pour ne pas trop

élargir la portée d'un modèle, celui-ci devrait répondre à une échelle organisationnelle spécifique. De plus, ce type de modèle ne semble pas idéal (V*oir* 1.4.2).

Seulement deux de ces modèles de maturité visent spécifiquement un des acteurs du projet soit les gestionnaires d'immeuble ou les maîtres d'ouvrage. Selon les auteurs (Computer Integrated Construction Research Group (CICRG), 2013 ; Mayo, Giel et Issa, 2012), la logique pour créer uniquement un modèle spécifique à cet acteur est que celui-ci possède l'initiative d'imposer l'implémentation BIM dans le marché en exigeant des projets BIM. La compétitivité du marché forcerait tous les autres acteurs de la chaîne d'approvisionnement à implémenter le BIM. À l'exception du BIMMM, aucun modèle ne s'intéresse aux spécificités des différents acteurs de la chaîne d'approvisionnement. Le BIMMM n'a pas été en mesure d'identifier des indicateurs spécifiques à ses acteurs (*Voir* 1.4.4). Il en résulte d'un besoin pour le développement d'un tel modèle.

Parmi les dix modèles BIM existants, quatre modèles ont été sélectionnés pour enrichir le nouveau modèle de maturité. Ces modèles ont été sélectionnés pour de multiples raisons qui seront définies dans les sections suivantes. Cependant, les autres modèles ont été ignorés puisqu'ils utilisaient un type de modèle différent ou une échelle organisationnelle autre que celle du projet et de l'organisation, nuisant à la comparaison. Les modèles à l'échelle organisationnelle d'une entreprise furent sélectionnés s'ils s'alignaient avec les dimensions du modèle TOPP. Pour les modèles à l'échelle du projet, les modèles furent sélectionnés s'ils identifiaient les enjeux relatifs à l'intégration des pratiques BIM au travers de la chaîne de l'approvisionnement.

1.4.1 BIM Capability Maturity Model (BIMCMM)

Le premier modèle de maturité BIM retenue (*Voir* ANNEXE I, p. 117) fut le « *BIM Capability Maturity Model (BIMCMM) ». Celui-ci a été* inspiré du CMM et a été réalisé pour standardiser l'implémentation BIM dans les projets aux États-Unis (National BIM Standard, 2007). Cette

méthode permet d'encourager les clients à utiliser le BIM dans les projets. Le BIMCMM permet la certification d'un projet BIM. Ce type de certification peut être comparé avec le type de pointage LEED par lequel, le nombre de points accumulés donne le niveau de certification BIM. Le BIMCMM est le seul modèle avec un type hybride entre le modèle cumulatif et la matrice descriptive. Ce modèle fut le premier modèle de maturité BIM créée et il a donc largement inspiré les modèles de maturité BIM subséquents. Cependant, aucun des autres modèles de maturité n'a utilisé ce type hybride entre le modèle cumulatif et descriptif. Bien qu'il soit difficile de conclure sur cette affirmation, il y a une probabilité que le type de modèle cumulatif n'a pas été considéré comme approprié pour des modèles de maturité facilitant l'implémentation BIM dans l'industrie de la construction. Ce modèle a été sélectionné notamment puisqu'il identifie des indicateurs favorisant l'intégration des pratiques BIM au travers de la chaîne de l'approvisionnement.

1.4.2 BIM Maturity Matrix (BIMMM)

Le « *BIM Maturity Matrix BIMMM »* de Succar (*Voir* ANNEXE II, p. 127) suggère, comme mentionné précédemment, un modèle de maturité pour toutes les échelles organisationnelles. Il catégorise les indicateurs selon chacune de ces échelles. Plusieurs enjeux d'implémentation BIM sont condensés dans un seul indicateur causant une complexité de chacun des descripteurs. Il en résulte une impossibilité de définir un niveau pour une situation actuelle, les descripteurs étant beaucoup trop spécifiques. Le modèle de maturité est donc complexe à utiliser et peu adapté à la diversité des contextes et des sujets. En comparant le BIMMM avec les autres modèles de maturité existants, il est préférable de limiter un ou deux critères de performance par descripteur afin de maintenir le modèle flexible et facile d'usage. Malgré tout, Succar reste un des experts les plus qualifiés en maturité BIM, dû à la qualité de ses articles et de la multiplicité de ces modèles de maturité. La BIMMM, sa théorie et ses autres matrices sont donc un incontournable pour inspirer un nouveau modèle de maturité BIM. Le modèle de Succar s'appuie sur une recherche approfondie de la science entourant le concept de maturité et des enjeux de l'implémentation BIM, une source d'inspiration pour ce projet de recherche.

Ainsi, les composantes du BIMMM ont été décomposées pour être réintroduites dans les nouveaux indicateurs et descripteurs du modèle de maturité qui sera proposé dans ce projet de recherche. Comparée au modèle TOPP présenté précédemment, la BIMMM répond aux trois principales dimensions.

1.4.3 Organizational BIM Assessment (OBIMA)

Le « *Organizational BIM Assessment »* développé par Computer Integrated Construction Research Group (CICRG) de l'Université de Pennstate (*Voir* ANNEXE III, p. 133) est une matrice descriptive répondant à l'échelle organisationnelle d'une entreprise et à la spécificité du domaine du client, des maitres d'ouvrage et des gestionnaires d'immeuble (Computer Integrated Construction Research Group (CICRG), 2013 ; Computer Integrated Construction Research Program (CICRG), 2012).

Comparé au modèle TOPP présenté précédemment, l'OBIMA répond aux trois principales dimensions. Ce modèle de maturité est le premier à intégrer des notions tenant sur les théories de la gestion du changement organisationnel associé à l'implémentation d'une technologie de l'information. Le CICRG calibre son modèle en fonction des spécificités du client en introduisant des notions de capacités organisationnelles et procédurales nécessaires à une implémentation réussie, ainsi qu'une procédure d'évaluation de la situation actuelle et désirée afin de déterminer la nature des ressources à mettre en place pour assurer cette transition. Les catégories des indicateurs de l'OBIMA sont comparées avec le modèle TOPP et le modèle de Venkatraman. Cette comparaison est présentée au Tableau 1.7.

Tableau 1.7 Comparaison des catégories des modèles de référence

<table>
<tr><th>Venkatraman</th><th>Modèle TOPP</th><th>Les catégories d'indicateur de l'OBIMA</th></tr>
<tr><td>Stratégie de l'entreprise</td><td rowspan="3">Organisation</td><td rowspan="2">Stratégie</td></tr>
<tr><td>Stratégie TI</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Infrastructure et processus organisationnels
Infrastructure et processus TI</td><td>Personnel</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Technologie</td><td>Infrastructure</td></tr>
<tr><td>Information</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Processus/ Protocole</td><td>Processus</td></tr>
<tr><td>Usages BIM</td></tr>
</table>

Comme le démontre le tableau, l'OBIMA répond aux trois dimensions du TOPP et au plan théorique du changement organisationnel de Venkatraman. De plus, il permet d'identifier des indicateurs spécifiques aux gestionnaires d'immeuble. Ce modèle de maturité a donc été sélectionné comme référent pour le développement d'un modèle de maturité adapté à chacune des principales disciplines de la chaîne de l'approvisionnement. Les indicateurs spécifiques aux gestionnaires d'immeuble seront conservés et les indicateurs spécifiques aux autres intervenants ajoutés afin de générer un modèle de maturité répondant aux spécificités des principales disciplines de la chaîne de l'approvisionnement.

1.4.4 BIM Maturity Measure (BIMM)

Le modèle de maturité BIMM (*Voir* ANNEXE I, p. 149) a été développé par la compagnie Arup en collaboration avec le CICRG. Ce modèle est principalement issu du modèle *Organization BIM Assessment* (Duncan et Aldwinckle, 2014) et est en fait la version du OBIMA à l'échelle organisationnelle d'un projet adaptée pour les différents acteurs de la chaîne d'approvisionnement. Leurs données proviennent des meilleures pratiques BIM identifiées lors des projets d'Arup et de l'expertise théorique du CICRG. Dans le modèle du BIMM, chacun des acteurs identifiés possède son propre onglet dans un document Excel, résultant en une vingtaine d'onglets pour un même modèle.

Cependant, les onglets sont presque identiques entre eux et les indicateurs sont les mêmes dans chacun des onglets. Certains indicateurs sont manquants pour certaines disciplines, mais de manière générale, les onglets sont identiques. De plus, beaucoup d'indicateurs n'ont pas de descripteurs pour un niveau donné. Par exemple, pour un indicateur, il n'y a aucun descripteur défini pour les niveaux 3 et 4. Ainsi, l'acquisition des capacités d'un niveau à l'autre est mal calibrée : il y a un écart important entre les pratiques du niveau 2 et du niveau 5. Ce type d'approche est contradictoire avec le type de modèle d'une matrice descriptive. De plus, il ne semble pas y avoir d'indicateur spécifique à un seul intervenant. Est-ce que des indicateurs spécifiques existent? Ce projet de recherche prouvera que ses spécificités existent en recherchant des indicateurs spécifiques aux intervenants de la chaîne d'approvisionnement.

1.5 Discussion

Le BIM est considéré comme une technologie de rupture puisqu'il entraîne un changement de paradigme. En effet, les intervenants de l'industrie de la construction, pour implémenter le BIM, doivent abandonner leurs pratiques traditionnelles et adopter des pratiques en émergence. Cependant, les technologies BIM dans les entreprises sont souvent intégrées de manière ad hoc et les méthodes ne sont pas reconfigurées. Ainsi, les modèles de maturité BIM sont proposés comme une solution pour identifier et prescrire les bonnes pratiques pour gérer les changements technologiques, procéduraux et organisationnels. Jusqu'à ce jour, une dizaine de modèles de maturité BIM ont été développés. Cependant, ces modèles n'ont aucune confirmation empirique et aucun modèle n'a été identifié comme un modèle universel à imposer à l'ensemble de l'industrie de la construction. En effet, les modèles de maturité ont été construits de manière à répondre à un contexte et à ses besoins particuliers. La plupart des modèles se sont construits à partir du CMM.

L'objectif du CMM est de qualifier les entreprises de manière à savoir si elles possèdent les capacités pour répondre aux objectifs d'un projet informatique. Cet objectif est approprié au contexte associé qui est relativement plus mature que le contexte de l'industrie de la

construction. Le changement organisationnel est incrémental et se réalise dans un contexte d'une organisation permanente. Le contexte de l'industrie de la construction est très différent. L'industrie est en plein changement de paradigme dû à l'implémentation BIM, les technologies y étant associées étant en constante évolution. Les projets et la relation des intervenants étant de nature temporaire, il est impossible de s'engager dans une approche formalisée de gestion du changement au niveau de la chaîne d'approvisionnement, ce qui peut expliquer le peu de succès des différents modèles de maturité BIM proposés. Un autre enjeu des modèles proposés est qu'aucun ne s'intéresse aux sous-traitants ou aux manufacturiers, pourtant ils sont les principaux acteurs de l'art de construire.

Pour répondre à l'enjeu de changement de paradigme, le but du modèle de maturité proposé est de permettre une prise de conscience des pratiques émergentes et de conseiller des capacités à acquérir pour favoriser l'implémentation BIM. Pour sa valeur descriptive et visuelle, la **matrice de maturité descriptive** est le type de modèle de maturité qui apparait le mieux adapté pour le cadre de cette recherche. Ce type de modèle nécessite une rigueur dans la logique entre les indicateurs, les niveaux de maturité et les descripteurs. Les descripteurs devraient comprendre un à deux critères de maturité et devraient répondre à la description du niveau de maturité associé.

Le modèle de maturité sera adapté à l'échelle organisationnelle des entreprises afin d'assurer le changement organisationnel suite à l'implémentation technologique. Cependant, les capacités BIM des organisations se répercutent à l'échelle d'un projet et donc leurs relations sont interdépendantes (Pryke, 2009). Ainsi, les relations contextuelles entre le projet et les organisations sont à considérer dans les modèles de maturité organisationnelle. Les échelles organisationnelles du projet et de l'entreprise seront donc étudiées pour la collecte des données.

Afin d'adapter le nouveau modèle de maturité, trois principaux thèmes ont été choisis pour délimiter les sujets abordés dans le modèle de maturité :

La gestion du **changement organisationnel** dans une entreprise se définit par une approche assurant la transition vers une nouvelle pratique. Cette approche considère la réorganisation de la **stratégie de l'entreprise** et de **la culture organisationnelle** pour une transition souple et efficace. L'implémentation de systèmes informatiques pour la transformation organisationnelle a été abondamment couverte dans la littérature en technologie de l'information. La théorie d'alignement stratégique de Venkatraman en est la principale référence.

La gestion de l'**implémentation BIM** est évidemment un thème essentiel pour le modèle de maturité. Ce thème considère toutes les connaissances actuelles sur les méthodes, les **infrastructures**, les **usages** et les **processus** favorisant l'implémentation BIM dans une entreprise. Les modèles de maturité devraient se référer au modèle TOPP qui suggère que l'implémentation BIM doit répondre à trois principales dimensions, soit l'organisation, la technologie et les processus et pratique.

L'implémentation d'un processus intégré BIM au travers de la **chaîne d'approvisionnement**. Pour ce faire, il faut considérer les enjeux autour **relations contextuelles** afin d'améliorer la qualité des échanges d'information nécessaire. Les relations contextuelles devraient considérer les particularités des **disciplines et des spécificités différentes**, soit des six principaux intervenants : le client (maître d'ouvrage, gestionnaire d'immeuble et parfois un entrepreneur), l'architecte, les ingénieurs, l'entrepreneur, les sous-traitants et les manufacturiers. L'objectif de l'intégration de la chaîne d'approvisionnement est de s'attaquer à la maturité au niveau organisationnel en ajoutant au modèle un volet portant sur la gestion des interfaces avec les autres intervenants de la chaîne pour assurer les bonnes pratiques à développer à l'échelle de l'entreprise.

Ainsi, dans le cadre de cette recherche, le modèle de l'OBIMA sera révisé et validé dans le contexte étudié et des indicateurs spécifiques aux intervenants recherchés. Le prochain chapitre présente la méthodologie de recherche pour atteindre cet objectif.

CHAPITRE 2

MÉTHODOLOGIE

Ce chapitre décrit la méthodologie de recherche. En premier lieu, la stratégie de recherche inspirée de la Science de la Conception est décrite. Le but selon ce paradigme de recherche est de développer des artéfacts visant à résoudre des problématiques réelles. Les méthodes ainsi que le contexte des études de cas sont ensuite présentés.

2.1 Stratégie de recherche

La raison de conduire cette recherche se définit par la nécessité d'adapter un modèle de maturité aux disciplines de la chaîne de l'approvisionnement. En effet, quelques modèles de maturité ont déjà été générés pour être adaptés aux spécificités du client. Chacun des intervenants ayant une spécificité et réalité propre (Strauss, 1978 ; Paulk *et al.*, 1993 ; Dossick et Neff, 2011), les intervenants de la chaîne d'approvisionnement devraient avoir un modèle de maturité adapté à leur spécificité. La prémisse de recherche suggère donc que **les spécificités des disciplines de la chaîne d'approvisionnement existent**. Ainsi, ce mémoire vise à répondre à la question suivante : **Comment adapter un modèle de maturité BIM pour les principaux intervenants de la chaîne d'approvisionnement?** Pour y répondre, les deux questions seront abordées plus spécifiquement : *comment guider l'adaptation d'un nouveau modèle de maturité? Quels sont les indicateurs spécifiques pour les divers intervenants du domaine de la construction?*

La stratégie de recherche est de dériver, à partir de modèles de maturité BIM existants, un modèle adapté aux spécificités des intervenants de la chaîne d'approvisionnement. Elle consiste en deux étapes, la première portant sur l'investigation des particularités inhérentes à chacune des spécialités, la deuxième visant la production de deux artéfacts : un cadre d'audit et un modèle de maturité adapté à chacun des contextes. Afin d'encadrer la stratégie de recherche, la raison de conduire l'étude, les objectifs de recherche ainsi que les méthodes sont

résumées à la Figure 2.1 par des billes du pendule (Dresch, Pacheco Lacerda et Valle Antunes, 2015). Chacune des bulles cadençant la stratégie de recherche sera présentée dans les sections suivantes.

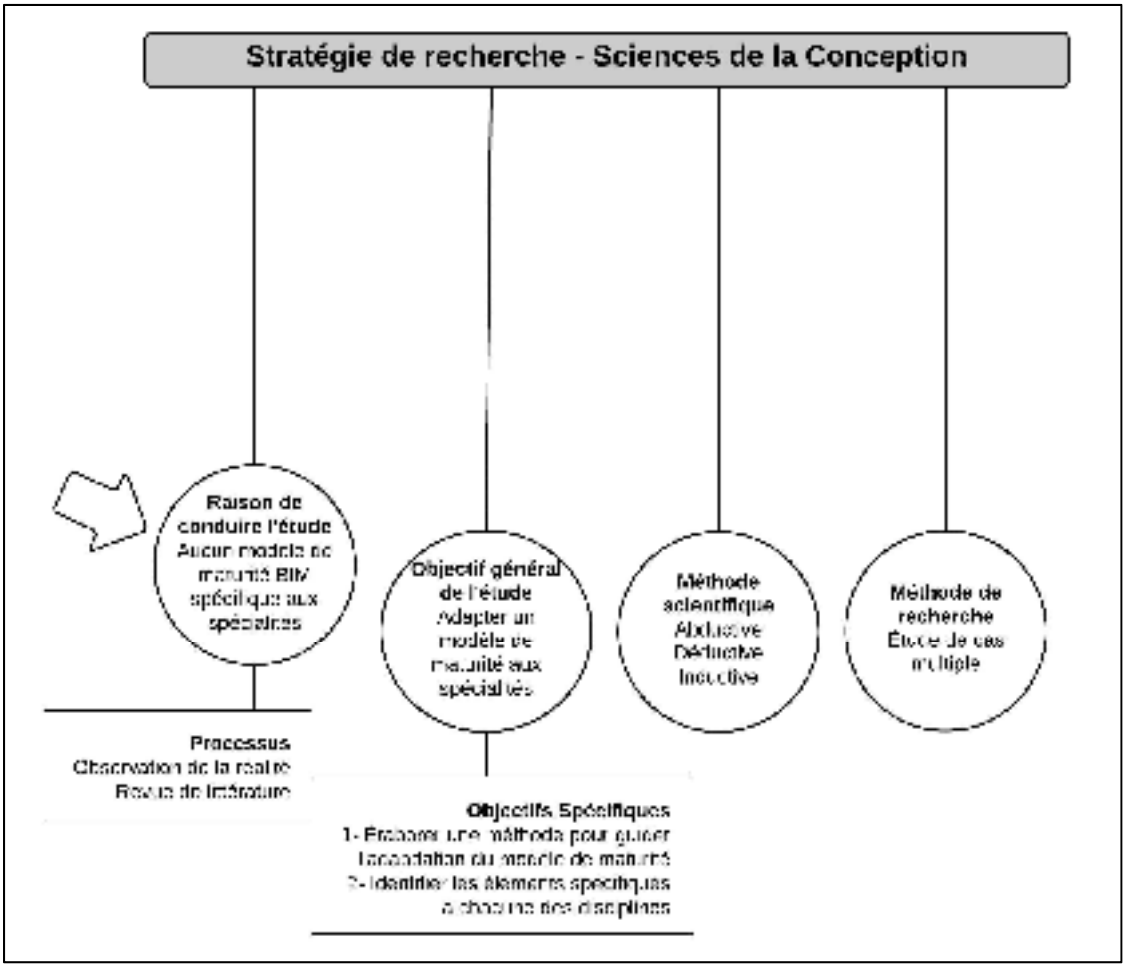


Figure 2.1 Synthèse de la stratégie de recherche

Le type de raisonnement suggéré pour faire émerger de nouveaux concepts est le raisonnement par *abduction*. Ce type de méthode consiste à inférer de nouveaux concepts à partir de faits observés (Dresch, Pacheco Lacerda et Valle Antunes, 2015). La méthode abductive permet, dans le cas de cette recherche, d'identifier les spécificités des principales disciplines de l'industrie de la construction. Cependant, suite à l'adaptation du modèle, le type de

raisonnement déductif et inductif a permis de valider les indicateurs et descripteurs de l'OBIMA. De plus, la synthèse et l'analyse des connaissances antérieures, extraites notamment de l'étude des modèles existants et de l'état de l'art, seront déduites et induites.

2.2 La méthode de recherche

Afin de développer la méthode de recherche, le modèle du cycle de résolution de problème des Science de la Conception a été utilisé pour inspirer la mise en œuvre des études de cas multiples (Van Aken, 2004). La Figure 2.2 résume les étapes et leurs descriptions de cette approche de recherche (Van Aken, 2004).

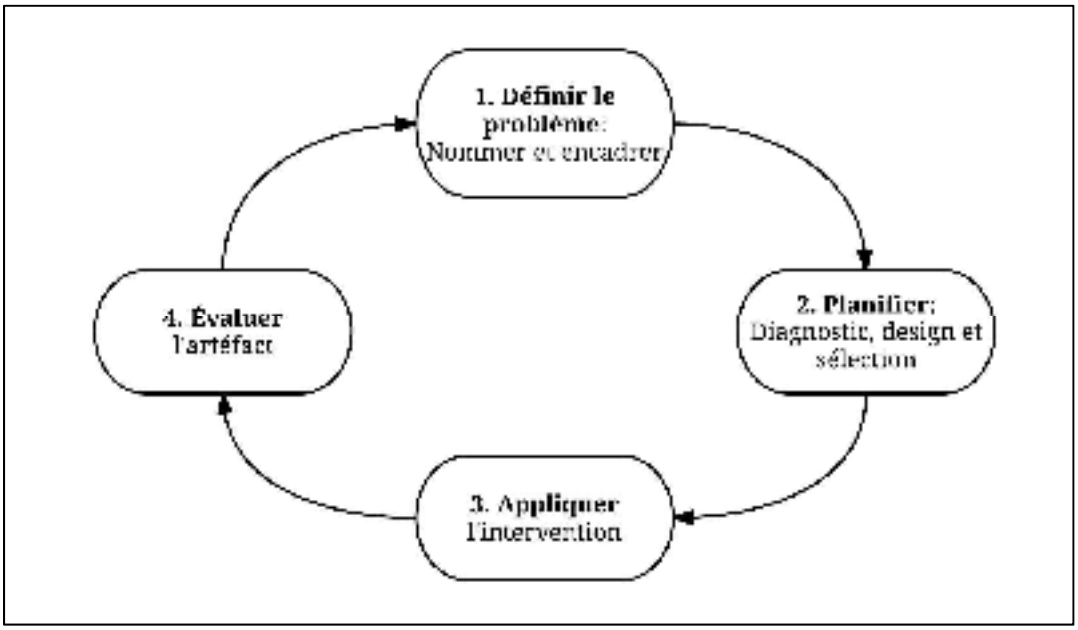


Figure 2.2 Étapes et descriptions du cycle de résolution de problème

La méthode de recherche retenue est l'étude de cas multiple, soit chez cinq entreprises et un projet. Selon Van Aken, l'étude de cas multiple est « a kind of best-practice research and is aimed at uncovering technnological rules as already used in practice. » (Van Aken, 2004) p. 232. Les règles technologiques peuvent se définir comme des solutions orientées au problème spécifique au contexte étudié. En multipliant les études de cas, les règles technologiques, une fois analysées et comparées, sont converties en connaissances et concepts pouvant alimenter le modèle de maturité. Puisque la recherche sera effectuée chez cinq différents partenaires industriels et au sein d'un projet BIM, l'approche cyclique permet de faire évoluer les artéfacts lors de chacune des études de cas. La boucle, autrement appelée itération, sera donc itérée six fois, favorisant une amélioration continue des artéfacts. La Figure 2.3 résume les étapes de recherche (Van Aken, 2004).

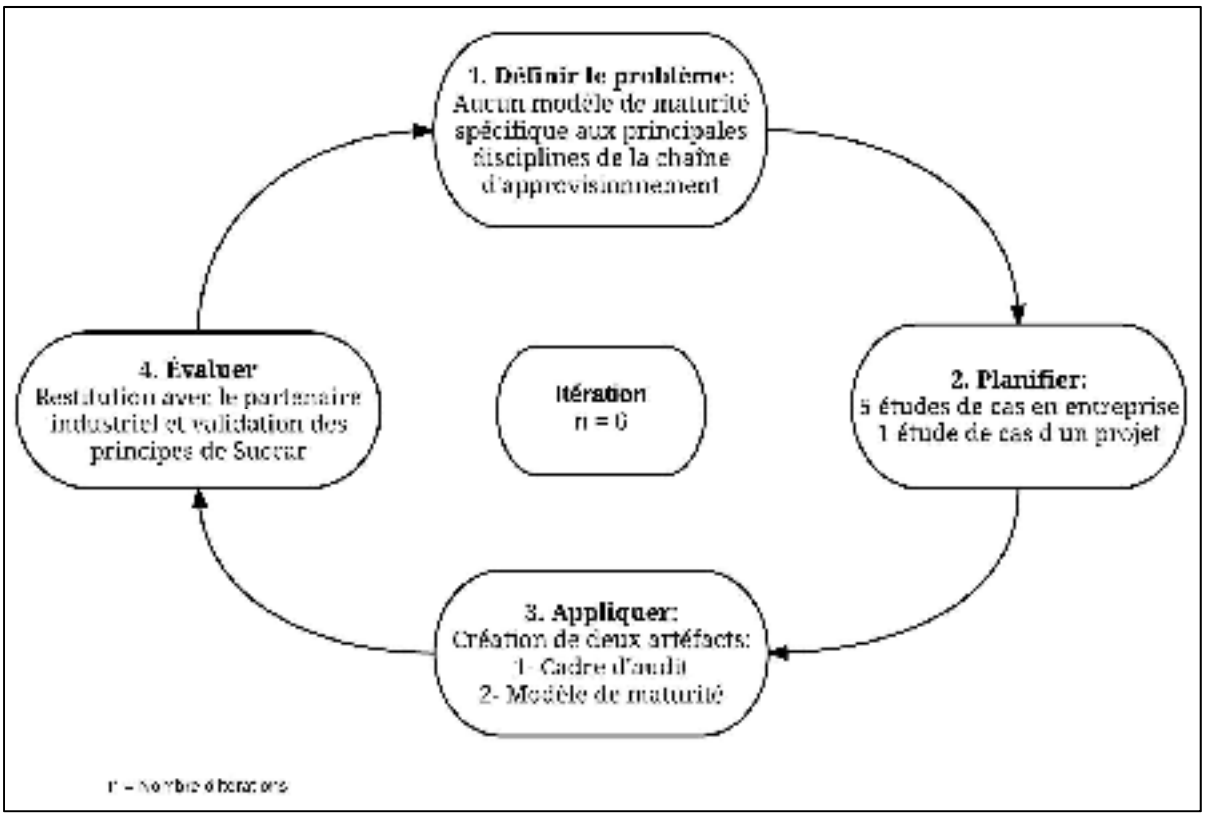


Figure 2.3 Étapes de recherche selon le cycle de résolution de problème

Étape 1. Le problème a été défini lors de la revue de littérature. Aucun modèle de maturité n'a identifié les réalités spécifiques (Strauss, 1978) aux principales disciplines de la chaîne d'approvisionnement. De plus, les modèles de maturité existants ne considèrent pas trois plans théoriques essentiels, présentés dans le CHAPITRE 1, soit le **changement organisationnel** d'Henderson et Venkatraman (1993), **le modèle TOPP** de Staub-French (2011) et **l'intégration de la chaîne d'approvisionnement** (Taylor et Bernstein, 2009).

De nouveaux artéfacts peuvent être générés à partir d'artéfacts existants. Par exemple, dans le cas de cette étude, les deux artéfacts seront dérivés d'un même artéfact : le modèle de l'OBIMA. L'OBIMA est le premier modèle de maturité avec des indicateurs dits *spécifiques*, c'est-à-dire spécifiques à une discipline du domaine de la construction, soit le gestionnaire d'immeuble. Le nouveau modèle comprend donc les *indicateurs* de l'OBIMA et rajoute les indicateurs spécifiques aux intervenants de la chaîne d'approvisionnement. Les indicateurs génériques et les spécificités identifiées seront révisés lors des validations empiriques chez les partenaires industriels. **Ces spécificités seront traduites sous forme d'indicateurs spécifiques.** Comme l'OBIMA, le modèle de maturité sera circonscrit à **l'échelle organisationnelle d'une entreprise**.

Étape 2. Il s'agit de planifier les actions à prendre pour résoudre le problème. Une observation de la pratique chez les diverses entreprises de la chaîne d'approvisionnement est le processus s'avérant le plus approprié. En effet, une revue de littérature n'est pas suffisante pour identifier des spécificités par intervenants puisque peu d'études se sont penchées sur le sujet. Toutefois, une revue de l'état de l'art et des modèles de maturité BIM existants permettent d'enrichir les concepts abordés. Bref, une recherche qualitative chez les entreprises de la construction s'avère le meilleur processus de recherche pour répondre à l'objectif de recherche.

Ainsi, une étude de cas chez cinq partenaires industriels (chacun représentant l'une des cinq principales disciplines de la chaîne d'approvisionnement) servira à collecter les données nécessaires pour adapter le modèle de maturité à la spécificité de leur spécialité. Un projet BIM

sera également étudié en parallèle pour comprendre les enjeux à l'échelle d'un projet et analyser comment ils se répercutent sur les enjeux organisationnels. En effet, les capacités BIM des organisations se répercutent à l'échelle d'un projet et donc leurs relations sont interdépendantes (Pryke, 2009).

Étape 3. Cette étape consiste à appliquer les actions planifiées. Les actions préconisées sont de développer deux différents artéfacts pour résoudre le problème. Ces deux artéfacts sont un **cadre d'audit** et un **modèle de maturité**. Le premier artéfact, soit le cadre d'audit chez une entreprise ou un projet de construction sert à guider l'adaptation du modèle de maturité aux spécificités des disciplines de la chaîne d'approvisionnement. La Figure 2.4 illustre le développement des deux artéfacts selon l'itération.

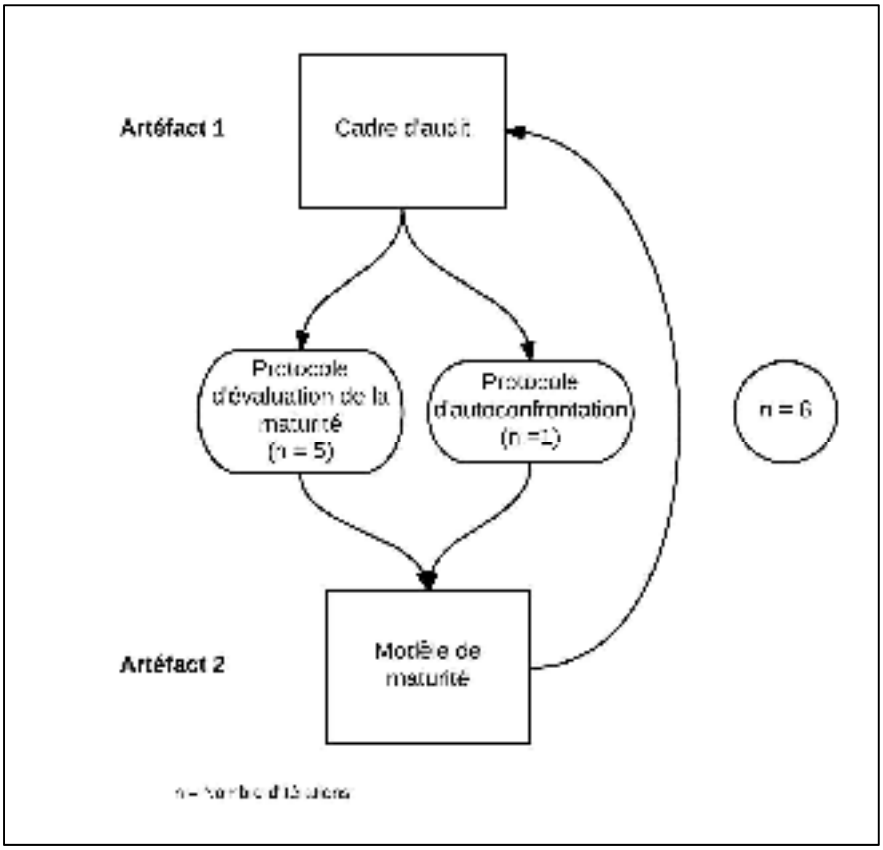


Figure 2.4 Développement de deux artéfacts

Le cadre d'audit

Le développement du premier artéfact a été réalisé en appliquant deux protocoles en parallèle, soit pour conduire une étude à l'échelle d'un projet ou d'une entreprise. Deux protocoles ont permis de diriger la collecte et le traitement des données chez les cinq partenaires industriels, soit le **protocole de l'évaluation de la maturité**, et au sein du projet BIM, soit le **protocole d'autoconfrontation**. Les protocoles utilisent des méthodes différentes pour la collecte et l'analyse de données. Les résultats de ces artéfacts sont résumés dans le CHAPITRE 3.

Le but de ce cadre d'audit est de premièrement guider la collecte et le traitement des données pour l'adaptation d'un modèle de maturité. Deuxièmement, il permet de guider les futurs projets de recherche pour l'adaptation et l'amélioration de ce modèle de maturité afin d'assurer son amélioration continue dans un contexte en constant changement. En effet, un artéfact est défini pour un contexte particulier. Lorsque ce contexte évolue, l'artéfact peut devenir désuet (March et Smith, 1995). Le cadre d'audit permet donc de rendre ces artéfacts vivants, c'est-à-dire adaptable avec l'évolution du contexte.

L'équipe de recherche est composée de membres du GRIDD à l'ÉTS et du LUCID à l'université de Liège. L'apport de Samia Ben Rajeb, du LUCID, est de supporter la recherche avec son expertise sur les sciences cognitives. Elle a participé au perfectionnement du cadre d'audit afin de pouvoir faciliter la prise de données. Par exemple, elle est à l'origine du raffinement des méthodes de collecte de données lors d'entrevues. Son apport sera spécifié lors du CHAPITRE 3. Pour la collecte de données et le traitement des données, des étudiants du GRIDD ont participé afin de limiter les écarts de subjectivité. L'évaluation de la maturité et l'autoconfrontation sont des méthodes complexes nécessitant la présence de plus d'un chercheur.

1. Protocole de l'évaluation de la maturité

Le premier protocole consistera à évaluer la maturité chez les cinq entreprises représentant les cinq principales disciplines de la chaîne d'approvisionnement en construction. Les données

récoltées servent en premier lieu à adapter le modèle de maturité à la discipline et en second lieu, à évaluer la maturité de l'organisation en question afin de mesurer la performance du modèle de maturité. Afin de pouvoir accomplir ces deux processus en un même protocole, les données collectées serviront soit à adapter le modèle de maturité ou à évaluer l'entreprise. Les données ont été récoltées en utilisation la technique de triangulation des données. Celle-ci est réalisée grâce à des entrevues semi-dirigées, une revue de documentation et l'observation in situ. Cet artéfact permet également d'évaluer la maturité d'une entreprise par un évaluateur externe.

2. Protocole d'autoconfrontation

Le second protocole permet l'analyse des relations contextuelles par l'étude des flux de travail et de l'information au sein d'un projet BIM. Cette étape utilisera une nouvelle méthode de travail inspirée des sciences cognitives, soit l'**autoconfrontation** (Clot *et al.*, 2000). Cette approche se définit par l'analyse de l'activité humaine par la confrontation d'un ou de plusieurs participants à une activité en les incitant à la commenter. Cette méthode de recherche est inspirée des méthodes de la **recherche-action collaborative**. Celle-ci permet la collaboration du participant et du chercheur dans la collecte et le traitement des données. Cette méthode a été développée en collaboration avec le LUCID à l'Université de Liège. Elle a d'ailleurs été expérimentée sous différentes formes dans certains de leurs projets de recherche (Ben Rajeb, Senciuc et Pluchinotta, 2015).

Cette méthode permet ainsi de réduire l'écart entre la compréhension externe d'un chercheur et de la réalité du participant (McCall Jr., 2004). De plus, elle permet de joindre les expertises de chacun, soit du chercheur à explorer en utilisant des processus scientifiques et au participant de valider les données de par son expertise dans le domaine étudié (Bourassa, Philion et Chevalier, 2007). La technique d'autoconfrontation a été développée afin de dresser un portrait réel de la situation étudiée. Précédemment, l'analyse des flux de l'information par observation externe est la méthode préconisée pour extraire des données de cette nature. Pourtant, lorsque l'on fait une évaluation externe des flux de l'information, certaines variables inconnues dues à

la perception de l'observateur parachuté dans un contexte induisent un biais considérable dans la validité des résultats. De plus, la quantité considérable des acteurs impliqués dans un projet de construction rend difficile l'établissement d'un portrait d'ensemble et l'identification des zones problématiques au sein des équipes de projet (Froese, 2006).

L'autoconfrontation permet d'illustrer les échanges d'informations au sein d'un projet BIM afin de comprendre l'interdépendance des tâches entre les disciplines. La méthode de notation utilisée est le *Business Process Modeling Notation* (BPMN) (Object Management Group (OMG), 2011) puisqu'il est simple et il permet de visualiser facilement les échanges d'information. En effet, la cartographie de tous les échanges d'information entre les intervenants au sein d'un projet permet de dresser un portrait général sur les pratiques. Ces flux d'information peuvent ensuite être analysés pour identifier des zones problématiques et même pour optimiser les pratiques et procédures en place. Les données récoltées devraient se traduire par la formalisation des règles technologiques intégrées aux spécificités et aux besoins des organisations de la chaîne d'approvisionnement. De plus, cette méthode permettait d'isoler la perception d'un rôle spécifique à leur discipline par rapport à la cartographie des échanges de l'information. Les résultats démontrent de nombreuses contradictions entre les différentes cartographies par disciplines. Ceux-ci ont été dévoilés, en plus de justifier et d'expliquer cette nouvelle méthode, dans un article de conférence (*Voir* ANNEXE VII p. 165).

Le modèle de maturité

Le second artéfact est le modèle de maturité. Plusieurs versions de l'artéfact de maturité ont été générées, soit à chacune des itérations de recherche. En premier lieu, le modèle de maturité est traduit à partir de l'OBIMA et le cadre d'audit écrit selon les indicateurs du modèle. Ensuite, à la lecture du modèle de maturité de l'OBIMA, beaucoup d'incongruences dans la logique horizontale et verticale ont été identifiées. Par exemple, un descripteur du niveau de maturité initial requiert un critère qui est retrouvé à un niveau intermédiaire pour un second descripteur. De plus, les descripteurs sont incohérents avec la définition du niveau de maturité attaché. Par exemple, un niveau de maturité est défini comme « géré ». Cependant, un descripteur attaché

à ce même niveau est défini comme ad hoc. Les niveaux de maturité et leurs descriptions doivent être respectés pour assurer la qualité du modèle de maturité. Ainsi, les indicateurs génériques ont été modifiés selon une logique plus rigoureuse et les résultats des données collectées. Ces modifications sont plus amplement définies en annexe (*Voir* ANNEXE IV, p. 139). Les modifications ont été testées chez le premier participant, soit l'architecte. Ensuite, les artéfacts ont évolué chez les autres intervenants et par l'étude du projet BIM. Par la suite, à la lumière de toutes les données collectées et analysées ainsi que par la lecture des modèles de maturité existants et de la littérature, les artéfacts ont été révisés et terminés.

Étape 4. Les artéfacts devront être évalués. Ainsi, ceux-ci seront testés et commentés par le partenaire industriel. Avec chacun des cinq partenaires, une discussion permettra d'établir certaines faiblesses des artéfacts et d'améliorer les modèles. Cette discussion se divise en cinq étapes. Premièrement, les concepts des trois plans théoriques de cette recherche et de la maturité seront expliqués au partenaire. Ensuite, les résultats de l'évaluation seront présentés et le partenaire est invité à partager ses impressions face à ses résultats. Les nouveaux indicateurs ayant résulté de l'étude de cas seront dévoilés au partenaire et les points à améliorer sont discutés. La restitution se terminera avec une proposition sur les étapes à suivre afin de laisser l'entreprise de déterminer son niveau désiré. Un rapport écrit sera remis à chaque partenaire pour mieux décrire les résultats de l'évaluation de la maturité. Pour des soucis de confidentialité, ses rapports et présentations ne sont pas inclus dans ce mémoire. Bref, la restitution avec chacun des partenaires a permis de valider les adaptations du modèle afin de s'assurer qu'elles reflètent correctement leur réalité.

Afin de valider le nouveau modèle de maturité, les principes guidant la construction de guides sur l'implémentation BIM définis par Succar seront utilisés. Ces principes sont présentés au Tableau 2.1. Ces principes seront révisés lors de la présentation du modèle de maturité au CHAPITRE 4.

Tableau 2.1 Les principes validant le modèle de maturité
Adapté de Succar, Sher et Williams (2012, p. 123)

Principes	**Description**
Specific	Serve the specific requirements of the construction industry
Attainable	Achievable if defined actions are undertaken
Applicable	Able to be utilized by all stakeholders across all phases of a project's lifecycle
Flexible	Able to be performed across markets, organizational scales and their subdivisions
Cumulative	Set as logical progressions; deliverables from one act as prerequisites for another
Informative	Provides feedback for improvement as well as guidance for next steps
Neutral	Not prejudice proprietary, non-proprietary, closed, open, free or commercial solutions or schemata
Accurate	Well-defined and able to measure performance at high levels of precision
Consistent	Yield the same results when conducted by different assessors
Usable	intuitive and can be easily employed to assess BIM performance
Universal	Apply equally across markets and geographies

Entre chaque nouvelle boucle, une nouvelle version améliorée des artéfacts sera générée, enrichie par les validations empiriques. Cherchant à aligner le modèle de maturité sur les trois plans théoriques mentionnés précédemment et avec la réalité observée, les indicateurs génériques, les niveaux de maturité et les catégories seront également modifiés.

2.3 Le contexte des études de cas

Les études de cas se situeront chez des entreprises du domaine de la construction du Canada et pour un projet BIM au Québec. Premièrement, les entreprises ont été sélectionnées selon les critères suivants. Les entreprises devaient avoir un minimum d'expérience avec le BIM. De plus, les entreprises doivent inévitablement provenir d'au moins une des disciplines de la chaîne d'approvisionnement. L'échantillon doit donc comprendre au moins une compagnie de chacune des principales disciplines de la chaîne d'approvisionnement, tel que mentionné lors de la revue de littérature, soit l'architecte, l'ingénieur, l'entrepreneur, le sous-traitant et le manufacturier. Aucun gestionnaire d'immeuble ou maître d'ouvrage n'ont participé à la recherche. Ainsi, leurs spécificités identifiées dans l'OBIMA seront conservées. Les

entreprises sélectionnées varient selon leur taille et leur expérience BIM afin de se rattacher au portrait du réseau d'approvisionnement et aux variétés des entreprises du domaine de la construction. Le Tableau 2.2 classifie les partenaires industriels par rapport à leur taille, leur discipline et leur expérience BIM. Les sections suivantes décrivent brièvement ses partenaires.

Tableau 2.2 Description des partenaires industriels

Les partenaires industriels					
Discipline	Architecte	Ingénieur	Entrepreneur	Sous-traitant	Manufacturier
Taille	125 employés	250 employés	1300 employés	10 employés	4100 employés
Expérience BIM	2-3 projets	5-10 projets	Plus de 10 projets	5-10 projets	Plus de 10 projets
Départements	7	5	Plus de 10	5	Plus de 10
Succursale / Salle à dessin	3	6	Plus de 10	0	Plus de 10
Satellite / Usine	0	0	5	0	22

Architecture

La firme d'architectes sélectionnée est une entreprise de taille moyenne située à Montréal. Son expérience en BIM se limite à quelques projets, mais elle pousse à travailler de plus en plus avec les outils technologiques BIM afin d'accroitre le nombre de projet BIM en plus d'aller chercher plus de contrats et de projets avec le BIM.

Ingénieur

La firme d'ingénierie sélectionnée est spécialisée en ingénierie de mécanique, électricité et plomberie (MEP). Il commence à agrandir son champ de spécialité en engageant des spécialistes en simulations énergétiques, en remise au point de bâtiment, en frigorifique, etc. Dans cette étendue de spécialité, il recherche également une expertise en BIM notamment pour développer leurs usages BIM. Depuis quelques années, certains projets d'envergure ont poussé l'entreprise à accélérer l'implémentation BIM dans l'entreprise.

Entrepreneur

Pionnier dans le développement technologique en construction, ce partenaire est un des entrepreneurs au Québec ayant majoritairement investi dans les recherches et développements BIM. L'entreprise a su participer aux aubes du BIM au Québec. Le virage BIM au Québec a donc été majoritairement accéléré grâce à cette firme.

Sous-traitant

Comme bien des sous-traitants, celui-ci est une entreprise familiale de petite taille. Spécialisé en ventilation, son chiffre d'affaires dépend à 50% des travaux d'envergure d'un entrepreneur exigeant le BIM dans tous ses projets. Ils n'ont donc pas eu le choix d'entamer le virage BIM.

Manufacturier

Le manufacturier participant est une entreprise majeure dans la fabrication d'acier en Amérique du Nord. L'entreprise continue a développé son marché internationalement. Elle comprend des succursales et des salles à dessin partout dans le monde. Le manufacturier participe à des chantiers d'envergure aux États-Unis où le niveau de maturité du marché est beaucoup plus avancé que celui du Québec. Toutefois, les départements du Québec ne sont pas aussi avancés. La multiplicité de ses succursales a permis de comparer les contextes entre les États-Unis et le Québec.

Projet BIM

En plus des cinq entreprises, un projet BIM a été étudié. Ce projet est un partenariat public-privé (PPP) portant sur la construction d'un centre de détention à sécurité moyenne de 300 cellules individuelles et de 80 lits réparties en dortoirs. Ce projet de grande envergure a été sélectionné de par sa complexité des systèmes mécaniques. En effet, chacune des unités de la prison doit posséder ses propres unités de mécanique. Ainsi, la proportion d'un système mécanique pour un régulier bâtiment institutionnel était multipliée par le nombre d'unités de la prison. Une mauvaise gestion du projet aurait résulté d'un chaos pour l'installation de ses systèmes et pour résoudre cette complexité, le client a décidé d'imposer le BIM aux principaux

intervenants. Pour circonscrire l'étendue de la collecte de données, l'étude de cas porte essentiellement sur les processus de coordination électromécanique BIM. Ce projet a été sélectionné puisque la majorité des intervenants ayant participé aux études de cas ont été impliqués dans ce projet. De plus, tous les intervenants étaient impliqués tout au long du cycle de vie du projet.

Le chapitre suivant présente le premier artéfact, soit le cadre d'audit.

CHAPITRE 3

CADRE D'AUDIT

Ce chapitre présente le premier artéfact de ce projet de recherche, soit le cadre d'audit. Cet artéfact définit les règles technologiques des multiples études de cas (Van Aken, 2004 ; Van Aken, 2005). Le cadre d'audit prescrit l'adaptation et l'opérationnalisation du modèle de référence OBIMA sur lequel le modèle sera construit. L'artéfact développé comprend deux protocoles de travail selon l'échelle organisationnelle, soit d'une entreprise et d'un projet BIM. Le premier protocole, à l'échelle d'une entreprise, propose l'évaluation de la maturité (*Voir ANNEXE IX* p. 179); le second protocole, adapté à l'échelle du projet, est le protocole d'autoconfrontation (*Voir ANNEXE X*, p. 187). Les protocoles sont également gravés sur le CD joint à ce mémoire. Cet artéfact a été construit pour être compatible avec le modèle de maturité.

3.1 Protocole d'évaluation de la maturité

Ce protocole propose une approche de collecte de données par triangulation, soit par l'observation du contexte de l'entreprise, des entrevues semi-dirigées et la revue de documentation chez un partenaire industriel (Saunders, Lewis et Thornhill, 2009). La triangulation doit être complétée pour assurer la validité de la recherche. Ensuite, le protocole dicte comment traiter les données récoltées. Le protocole ne définit pas l'approche pour la restitution avec le partenaire. Cependant, un exemple de rapport résumant l'évaluation de l'entreprise est attaché au CD joint à ce mémoire. Cet exemple est cependant confidentiel et sera retiré de toutes publications rendues publiques.

Le protocole a permis la construction d'un outil, soit un document Excel placé dans le CD joint à ce mémoire. Celui-ci comprend neuf onglets définis dans le Tableau 3.1.

Tableau 3.1 Descriptions des onglets du document Excel du protocole d'évaluation de la maturité

Titre de l'onglet		
1	Définition et explication du protocole	Onglet où le protocole est décrit ainsi que tous les onglets et leurs usages. Les participants relatifs aux questionnaires sont définis ainsi que les termes spécifiques utilisés dans le modèle de maturité et dans le questionnaire. Le gabarit du modèle de maturité est également expliqué. Cet onglet est plus amplement défini au CHAPITRE 4
2	Matrice de maturité	Onglet comprenant la feuille de travail du modèle de maturité
3	Journal des observations	Onglet comprenant un journal pour répertorier les observations in situ
4	Revue de documentation	Onglet comprenant le journal pour compiler les données.
5	Questionnaire des entrevues	Onglet comprenant toutes les questions des entrevues
6	Questionnaire relatif aux participants à l'implémentation BIM dans l'entreprise	Onglet comprenant le questionnaire filtrant les questions relatives aux participants à l'implémentation BIM dans l'entreprise
7	Questionnaire relatif aux participants de la haute direction de l'entreprise	Onglet comprenant le questionnaire filtrant les questions relatives aux participants de la haute direction de l'entreprise
8	Questionnaire relatif aux participants des projets de l'entreprise	Onglet comprenant le questionnaire filtrant les questions relatives aux participants des projets de l'entreprise
9	Résultats des entrevues	Onglet comprenant un tableau de comparaison des données des entrevues

Les deux premiers onglets présentent le modèle de maturité à jour (selon l'itération) et décrivent les fonctions et usages de l'artéfact du modèle de maturité. Ces onglets servent majoritairement à diriger un nouvel évaluateur dans l'évaluation de la maturité et dans la recherche de nouvelles connaissances pouvant enrichir le modèle de maturité. Les autres onglets, comportant sur la collecte de données par triangulation et sur leur traitement, seront plus amplement définis dans les sections suivantes.

3.1.1 Journal des observations

Le journal des observations permet de noter toutes informations pertinentes soit pour une session d'immersion dans l'entreprise ou d'une simple observation in situ. Les observations permettent à l'évaluateur de collecter des données de perception externe à l'organisation. Par exemple, lors d'entrevues, les données récoltées sont principalement basées sur les opinions des participants. L'observation permet d'offrir une vision différente à évaluateur afin de limiter les interprétations des données étudiées.

Les observations in situ permettent de dresser une compréhension du contexte de l'entreprise. Ces observations se caractérisent par une visite des lieux, des départements et des espaces de travail afin de comprendre un portrait général de l'entreprise. Cette observation permet également de mieux situer l'évaluateur dans ce nouveau contexte et de favoriser l'aisance lors des entrevues. En effet, les sujets des entrevues sont enrichis avec une meilleure connaissance de l'entreprise (Saunders, Lewis et Thornhill, 2009). Ainsi, cette première étape doit précéder les autres méthodes de collecte de données.

Une période d'immersion, si la situation le permet, assure une prise de connaissance des enjeux de l'entreprise supérieure aux entrevues et à la revue de documentation. En effet, en travaillant dans le milieu de recherche pour plusieurs mois, l'évaluateur possède une meilleure connaissance des réalités du contexte étudié. Cependant, cette période doit être suffisamment longue et l'évaluateur doit être immergé dans un type de travail pouvant lui apporter des données suffisantes.

L'outil fourni comporte un onglet comprenant le journal de bord pour aider l'évaluateur à récolter les données nécessaires. Ce journal classifie les catégories et les indicateurs du modèle de maturité. Un espace est également réservé pour indiquer la date, le lieu et les participants. L'évaluateur doit classer directement l'information récoltée, dans les indicateurs, si possible.

Lorsque les données ne sont pas classifiables, des espaces libres ont été réservés. Ainsi, le traitement des données est facilité puisque les données sont déjà classifiées.

3.1.2 Revue de documentation

La revue de documentation permet de recueillir des exemples concrets des activités de l'entreprise. La revue de documentation sert à cadrer l'entreprise d'un point de vue externe. En effet, en observant et analysant les documents fournis, le évaluateur peut obtenir une opinion différente et indépendante des perspectives perçues lors des entrevues. Cette méthode est donc complémentaire avec les entrevues semi-dirigées. En effet, lorsqu'un participant réfère un certain document, il est pertinent de demander à le feuilleter pour valider l'information d'un point de vue externe.

Une liste des documents pertinents pour l'évaluation de la maturité et pour récolter des données pertinentes est dressée pour structurer la revue de documentation chez l'entreprise. Lorsque l'étude débute, le partenaire est invité à envoyer les documents proposés dans la liste. Pour des questions de confidentialité, les documents reçus varient largement selon les entreprises. Le Tableau 3.2 décrit les documents pertinents.

Ensuite, un second tableau est dressé dans le même onglet pour permettre à l'évaluateur de classifier les données récoltées. Ce tableau sépare les indicateurs et leur catégorie sur chacune des lignes. L'évaluateur est invité à répartir les noms des documents étudiés entre chacune des colonnes et de classer les données récoltées selon les indicateurs. Lorsque les données ne sont pas classifiables, des espaces libres ont été réservés. Le traitement des données en est facilité.

Tableau 3.2 Documents à réviser pour la revue de documentation

Documents pertinents pour une revue de documentation
Alignement stratégique
Plan d'affaires
Rapport annuel
Honoraire
Offre de services d'un projet BIM
Feuille de route (Roadmap) Définition des postes recherchées (archives) *Contient habituellement la liste des tâches et expérience recherchée*
Compte rendu du comité BIM
Alignement organisationnel
Définition des départements et succursales
Site internet
Organigramme BIM
Organigramme de l'entreprise
Infrastructure
Plan des bureaux et répartition des salles de réunions
Liste de licences logicielles
Liste des équipements technologiques
Plan de déploiement des infrastructures
Formalisation de modélisation
Protocole de conception, guide BIM
Arborescence de document
Matrice d'interopérabilité
Matrice MEB
Matrice LOD
Procédures écrites
Volet de contrôle production
Formalisation des relations contextuelles
Cartographie
Workflow
Plan de gestion BIM (Gabarit)
Maquette BIM (avec les liens des autres intervenants préférablement)
Formulaire de validité
Documents spécifiques au projet
Spécifiques aux intervenants
MANUFACTURIER: Matrice BOM
GESTIONNAIRE D'IMMEUBLE: Standard ouvert et données des établissements

3.1.3 Questionnaires des entrevues

Un questionnaire permet de diriger les entrevues avec des intervenants de l'entreprise. Le questionnaire comporte une série de questions ouvertes basées sur les indicateurs du modèle utilisée pour l'évaluation de la maturité. Les questions doivent donc être modifiées en suivant l'évolution du modèle de maturité au fil des itérations successives. Pour viser la découverte d'indicateurs ou de descripteurs, les entrevues sont sous forme d'entrevues semi-dirigées. Ces entrevues semi-dirigées sont d'une durée entre 45min à 1h30.

Afin de comprendre le partage de la connaissance dans l'entreprise et d'alignement stratégique et organisationnel, il est pertinent de rencontrer des intervenants aux différents niveaux hiérarchiques. Ces personnes ne doivent pas nécessairement être des utilisateurs BIM. En moyenne, le nombre d'entrevues se résume entre sept à dix personnes dépendamment de la taille de l'entreprise, leur expérience en BIM, la diversité des rôles et de la quantité des départements. Les entrevues doivent se terminer lorsque la collecte des données atteint la saturation, c'est-à-dire jusqu'à ce que les données deviennent redondantes et il n'y a plus de nouvelles données (Saunders, Lewis et Thornhill, 2009). Puisque plusieurs participants ne possèdent pas les mêmes connaissances, il est possible qu'ils soient incapables de répondre à toutes les questions. Par exemple, un participant n'ayant jamais utilisé une technologie BIM n'est pas en mesure de répondre aux questions portant sur leur usage.

Ainsi, des questionnaires spécifiques au profil du participant ont été produits. Pour ce faire, le protocole regroupe une liste des intervenants au sein de l'entreprise qui devrait participer aux entrevues. Ces derniers ont été regroupés en trois catégories selon leurs divers rôles au sein de l'entreprise, de leur rang hiérarchique, de leurs responsabilités ou de leurs expériences BIM. Le Tableau 3.3 résume les participants aux entrevues et le questionnaire relatif à leur rôle. Les rôles essentiels à une évaluation de maturité pour assurer la validité des résultats sont surlignés en gras.

Tableau 3.3 Participants aux entrevues et le questionnaire spécifique à leur rôle

Rôles pertinents à questionner
Questionnaire relatif à l'implémentation BIM
Gestionnaire BIM Coordonnateur BIM Expert BIM **Membre du comité BIM**
Questionnaire relatif à la haute direction
Associé **PDG** VP RH Membre du CA ou CE **Directeur BIM** Responsable TI **Responsable finances et ressources humaines**
Questionnaire relatif aux intervenants des projets BIM
Estimateur Coordonnateur Simulateur Planificateur Concepteur **Chargé de projet** Gestionnaire de projet **Technicien** Stagiaire

Le questionnaire est construit afin de pouvoir facilement classer les données selon les indicateurs. Lorsque les données ne sont pas classifiables, des espaces libres ont été réservés.

Organigramme

Un concept clé lié aux organisations apprenantes est la capacité des individus à visualiser l'organisation et leur rôle dans la dynamique organisationnelle (Senge, 2006). Dans le questionnaire, il est proposé au participant de dessiner un organigramme de l'entreprise et de le commenter, puis de définir comment le BIM est intégré à cet organigramme. Les résultats

des dessins peuvent être comparés avec l'organigramme fourni par le partenaire pour la revue de documentation.

L'aisance du participant à dessiner l'organigramme est un bon indice sur comment la structure organisationnelle de l'entreprise est partagée. Chaque personne dessine sa propre perception de l'entreprise, de son développement et de sa structure organisationnelle. Ainsi, pour une même entreprise, aucun intervenant ne dessine le même organigramme. Cela se justifie par plusieurs raisons. Premièrement, la structure organisationnelle n'est pas partagée et donc incomprise par l'ensemble du personnel. Deuxièmement, la perception des participants est différente même si la structure organisationnelle est partagée, mais non documentée. Il est possible que certains participants, justifiant que le BIM n'est toujours pas intégré dans la structure organisationnelle, dessinent la situation désirée.

3.1.4 Traitement des données

La technique pour traiter les données est le **codage mixte** (Dresch, Pacheco Lacerda et Valle Antunes, 2015). Le **codage mixte** combine la technique de **codage ouvert** et du **codage fermé** (Dresch, Pacheco Lacerda et Valle Antunes, 2015). Le codage ouvert ou « open coding » permet de générer de nouveaux concepts, dans notre cas, des descripteurs ou indicateurs du modèle de maturité. À l'opposé, le codage fermé ou « categorical coding » permet de vérifier la présence des concepts existants. Les principes des techniques de codage sont résumés dans la Figure 3.1 (Oliver et Sutcliffe, 2012).

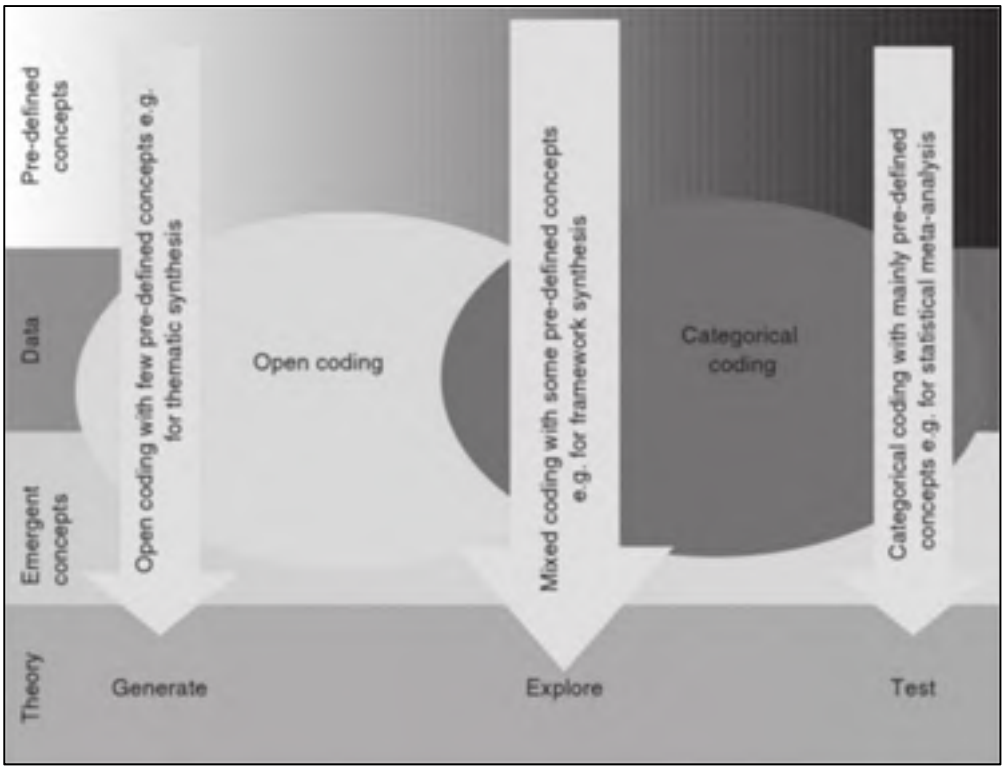


Figure 3.1 Définition du codage mixte
Tirée de Oliver et Sutcliffe (2012, p. 148)

Ainsi, les données sont classées par les indicateurs du modèle de maturité afin de tester les descripteurs du modèle. Ces données sont traduites sous forme de codes, c'est-à-dire sous forme de terme ou expression plus génériques pour faciliter la comparaison (Dresch, Pacheco Lacerda et Valle Antunes, 2015). Si les codes ne concordent pas avec les descripteurs, ceux-ci sont révisés afin de mieux cerner les problématiques et d'explorer de nouveaux descripteurs plus spécifiques au contexte étudié. Ensuite, les données ou codes ne se classant pas dans les indicateurs sont alors regroupés et synthétisés en nouveaux indicateurs et descripteurs. C'est donc par codage ouvert que les indicateurs spécifiques aux intervenants de la chaîne d'approvisionnement sont identifiés.

Il est préférable, lorsque possible, que plus d'un évaluateur participe à l'analyse des données. En effet, les techniques de codage peuvent s'avérer subjectives et l'apport de plusieurs évaluateurs permet de raffiner les codes objectivement (Dresch, Pacheco Lacerda et Valle

Antunes, 2015). Le schéma placé dans l'annexe (*Voir* ANNEXE VIII, p. 177) résume le processus de traitement des données présenté. Ce schéma est présenté sous forme de boucles, chacune d'elles présentant une itération. En effet, les codes, les descripteurs, les indicateurs et les catégories devraient évoluer entre chacune des itérations.

3.2 Protocole d'autoconfrontation

Le second protocole de l'artéfact est le protocole d'autoconfrontation. Ce protocole permet d'étudier les relations contextuelles afin de comprendre les répercussions des capacités organisationnelles sur un projet BIM. Le processus d'autoconfrontation se déroule comme suit. Pour commencer, le chercheur est appelé à inviter le participant à décrire les particularités du projet afin de faire appel à sa mémoire courte. Ensuite, le chercheur décrit la méthode et les grandes lignes de l'exercice. Les étapes suivantes vont comme suit :

1. définition des activités et des liens temporels qui les unissent, identification de la nature de l'information créée à chaque étape;
2. identification des outils utilisés pour générer cette information;
3. confrontation du participant par rapport au diagramme en visant à identifier les zones problématiques.

Afin d'isoler chacune de ses informations, le chercheur est invité à séparer les informations au travers de cinq principaux calques. Les calques reflètent les principales informations qu'une cartographie devrait contenir (Turk, 2000). Les participants complètent les informations d'un calque à la fois. En combinant les cinq calques, une carte des flux des informations du projet est dessinée au travers des phases. Pour finir, la carte est mise au propre et le graphisme unifié afin de faciliter la comparaison. Le Tableau 3.4 définit les cinq calques de l'autoconfrontation.

Tableau 3.4 Les cinq calques de l'autoconfrontation

#	**Calques**	**Fonction**
1	Phases et intervenants	Identifier les phases et les principaux intervenants du projet BIM
2	Activités et décisions	Identifier les principales activités des intervenants identifiés et l'ordre logique entre chacune d'elle. Chaque phase doit commencer et terminer selon une activité spécifiée pour assurer la continuité du processus entre les phases. Lorsqu'une prise de décision est nécessaire, le chercheur invite le participant à indiquer les options de cette décision.
3	Documents et objets	Identifier les documents et objets relatifs aux activités identifiés dans le calque précédent. Expliquer le flux de transmission des documents entre les intervenants
4	Logiciels	Identifier les logiciels requis pour générer ou gérer les documents ou objets créés ou reçus dans le calque précédent
5	Zones problématiques	Identifier les zones problématiques dans le flux de l'information entre les intervenants

La Figure 3.2 illustre une part du résultat d'une cartographie d'un intervenant. La légende des logos utilisés est également décrite. Les couleurs sont utilisées pour distinguer les intervenants du projet.

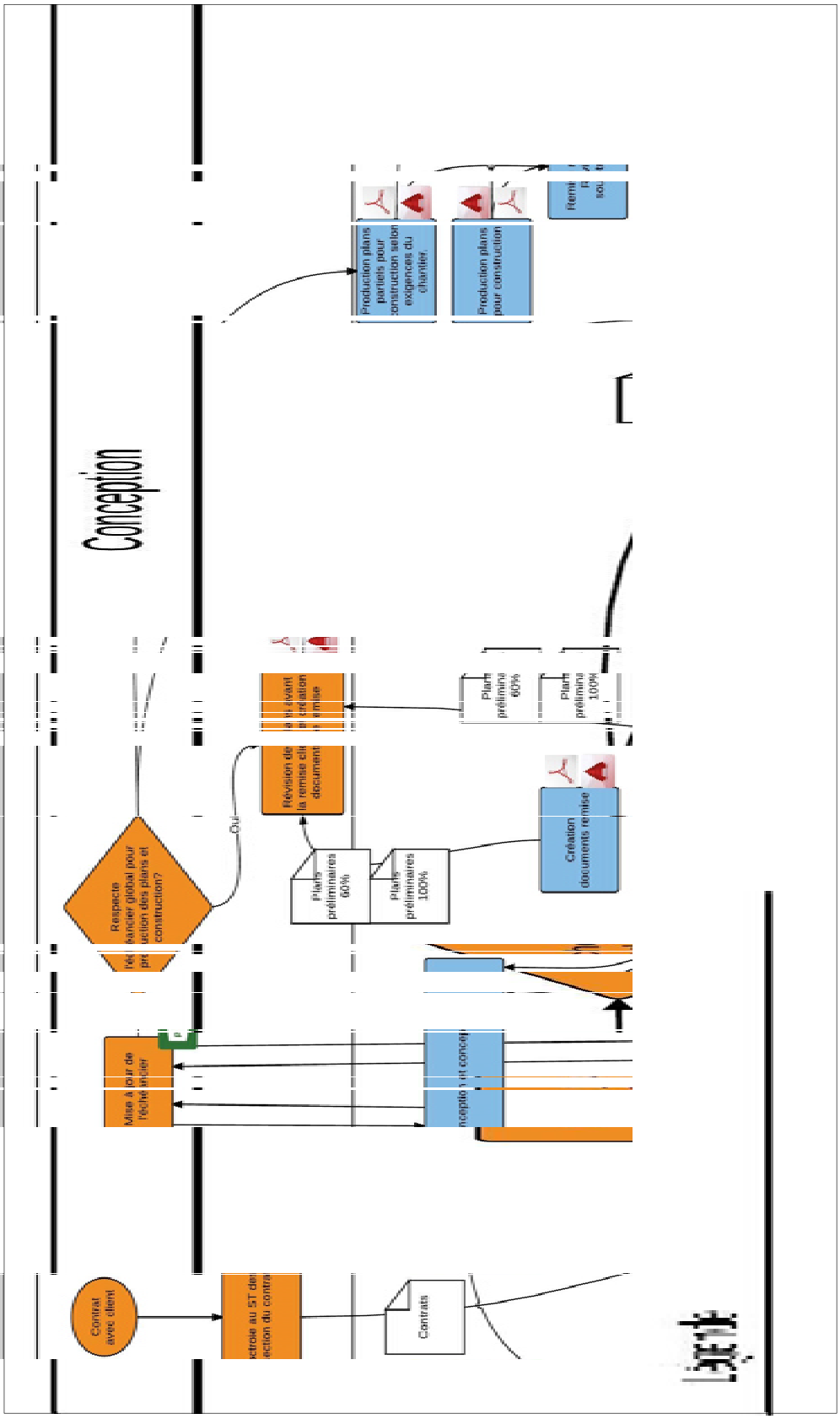


Figure 3.2 Exemple d'un résultat du processus d'autoconfrontation

Il est normal que le participant ne soit pas à l'aise au début de l'activité d'autoconfrontation. Le rôle du chercheur est donc d'encourager et de diriger le participant à compléter les calques. Le chercheur doit être en mesure de questionner le participant sur les données dessinées afin de clarifier la carte ou d'ajouter des informations manquantes. Puisque le processus est long et ardu, il est normal que certaines parties deviennent incompréhensibles, chaotiques ou illogiques. Le chercheur doit donc s'assurer de maintenir la carte en ordre tout au long l'activité. Les sessions d'autoconfrontation durent en moyenne quatre heures. Ainsi, ces sessions doivent être séparées en multiples rencontres. Lors du début de ses rencontres, la carte complétée doit être relue pour rappeler le processus au participant. De plus, le participant, familiarisé avec le processus, est plus à l'aise à compléter les calques et souvent, ils se permettent de corriger de sections complétées lors de la rencontre précédente. Le chercheur doit donc encourager le participant dans cette pratique.

Traitements des données

Pour le traitement des données, les cartes mises au propre doivent être présentées aux intervenants afin de valider les modifications. Ceux-ci valident la carte en plus de répondre aux questions du chercheur pour clarifier certaines zones de la cartographie qui s'avèrent incomplètes, illogiques ou incompréhensibles.

Par la suite, les cartes sont analysées afin d'isoler des concepts, des perceptions et des contradictions. De plus, les zones de cassure dans l'échange de l'information et de comment cette problématique se répercute sur le reste de la chaîne d'approvisionnement sont recherchées. Les cartes sont placées de manière à pouvoir les comparer comme l'illustre la Figure 3.3. Ensuite, une équipe de chercheurs doit analyser les flux en utilisant des index de couleurs. Chacune de ses couleurs représente une donnée particulière, soit de l'incompréhension, des questionnements, des résultats, etc. Des commentaires accompagnent ses index de couleurs. Le traitement de données doit être entre un groupe de chercheurs afin de comparer les perceptions de chacun et de générer des résultats objectifs, communs et logiques.

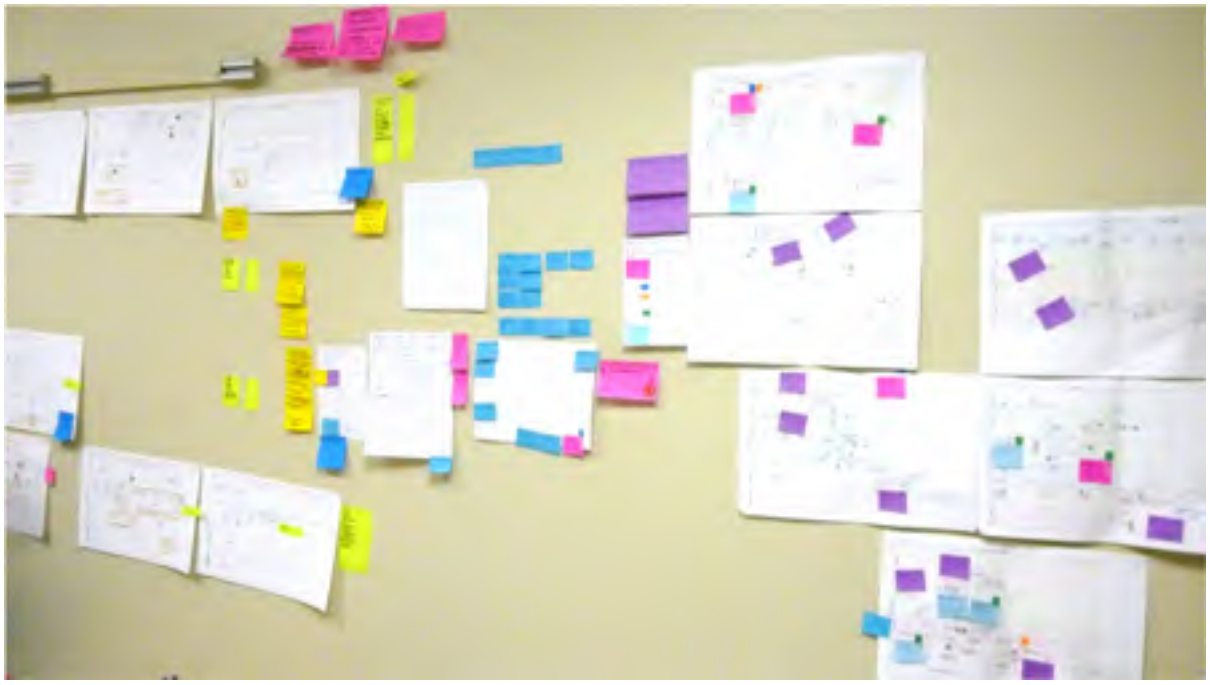


Figure 3.3 Analyse des flux de l'information issue de l'autoconfontation

À partir du cadre de création, le modèle de maturité a pu être adapté en suivant les données récoltées à l'échelle organisationnelle des cinq entreprises étudiées et à l'échelle d'un projet BIM. Le modèle de maturité est présenté au chapitre suivant.

CHAPITRE 4

MODÈLE DE MATURITÉ

Ce chapitre décrit le second artéfact de ce projet de recherche, soit le modèle de maturité nommé le Supply Chain BIM Maturity Matrix (SCBIMMM). Celui-ci est présenté en annexe (*Voir* ANNEXE VI, p. 157). Le modèle de maturité est également gravé sur le CD joint à ce mémoire. En premier lieu, la composition du modèle de maturité est présentée afin de mieux comprendre comment le modèle a été adapté à partir de l'OBIMA. Ensuite, les modèles de maturité sélectionnés sont comparés et les résultats du nouveau modèle de maturité expliqués. Le chapitre se termine avec un retour sur l'artéfact et sur son évaluation.

Tel que mentionné dans la revue de littérature, les matrices de maturité descriptives comprennent quatre principaux aspects : les niveaux de maturité, des catégories d'indicateur, des indicateurs et des descripteurs. Chacun de ses aspects du nouveau modèle de maturité sera défini dans les sections suivantes

4.1 Les niveaux de maturité

Les niveaux de maturité de l'OBIMA ont été calqués du CMMI (Staged Representation) (*Voir* Figure 4.1). Afin de pouvoir déterminer les niveaux de maturité du SCBIMMM, les niveaux de maturité de plusieurs modèles ont été comparés, tel que l'illustre la Figure 4.1.

Maturity Models	0	1 or a	2 or b	3 or c	4 or d	5 or e
U.M. Maturity Index		Initial / Ad hoc	Defined	Managed	Integrated	Optimised
COBIT, Control Objects for Information and related Technology	Non existent	Initial / Ad- hoc	Repeatable but Intuitive	Defined Process	Managed & Measurable	Optimised
CMMI, Capability Maturity Model Integration (Staged Representation)		Initial	Managed	Defined	Quantitatively Managed	Optimising
CMMI (Continuous Representation)	Incomplete	Performed	Managed	Defined	Quantitatively Managed	Optimising
CSCMM, Construction Supply Chain Maturity Model		Ad-hoc	Defined	Managed	Controlled	N/A
LESAT, Lean Enterprise Self-Assessment Tool		Awareness / Sporadic	General Awareness / Informal	Systemic Approach	Ongoing Refinement	Exceptional/ Innovative
P-CMM®, People Capability Maturity Model		Initial	Managed	Defined	Predictable	Optimising
P3M3, Portfolio, Programme and Project Management Maturity Model		Awareness	Repeatable	Defined	Managed	Optimised
(PM)², Project Management Process Maturity Model		Ad-hoc	Planned	Managed at Project Level	Managed at Corporate Level	Continuous Learning
SPICE, Standardised Process Improvement for Construction Enterprises		Initial / Chaotic	Planned & Tracked	Well Defined	Quantitatively Controlled	Continuously Improving
Supply Chain Management Process Maturity Model		Ad-hoc	Defined	Linked	Integrated	Extended

Figure 4.1 Comparaison de l'échelle et des titres des niveaux de maturité
Tirée de Succar (2009, p. 26)

Presque aucun modèle de maturité ne comprend le niveau zéro, qui définit l'inexistence de l'indicateur pour le sujet évalué. Le BIM étant une pratique émergente, il y a une forte probabilité qu'elles puissent être inexistantes dans la firme auditée. On mesure dans ce cas ce que Davies et Harty (2013) qualifient de BIM Readiness ainsi, le niveau zéro a été ajouté au modèle de maturité et comporte comme titre **non existant**. Pour le premier niveau, **initial** et **ad hoc** sont principalement utilisé pour définir le premier stade. Cependant, les indicateurs décrits dans le modèle ne peuvent pas être tous considérés comme **ad hoc**. À l'opposée, le terme **initial** est neutre et compatible avec tous les indicateurs et a donc été retenu.

Ensuite, certains modèles inversent les titres des niveaux 2 et 3 entre « *Managed* » et « *Defined* ». Cependant, surtout traduit en français, il est absurde qu'un processus soit géré

avant d'être défini (niveau 2 vs niveau 3). Ainsi, le titre **géré** a été sélectionné pour définir le niveau 3. De plus, l'évaluation de la maturité des entreprises a permis d'identifier une nouvelle notion, jusqu'alors jamais proposée dans les modèles existants. Cette notion considère le partage de l'information *interorganisationnel* et *intraorganisationnel*. En effet, le **partage de l'information** est une notion essentielle pour assurer l'implémentation BIM, faciliter le changement organisationnel et assurer l'intégration des pratiques au travers de la chaîne d'approvisionnement. Il s'agit donc d'un concept essentiel pour les trois plans théoriques sélectionnés. Ainsi, au niveau 3, le titre comprend deux notions importantes : la gestion et le partage de l'information.

Par la suite, les termes « *Managed quantitatively »* ou « *Controlled »* sont pertinents pour représenter le niveau 4. Cependant, certains indicateurs du modèle ne peuvent être quantifiables. L'intangibilité de certains indicateurs cause la proposition d'un nouveau titre pour définir ce stade. Ainsi, le titre **formalisé** en niveau 4 a été utilisé.

Le dernier stade de maturité, le terme **optimisé** sont le plus utilisés. Dans notre cas, il est pertinent puisqu'il signifie un stade favorisant l'amélioration continue selon l'évolution de l'entreprise et de l'industrie de la construction. Les niveaux de maturité ont donc été révisés lors de l'adaptation du nouveau modèle. L'échelle et les titres des niveaux de maturité sélectionnés pour le modèle de maturité sont présentés dans le Tableau 4.1.

Tableau 4.1 Niveaux de maturité selon le modèle de maturité

Niveaux de maturité		
0	Non-existant	Situation où il n'y a eu aucun effort ou réalisation tangible
1	Initial	Situation embryonnaire souvent ad hoc et expérimentale
2	Défini	Situation encadrée de méthodes définies, mais non partagées
3	Géré et/ou Partagé	Situation où les méthodes et l'information sont partagées et gérées
4	Formalisé	Situation où les méthodes et l'information sont documentées
5	Optimisé	Situation où les méthodes et la qualité de l'information sont révisées et évoluent selon l'industrie et/ou l'entreprise

4.2 Les composantes du modèle

Les trois principales composantes d'une matrice descriptive tel que présenté lors de la revue de littérature sont les indicateurs, les descripteurs et les catégories d'indicateurs. La résultante de chacune de ses composantes du SCBIMMM sera présentée dans les sections suivantes.

4.2.1 Les catégories d'indicateur

Les catégories des indicateurs du SCBIMMM ont été sélectionnées à partir de l'OBIMA. Le tableau suivant décrit les catégories d'OBIMA (*Voir* Tableau 4.2).

Tableau 4.2 Catégories et descriptions du modèle de l'OBIMA

Catégories	**Description**
Stratégie	Déterminer l'alignement entre les visions et objectifs BIM.et les usages
Usages BIM	Déterminer le niveau de formalisation des usages BIM ciblés.
Processus	Cartographier les processus organisationnels et les processus BIM.
Information	Déterminer et documenter les informations nécessaires incluant leurs caractéristiques.
Infrastructure	Déterminer les infrastructures physiques et technologiques nécessaires
Personnel	Déterminer les besoins du personnel pour implémenter le BIM.

Les catégories d'indicateurs ont évolué avec les indicateurs lors des six itérations. Lors de la première itération, les catégories d'indicateurs utilisées étaient les catégories de l'OBIMA. Il y a des fautes logiques au niveau de la stratégie réinterprétée à l'aide du cadre théorique de Venkatraman. Pour les autres catégories, elles étaient représentatives du contexte du client. Il a fallu les ajuster pour refléter les différents contextes au niveau de la chaîne d'approvisionnement. Les catégories d'indicateurs ont principalement été revues pour répondre à une nouvelle définition qui représentait mieux les indicateurs regroupés. Ces indicateurs et les catégories seront plus amplement définis dans les sections suivantes. Les catégories ont donc évolué à partir des catégories d'indicateurs de l'OBIMA. Les titres des catégories de l'OBIMA manquaient de description. Par exemple, « Personnel » ne signifie rien à part de sa description littérale. À l'opposée, le terme « alignement organisationnel » reflète

l'alignement des stratégies organisationnelles et TI. Ainsi, les catégories ont été révisées pour être également plus descriptives. Afin de valider la pertinence de ses nouvelles catégories d'indicateurs, elles ont été comparées aux modèles de référence présentés lors de la revue de littérature. Cette comparaison est présentée au Tableau 4.3 et les nouvelles catégories sont présentées au Tableau 4.4.

Tableau 4.3 Comparaison des catégories des modèles de référence

<table>
<tr><th>Venkatraman</th><th>Modèle TOPP</th><th>Catégories de l'OBIMA</th><th>Catégories proposées</th></tr>
<tr><td>Stratégie de l'entreprise</td><td rowspan="2">Organisation</td><td rowspan="2">Stratégie</td><td rowspan="2">L'alignement stratégique</td></tr>
<tr><td>Stratégie TI</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Infrastructure et processus organisationnels
Infrastructure et processus TI</td><td></td><td>Personnel</td><td>L'alignement organisationnel</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Technologie</td><td>Infrastructure</td><td>Infrastructure</td></tr>
<tr><td>Information</td><td>Formalisation de modélisation</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Processus</td><td>Processus</td><td rowspan="2">Formalisation des relations contextuelles</td></tr>
<tr><td>Usages BIM</td></tr>
</table>

Tableau 4.4 Catégories et descriptions du SCBIMMM

Catégories	**Définitions**
L'alignement stratégique	La façon dont l'entreprise, par l'intermédiaire de la haute direction, articule et communique sa vision et ses objectifs à l'interne. Elle considère également la qualité des ressources dédiées à l'implémentation BIM
L'alignement organisationnel	L'évaluation de l'adaptation de l'entreprise au nouveau contexte de travail BIM et des modifications organisationnelles telles que la structure hiérarchique, les rôles et responsabilité, l'adhésion du personnel, la formation, etc.
Infrastructure	La capacité de l'entreprise à répondre aux besoins informatiques (logiciels, matériels technologiques) et physiques (espace collaboratif) engendrés par la transition BIM.
Formalisation de modélisation	La qualité et le contrôle de l'information géométrique et non géométrique introduits et échangés via une plateforme numérique ainsi que l'alignement des standards de formalisation avec l'industrie.
Formalisation des relations contextuelles	La capacité de l'entreprise à définir et à formaliser les relations inter et intra organisationnelles.

Dans les sections suivantes seront décrits plus spécifiquement chacune des catégories d'indicateurs ainsi que les indicateurs de cette catégorie et leurs descripteurs.

4.2.2 Alignement stratégique

La première catégorie d'indicateur est l'alignement stratégique. Cette catégorie se définit par la façon dont l'entreprise par l'intermédiaire de la haute direction articule et communique sa vision et ses objectifs à l'interne. Elle considère également la qualité des ressources dédiées à l'implémentation BIM. L'implémentation BIM commence évidemment par la redéfinition de la stratégie organisationnelle par un **plan stratégique de planification BIM**. Ce dernier devrait s'aligner avec la stratégie de l'entreprise (Venkatraman, 1994). Des experts se sont concentrés sur la définition des étapes à suivre pour faciliter l'implémentation. Les quatre cadres développés par différents auteurs sont comparés au
Tableau 4.5.

Tableau 4.5 Comparaison des étapes d'un plan stratégique de planification BIM

		(Gu et London, 2010)	**(Sackey, Tuuli et Dainty,**	**(Computer**	**(Arayici, Khosrowshahi, *et al.*, 2009)**
Évaluer	Évaluation la situation actuelle de l'entreprise	●		●	●
	Évaluer les talents et personnes motivées		●		
	Analyser les risques de l'implémentation		●	●	●
Identifier	Identifier un champion ou gestionnaire BIM	●		●	
	Identifier un comité BIM	●		●	
	Déterminer les objectifs d'implémentation BIM	●	●	●	
Développer	Développer un plan stratégique d'implémentation BIM	●		●	●
	Développer un plan de communication		●		
	Développer un plan pour la formation et l'éducation du personnel	●	●	●	●
	Investir dans le matériel technologique			●	●
	Identifier et engager de nouveaux rôles et responsabilités		●	●	●
Optimiser	Développer des processus et des cartographies	●	●		●
	Faire une charte d'interopérabilité		●		
	Favoriser l'amélioration continue	●	●		

Le Tableau 4.5 présente les quatre principales étapes pour l'implémentation BIM dans une entreprise, allant de l'évaluation de la situation actuelle, de l'identification des ressources, du développement et de l'optimisation des infrastructures et des processus. Ainsi, la première étape est de laisser la haute direction évaluer la situation actuelle de l'entreprise. Elle doit ensuite définir ses objectifs BIM et identifier ses ressources à mobiliser pour les rencontrer. Parmi ces ressources, l'entreprise devrait identifier un **gestionnaire BIM** qui sera responsable de l'implémentation BIM et appliquer le plan stratégique BIM. Ce dernier doit entre autres identifier le personnel motivé possédant le plus de connaissances et de facilité avec les outils BIM. Ce personnel seront assignés comme **champions BIM** avec comme rôle d'assurer la qualité de modélisation et de l'utilisation des outils BIM en plus d'assurer la formation sr les logiciels et l'assistance technique. Une fois définis, les objectifs peuvent être développés et optimisés. Un **comité de planification BIM**, incluant l'exécutif et les experts BIM de l'entreprise, devrait prendre en charge de l'opérationnalisation du plan stratégique BIM. La troisième étape se caractérise par le développement d'un plan de communication pour s'assurer que l'information et les méthodes soient partagées au sein de l'entreprise. Ensuite, un second plan pour former et éduquer les employés sur le BIM doit être établi. Un dernier plan doit prendre en compte l'investissement et le suivi de la veille technologique des infrastructures BIM. Pour optimiser l'implémentation, BIM, une reconfiguration des pratiques organisationnelles, des rôles et responsabilités et des processus sont essentiels. Ces aspects devraient être inclus dans le plan stratégique organisationnel BIM. À partir de l'étude des cadres de développement, les sept indicateurs qui définissent cette catégorie ont été identifiés :

Indicateur 1.1 La mission de l'entreprise;

Indicateur 1.2 Les objectifs de l'entreprise;

Indicateur 1.3 La vision BIM;

Indicateur 1.4 Les objectifs BIM;

Indicateur 1.5 Le support de la haute direction;

Indicateur 1.6 Le gestionnaire BIM;

Indicateur 1.7 Le comité de planification BIM.

Le Tableau 4.6 résume les indicateurs et les descripteurs de la catégorie de l'alignement stratégique. Chacun des indicateurs et leurs descripteurs seront décrits dans les sections suivantes.

Tableau 4.6 Indicateurs et descripteurs de la catégorie de l'alignement stratégique

1	Alignement stratégique	0 Non-existant	1 Initial	2 Défini	3 Géré | Partagé	4 Formalisé	5 Optimisé
1.1	Mission de l'entreprise	Aucune mission de l'entreprise	Mission de l'entreprise établie	Mission de l'entreprise spécifiée selon des fonctions, services et valeurs, mais non partagée	Mission de l'entreprise spécifiée et partagée selon des fonctions, services et valeurs	Mission de l'entreprise partagée, spécifiée et répertoriée selon un échéancier	Mission de l'entreprise partagée, spécifiée et mise à jour selon l'évolution de l'entreprise
1.2	Objectifs de l'entreprise	Aucun objectif	Objectifs d'entreprise établis	Objectifs d'entreprise alignés avec les fonctions, services et valeurs de l'entreprise, mais non partagés	Objectifs d'entreprise alignés, partagés et spécifiés selon des fonctions, services et valeurs	Objectifs d'entreprise alignés, partagés, spécifiés, quantifiés et répertoriés selon un échéancier (SMART)	Objectifs d'entreprise alignés, partagés, spécifiés (SMART) et mis à jour selon l'évolution de l'entreprise
1.3	Vision BIM	Aucune vision BIM	Vision BIM établie	Vision BIM alignée avec la mission de l'entreprise, la stratégie et la culture de l'entreprise	Vision BIM alignée et partagée selon la mission de l'entreprise, la stratégie et la culture de l'entreprise	Vision BIM alignée, partagée, spécifiée et répertoriée selon un échéancier	Vision BIM alignée, partagée, spécifiée et mise à jour selon l'évolution de l'entreprise
1.4	Objectifs BIM	Aucun objectif BIM	Objectifs BIM établis	Objectifs BIM alignés avec la mission de l'entreprise, la vision BIM, la stratégie et la culture de l'entreprise	Objectifs BIM alignés et partagés selon la mission de l'entreprise, la vision BIM, la stratégie et la culture de l'entreprise	Objectifs BIM alignés, partagés, spécifiés, quantifiés et répertoriés selon un échéancier (SMART)	Objectifs BIM alignés, partagés, spécifiés (SMART) et mis à jour selon l'évolution de l'entreprise
1.5	Support de la haute direction	Aucun support	Support limité pour évaluer la faisabilité de l'implémentation BIM	Support suffisant avec quelques ressources engagées	Support complet documenté dans une étude de faisabilité (plan d'affaires) BIM et ressources appropriées mobilisées	Support complet avec un engagement limité pour mettre à jour de façon continue la planification	Engagement complet et continu pour supporter le processus d'implémentation

Tableau 4.6 Indicateurs et descripteurs de la catégorie de l'alignement stratégique (Suite)

1	Alignement stratégique	0 Non-existant	1 Initial	2 Défini	3 Géré | Partagé	4 Formalisé	5 Optimisé

1.6	Gestionnaire BIM	Aucun gestionnaire BIM	Personne désignée par la haute direction pour assurer l'implémentation BIM	Gestionnaire BIM reconnu mais ressources	Gestionnaire BIM reconnu avec les ressources dédiées	Gestionnaire BIM parrainé par un commanditaire	Gestionnaire BIM travaillant étroitement avec le commanditaire
1.7	Comité de planification BIM	Aucun comité BIM	Petit comité ad hoc d'intervenants motivés	Comité BIM reconnu par l'entreprise	Comité de planification BIM incluant des représentants de l'exécutif	Comité de planification BIM incluant des représentants de tous les départements ainsi que l'exécutif	Les décisions du comité de planification BIM sont intégrées à la gestion stratégique

Indicateur 1.1 La mission de l'entreprise

La mission de l'entreprise décrit sa raison d'être, mais également ses services, ses fonctions et ses valeurs. Ces indicateurs et ces descripteurs ont été adaptés du modèle de l'OBIMA (Tableau 4.7).

Tableau 4.7 Premier indicateur de la catégorie alignement stratégique : la mission de l'entreprise

Alignement stratégique	**0 Non-existant**	**1 Initial**	**2 Défini**	**3 Géré | Partagé**	**4 Formalisé**	**5 Optimisé**
Mission de l'entreprise	Aucune mission de l'entreprise	Mission de l'entreprise établie	Mission de l'entreprise spécifiée selon des fonctions, services et valeurs, mais non partagée	Mission de l'entreprise spécifiée et partagée selon des fonctions, services et valeurs	Mission de l'entreprise partagée, spécifiée et répertoriée selon un échéancier	Mission de l'entreprise partagée, spécifiée et mise à jour selon l'évolution de l'entreprise

Indicateur 1.2 Les objectifs de l'entreprise

Les objectifs S.M.A.R.T. décrivent la mission de l'entreprise de manière à la rendre quantifiable. Pour faciliter le déploiement technologique et stratégique, la vision devrait être traduite en **objectifs dits *S.M.A.R.T.*,** c'est-à-dire qu'ils doivent être Spécifique, Mesurable, Acceptable, Réaliste (pertinent) et s'inscrire dans le Temps (délais définis)(Computer Integrated Construction Research Program (CICRG), 2012). Ces objectifs devraient être documentés dans un plan stratégique organisationnel avec une définition plus approfondie sur leurs forces et faiblesses, sur les besoins et les ressources requis, etc. Ensuite, les objectifs devraient être séparés selon les priorités de l'entreprise, ce qui est long terme ou court terme,

ce qui est recommandé, ce qui est essentiel par rapport à la mission de l'entreprise. Pour faciliter l'adoption des objectifs définis, ceux-ci devraient être formalisés dans le plan stratégique organisationnel avec une définition complète des informations, actions et ressources requises en plus d'être cartographiées sous forme de feuilles de route. Afin d'assurer une amélioration continue, les objectifs devraient être révisés de manière bisannuelle au sein du comité de planification (Crawford, 2006 ; Computer Integrated Construction Research Program (CICRG), 2012). Les ressources organisationnelles pour appliquer les objectifs au sein de l'organisation devraient être également identifiées. Les objectifs devraient répondre aux services, aux fonctions et aux valeurs. Ces descripteurs ont été adaptés du modèle de l'OBIMA (Tableau 4.8).

Tableau 4.8 Deuxième indicateur de la catégorie alignement stratégique : les objectifs de l'entreprise

Alignement stratégique	**0 Non-existant**	**1 Initial**	**2 Défini**	**3 Géré | Partagé**	**4 Formalisé**	**5 Optimisé**
Objectifs de l'entreprise	Aucun objectif	Objectifs d'entreprise établis	Objectifs d'entreprise alignés avec les fonctions, services et valeurs de l'entreprise, mais non partagés	Objectifs d'entreprise alignés, partagés et spécifiés selon des fonctions, services et valeurs	Objectifs d'entreprise alignés, partagés, spécifiés, quantifiés et répertoriés selon un échéancier (SMART)	Objectifs d'entreprise alignés, partagés, spécifiés (SMART) et mis à jour selon l'évolution de l'entreprise

Indicateur 1.3 Vision BIM

La vision BIM s'insère dans la mission de l'entreprise ainsi que dans sa stratégie et sa culture organisationnelle. Ces indicateurs et ces descripteurs ont été adaptés du modèle de l'OBIMA (Tableau 4.9).

Tableau 4.9 Troisième indicateur de la catégorie alignement stratégique : la vision BIM

Alignement stratégique	**0 Non-existant**	**1 Initial**	**2 Défini**	**3 Géré | Partagé**	**4 Formalisé**	**5 Optimisé**

Vision BIM	Aucune vision BIM	Vision BIM établie	Vision BIM alignée avec la mission de l'entreprise, la stratégie et la culture de l'entreprise	Vision BIM alignée et partagée selon la mission de l'entreprise, la stratégie et la culture de l'entreprise	Vision BIM alignée, partagée, spécifiée et répertoriée selon un échéancier	Vision BIM alignée, partagée, spécifiée et mise à jour selon l'évolution de l'entreprise

Indicateur 1.4 Objectifs BIM

Les objectifs S.M.A.R.T. BIM décrivent la vision BIM de manière à la rendre quantifiable. Ils devraient répondre également à la mission de l'entreprise ainsi que sa stratégie et sa culture. Ils devraient être définis de la même manière que les objectifs de l'entreprise (*Voir* l'indicateur). Ces descripteurs ont été adaptés du modèle de l'OBIMA (Tableau 4.10).

Tableau 4.10 Quatrième indicateur de la catégorie alignement stratégique : les objectifs BIM

Alignement stratégique	**0 Non-existant**	**1 Initial**	**2 Défini**	**3 Géré | Partagé**	**4 Formalisé**	**5 Optimisé**
Objectifs BIM	Aucun objectif BIM	Objectifs BIM établis	Objectifs BIM alignés avec la mission de l'entreprise, la vision BIM, la stratégie et la culture de l'entreprise	Objectifs BIM alignés et partagés selon la mission de l'entreprise, la vision BIM, la stratégie et la culture de l'entreprise	Objectifs BIM alignés, partagés, spécifiés, quantifiés et répertoriés selon un échéancier (SMART)	Objectifs BIM alignés, partagés, spécifiés (SMART) et mis à jour selon l'évolution de l'entreprise

Indicateur 1.5 Support de la haute direction

Cet indicateur considère jusqu'à quel niveau la haute direction supporte la planification BIM. Le responsable de la haute direction est celui qui est responsable de définir et d'appliquer le plan stratégique organisationnel BIM. Ce plan devrait principalement démontrer l'alignement stratégique entre la vision d'implémentation BIM et la mission de l'entreprise puisqu'il s'agit d'un facteur clé pour augmenter la performance de l'entreprise (Renken, 2004). Le cadre exécutif doit être en mesure de définir les ressources organisationnelles et financières pour toutes les activités en lien avec les objectifs afin de faciliter la prise de décision. Plus le niveau de maturité augmente, plus les ressources affectées sont appropriées et mobilisées. Cet indicateur a été adapté du modèle de l'OBIMA et du BIMMM et a été enrichi par les observations du phénomène (Tableau 4.11).

Tableau 4.11 Cinquième indicateur de la catégorie alignement stratégique : le support de la haute direction

Alignement stratégique	0 Non-existant	1 Initial	2 Défini	3 Géré | Partagé	4 Formalisé	5 Optimisé
Support de la haute direction	Aucun support	Support limité pour évaluer la faisabilité de l'implémentation BIM	Support suffisant avec quelques ressources engagées	Support complet documenté dans une étude de faisabilité (plan d'affaires) BIM et ressources appropriées mobilisées	Support complet avec un engagement limité pour mettre à jour de façon continue la planification	Engagement complet et continu pour supporter le processus d'implémentation

Indicateur 1.6 Gestionnaire BIM

Le gestionnaire est une personne désignée pour gérer l'implémentation du BIM dans l'entreprise. « A BIM champion (gestionnaire) is a person who is technically skilled and motivated to guide an organization to improve their processes by pushing adoption, managing resistance to change, and ensuring implementation of a new technology or process » (Computer Integrated Construction Research Program (CICRG), 2012) p. 52. Le gestionnaire BIM est responsable de la gestion de l'implémentation BIM. Le gestionnaire BIM est donc celui qui est responsable de formaliser et gérer l'implémentation du BIM, les pratiques, procédures et processus BIM. Afin de faciliter l'implémentation BIM, il devrait travailler étroitement avec la haute direction, un commanditaire, pour pouvoir assurer une implémentation alignée avec la stratégie organisationnelle. Cet indicateur a été inspiré de l'OBIMA et du BIMM (Tableau 4.12).

Tableau 4.12 Sixième indicateur de la catégorie alignement stratégique : le gestionnaire BIM

Alignement stratégique	0 Non-existant	1 Initial	2 Défini	3 Géré | Partagé	4 Formalisé	5 Optimisé
Gestionnaire BIM	Aucun gestionnaire BIM	Personne désignée par la haute direction pour assurer l'implémentation BIM	Gestionnaire BIM reconnu mais sans ressources	Gestionnaire BIM reconnu avec les ressources dédiées	Gestionnaire BIM parrainé par un commanditaire	Gestionnaire BIM travaillant étroitement avec le commanditaire

Indicateur 1.7 Comité de planification BIM

Le comité de planification BIM est responsable du déploiement de la stratégie BIM dans l'entreprise. Celui-ci est composé du gestionnaire BIM, d'un représentant de l'exécutif, de spécialistes techniques et logiciels et des autres représentants que l'entreprise juge pertinents (Computer Integrated Construction Research Program (CICRG), 2012). La maturité est atteinte lorsque le comité possède un pouvoir exécutif pour l'ensemble de l'entreprise en plus de contenir des membres de tous les départements afin de prendre des décisions éclairées et alignées avec la stratégie organisationnelle. Cet indicateur a été adapté du modèle de l'OBIMA (Tableau 4.13).

Tableau 4.13 Septième indicateur de la catégorie alignement stratégique : le comité de planification BIM

Alignement stratégique	0 Non-existant	1 Initial	2 Défini	3 Géré | Partagé	4 Formalisé	5 Optimisé
Comité de planification BIM	Aucun comité BIM	Petit comité ad hoc d'intervenants motivés	Comité BIM reconnu par l'entreprise	Comité de planification BIM incluant des représentants de l'exécutif	Comité de planification BIM incluant des représentants de tous les départements ainsi que l'exécutif	Les décisions du comité de planification BIM sont intégrées à la gestion stratégique

4.2.3 Alignement organisationnel

La seconde catégorie, l'alignement organisationnel, se définit par l'évaluation de l'adaptation de l'entreprise au nouveau contexte de travail BIM et des modifications organisationnelles telles que la structure hiérarchique, les rôles et responsabilités, l'adhésion du personnel, la formation, etc. elle étudie également la culture organisationnelle de l'entreprise et de son adaptation au changement. Les capacités de l'entreprise à mettre en place et les moyens nécessaires sont également évaluées pour assurer une transition souple. Cette catégorie réfère à l'alignement entre la culture organisationnelle et le changement causé par l'implémentation BIM.

Selon Deutsch (2011), un des principaux problèmes suivant un changement organisationnel n'est ni la technologie, ni la stratégie organisationnelle, mais plutôt l'aspect sociotechnique. Selon lui, la transition souple des pratiques autour du BIM est dépendante de la volonté et de l'engagement du personnel. En effet, l'enjeu réside dans la gestion du personnel : la compréhension des facteurs organisationnels tels que des barrières, de la résistance, des problèmes de communication et de collaboration, des incompatibilités culturelles, des problèmes de manque de motivation et de leadership (Deutsch, 2011); « about people and processes as it is about technology to engage people in adoption, ensure that people's skills and understanding increases and companies building up their capacities, to apply successful change management strategies, to diminish any potential resistance to change" (Arayici, Coates, *et al.*, 2009) p.20. D'autres critères tels que les espaces de travail, la hiérarchie, la distribution des tâches sont des aspects s'apparentant à la gestion d'un changement de paradigme (Renken, 2004). Bref, pour gérer le changement, la culture organisationnelle de l'entreprise doit être prise en compte. La culture de l'organisation se définit par ses normes, ses valeurs et ses convictions (PMI, 2013).

La culture est ancrée dans les mentalités et un effort considérable est nécessaire pour appréhender le changement dans l'organisation (Pryke, 2009). Le changement de la culture d'une entreprise commence par la recherche de l'adéquation entre les besoins du personnel et les objectifs du changement. Pour faciliter cet alignement, la communication et le partage de l'information sont fondamentaux (Froese, 2006). De plus, une clarification du pourquoi des ajustements potentiels de la **structure organisationnelle** et une redéfinition des **rôles et responsabilités** limitent la frustration et la confusion entre les employés. Ainsi, la première étape pour effectuer un changement est de partager la vision et de fournir un schéma clair de la marche à suivre et des actions tangibles à entreprendre. En partageant ses apports, l'intérêt, l'enthousiasme et la motivation devrait pousser le personnel à mieux appréhender la transition et à s'impliquer dans la redéfinition des processus. La catégorie de l'alignement organisationnel se définit en quatre indicateurs :

Indicateur 2.1 Les responsabilités BIM;

Indicateur 2.2 La structure organisationnelle;

Indicateur 2.3 La formation et l'éducation;

Indicateur 2.4 L'adhésion.

Le Tableau 4.14 résume les indicateurs et les descripteurs de la catégorie de l'alignement organisationnel. Chacun des indicateurs et leurs descripteurs seront décrits dans les sections suivantes.

Tableau 4.14 Indicateurs et descripteurs de la catégorie de l'alignement organisationnel

2	**Alignement organisationnel**	**0 Non-Existant**	**1 Initial**	**2 Défini**	**3 Géré | Partagé**	**4 Formalisé**	**5 Optimisé**
2.1	Responsabilités BIM	Aucune responsabilité BIM définie	La responsabilité BIM est la responsabilité du Gestionnaire BIM	Le BIM est la responsabilité des personnes impliquées	Le BIM est la responsabilité des départements impliqués	Le BIM est la responsabilité de toutes les antennes/départements	Les responsabilités BIM sont révisées et ajustées
2.2	Structure organisationnelle	Le BIM n'est pas mentionné dans la structure organisationnelle	Le gestionnaire BIM/équipe BIM est intégré à la structure organisationnelle	L'équipe BIM est une entité indépendante dans la structure organisationnelle	L'équipe BIM comprend des membres de certains départements	Champion BIM pour chaque département	Équipe BIM interdisciplinaire intégrée
2.3	Formation et éducation	Aucune formation	Formation technique uniquement donnée au personnel essentiel (dessinateur)	Formation donnée à tout le personnel interagissant avec le BIM	Programme de formation documenté, partagé et géré	Programme de formation et d'éducation continue, partagé, documenté et géré	Le programme de formation et d'éducation est constamment enrichi par les leçons apprises et la veille technologique
2.4	Adhésion	Aucune adhésion	Adhésion de certaines personnes motivées	Adhésion de la haute direction	Adhésion des équipes de projet dans l'organisation	Adhésion de l'ensemble des ressources de l'organisation	Le changement est intégré à la culture de l'organisation

Indicateur 2.1 Les responsabilités BIM

Les responsabilités sont les tâches, activités et obligations reliées au rôle. Cet indicateur a été inspiré du modèle de l'OBIMA (Tableau 4.15).

Tableau 4.15 Premier indicateur de la catégorie alignement organisationnel : les responsabilités BIM

Alignement organisationnel	**0 Non-existant**	**1 Initial**	**2 Défini**	**3 Géré | Partagé**	**4 Formalisé**	**5 Optimisé**
Responsabilités BIM	Aucune responsabilité BIM définie	La responsabilité BIM est la responsabilité du Gestionnaire BIM	Le BIM est la responsabilité des personnes impliquées	Le BIM est la responsabilité des départements impliqués	Le BIM est la responsabilité de toutes les antennes/départements	Les responsabilités BIM sont révisées et ajustées

Indicateur 2.2 La structure organisationnelle

La structure organisationnelle considère l'intégration des pratiques BIM dans la structure organisationnelle de l'entreprise. Lors des entrevues, les participants ont dessiné l'organigramme de l'entreprise et comment le BIM s'y intégrait. Entre les différentes structures des entreprises évoluées, une structure organisationnelle semblait plus performante lorsque la présence d'une équipe interdisciplinaire BIM intégrée permettant l'implémentation BIM dans tous les départements en plus de résoudre les demandes, les problématiques, les processus et les enjeux BIM. Cette équipe interdisciplinaire comprend les membres de tous les départements afin de mieux comprendre les besoins de chacun d'eux. Cette équipe est majoritairement composée de *champions BIM* et est dirigée par le *gestionnaire BIM*. Dans un des cas, des *gestionnaires de projets BIM* ont été inclus dans cette équipe. Ils s'occupaient de gérer le BIM dans tous les projets de l'entreprise. Les stades ont été définis par l'analyse des structures organisationnelles dessinées par les intervenants. Cet indicateur a été inspiré du modèle de l'OBIMA (Tableau 4.16).

Tableau 4.16 Deuxième indicateur de la catégorie alignement organisationnel : la structure organisationnelle

Alignement organisationnel	0 Non-existant	1 Initial	2 Défini	3 Géré | Partagé	4 Formalisé	5 Optimisé
Structure organisationnelle	Le BIM n'est pas mentionné dans la structure organisationnelle	Le gestionnaire BIM/équipe BIM est intégré à la structure organisationnelle	L'équipe BIM est une entité indépendante dans la structure organisationnelle	L'équipe BIM comprend des membres de certains départements	Champion BIM pour chaque département	Équipe BIM interdisciplinaire intégrée

Indicateur 2.3 La formation et l'éducation

La formation et l'éducation du personnel sur le BIM sont essentielles pour assurer l'implémentation BIM. Pour gérer le changement organisationnel suite à l'implémentation BIM, Deustch (2011) et Succar (2010) suggèrent de se concentrer sur la formation et l'éducation BIM. Le CICRG précise: "training is to teach so as someone becomes fit, qualified, or proficient in a specific task or process, while educating is to formally instruct about a subject – in this case BIM" (Computer Integrated Construction Research Program (CICRG), 2012) p. 44. Ainsi, l'**éducation** du BIM réfère à la valorisation des enjeux BIM collaboratifs et du partage de l'information au sein d'une équipe de projet. La **formation** BIM décrit l'effort pour faciliter et comprendre l'utilisation des logiciels BIM. En premier lieu, la formation technique sur les logiciels permet de réduire le délai d'apprentissage. Ceux-ci sont réputés pour être plus difficiles que les logiciels traditionnels tels qu'AutoCAD. En second lieu, une explication des enjeux BIM et de l'aspect théorique du BIM permet de sensibiliser les utilisateurs sur l'impact de la collaboration BIM, les bénéfices de la technologie et des divers enjeux BIM. Bref, la valorisation du changement par l'éducation et la formation limite la résistance au changement (Deutsch, 2011).

Dans le modèle de l'OBIMA, l'éducation était un indicateur séparé de la formation. À l'analyse des données, l'éducation du personnel était perçue comme un stade avancé. En effet, la plupart des entreprises, lors du stade initial, formaient le personnel uniquement avec les notions techniques sur logiciels BIM. Les indicateurs ont donc été joints (Tableau 4.17).

Tableau 4.17 Troisième indicateur de la catégorie alignement organisationnel : la formation et l'éducation

Alignement organisationnel	0 Non-existant	1 Initial	2 Défini	3 Géré | Partagé	4 Formalisé	5 Optimisé
Formation et éducation	Aucune formation	Formation technique uniquement donnée au personnel essentiel (dessinateur)	Formation donnée à tout le personnel interagissant avec le BIM	Programme de formation documenté, partagé et géré	Programme de formation et d'éducation continu, partagé, documenté et géré	Le programme de formation et d'éducation est constamment enrichi par les leçons apprises et la veille technologique

Indicateur 2.4 L'adhésion

L'adhésion définit la volonté du personnel à intégrer le BIM dans leur projet. La chronologie des descripteurs proposés par l'OBIMA ne suivait pas la même logique que le contexte étudié. En effet, l'implémentation BIM commençait généralement avec l'adhésion de certaines personnes motivées, notamment des experts en technologie, d'un champion BIM etc. Ensuite la haute direction approuvait l'implémentation et dédiait les ressources appropriées. Les équipes de projet étaient cependant plus réticentes à modifier leurs pratiques et ne voyaient pas l'avantage de l'implémentation. En général, la plupart des intervenants a mentionné que les chargés de projet sont les plus réticents aux changements de par l'incertitude engendrée par la complexité et la quantité de variables à gérer dans leurs tâches : le BIM devient pour eux un surplus de charges de travail.

> « Ils ne veulent pas de charge de plus. Tout le monde est curieux, mais ils ont peur de rester mal pris à cause de ce nouveau processus. » - Intervenant à propos de l'adhésion des chargés de projet

Au niveau formalisé (4), l'ensemble des ressources inclus les employés travaillant sur les chantiers et dans les usines, c'est-à-dire, les installateurs (sous-traitant), les surveillants de chantier (architecte et ingénieur), les surintendants (entrepreneurs), les vérificateurs de mise en service (manufacturier). En effet, une différence de mentalité a été constatée entre le personnel du bureau et du site. N'ayant jamais vraiment eu l'accès à la technologie, les

mentalités sont plus difficiles à changer. Dans les bureaux, la Conception Assistée par Ordinateur (CAO) est déjà implantée depuis plusieurs années et donc l'implémentation d'une nouvelle technologie est plus aisée. Pour conclure, l'adhésion du personnel se confirme avec le changement intégré à la culture organisationnelle. Comme mentionné précédemment, il s'agit d'un facteur clé pour la réussite d'un changement organisationnel (Tableau 4.18).

Tableau 4.18 Quatrième indicateur de la catégorie alignement organisationnel : l'adhésion

Alignement organisationnel	0 Non-existant	1 Initial	2 Défini	3 Géré | Partagé	4 Formalisé	5 Optimisé
Adhésion	Aucune adhésion	Adhésion de certaines personnes motivées	Adhésion de la haute direction	Adhésion des équipes de projet dans l'organisation	Adhésion de l'ensemble des ressources de l'organisation	Le changement est intégré à la culture de l'organisation

4.2.4 Infrastructures

La troisième catégorie, infrastructure, se définit par la capacité de l'entreprise à répondre aux besoins informatiques (logiciels, matériels technologiques) et physiques (espace collaboratif) engendrés par la transition BIM. Pour assurer l'implémentation BIM, l'organisation se doit de réviser son parc informatique et d'investir dans des logiciels de simulation, de modélisation et de collaboration. Il est important pour une entreprise d'investir dans les infrastructures technologiques et physiques pour faciliter la collaboration et la production d'information à partir de logiciels BIM. Les types de matériel technologiques facilitant l'implémentation BIM sont des équipements informatiques performants, des technologies mobiles, des outils de collaborations, des écrans tactiles, des lasers, des drones, etc. Ces équipements doivent être également situés dans des environnements appropriés pour leur utilisation et pour favoriser la collaboration interdisciplinaire. Par exemple, prévoir des salles « collaboratives », c'est-à-dire des espaces facilitant la visualisation et la coordination des modèles numériques et la communication entre les intervenants internes ou externes à l'organisation. L'entreprise doit investir une somme suffisante pour répondre aux achats de licences et ainsi, d'assurer le suivi de l'évolution du marché pour tenir à jour son parc informatique (Holzer, 2012).

Les logiciels BIM sont particulièrement complexes et nombreux afin de pouvoir exercer les multiples usages du BIM. La multiplicité de logiciels cause la principale problématique de l'interopérabilité entre ceux-ci. En effet, chaque discipline et tâche nécessite des logiciels spécifiques qui ne sont pas nécessairement compatibles entre eux. Comme propose Holzer, un défi pour le BIM est la standardisation d'un format numérique favorisant le pont entre tous les logiciels BIM.

> One scope for BIM is the seamless integration of information through a standardized format. At the current state of development this implies the capability to bridge the interoperability-gap that exists between distinct software tools (Holzer, 2007) p.2.

En effet, à l'échelle d'un projet, les logiciels des différents intervenants doivent être compatibles pour les échanges de l'information tout au long du cycle de vie du projet (Holzer, 2012). À l'échelle d'une entreprise, l'enjeu est de définir un système de logiciels et d'infrastructure appropriés pour les usages BIM identifiés dans la stratégie. Par exemple, chez le sous-traitant, les logiciels d'extraction de dessins d'atelier peuvent être incompatibles avec les logiciels pour l'exécution des plans et devis des ingénieurs. Bref, la compatibilité entre les logiciels au sein d'une organisation et entre les intervenants dans un projet de construction est un défi majeur pour l'implémentation BIM. La catégorie de l'infrastructure se résume en quatre indicateurs génériques :

Indicateur 3.1 Les logiciels (Software);

Indicateur 3.2 Les équipements technologiques (Hardware);

Indicateur 3.3 Le déploiement de l'infrastructure;

Indicateur 3.4 Les espaces physiques.

Et en un indicateur spécifique à l'entrepreneur :

Indicateur 3.5 Équipements technologiques sur le chantier.

Le Tableau 4.19 résume les indicateurs et les descripteurs de la catégorie des infrastructures. Chacun des indicateurs et leurs descripteurs seront décrits dans les sections suivantes.

Tableau 4.19 Indicateurs et descripteurs de la catégorie de l'infrastructure

3	Infrastructure	0 Non-existant	1 Initial	2 Défini	3 Géré | Partagé	4 Formalisé	5 Optimisé
3.1	Logiciels (software)	Aucun logiciel compatible BIM	Logiciels capables de lire des fichiers BIM	Système de base de logiciels BIM	Système avancé de logiciels compatibles BIM	Utilisation de systèmes de logiciels compatibles avec les autres intervenants	Programme établi pour évoluer avec le marché des logiciels BIM
3.2	Équipements technologiques (hardware)	Équipement technologique inadéquat	Quelques équipements pouvant assurer l'utilisation de logiciel(s) BIM	Tous les équipements pouvant assurer l'utilisation de logiciel(s) BIM	Matériels adaptés pour soutenir les usages et pratiques	Matériels adaptés aux usages et pratiques et utilisation de technologies mobiles et collaborative	Programme établi pour évoluer les équipements technologiques avec le marché requis
3.3	Déploiement de l'infrastructure	Aucune infrastructure BIM	L'entreprise expérimente une infrastructure BIM via un ou plusieurs projets-pilotes tout en gardant son ancienne infrastructure	L'entreprise définit une infrastructure hybride entre l'ancienne et la nouvelle infrastructure BIM	L'entreprise applique sa nouvelle infrastructure dans quelques-unes de ses départements	L'entreprise applique sa nouvelle infrastructure pour tous ces départements	La firme encourage les autres firmes d'utiliser les infrastructures BIM sur tous les projets et développe ses propres API
3.4	Espace physique	Aucun espace dédié pour pratiquer le BIM	Appropriation ad hoc des espaces pour pratiquer le BIM	Quelques espaces de travail pour pratiquer le BIM	Espace(s) BIM pour la collaboration avec des écrans de proportions adéquates	Espace(s) BIM pour la collaboration, la visualisation et la coordination avec des outils de visualisation adaptées	Programme établi pour évoluer avec les méthodes des installations BIM
3.5	**ENTREPRENEUR** Équipements technologiques sur le chantier	Infrastructure informatique traditionnelle du chantier	L'entreprise expérimente une infrastructure BIM via un ou plusieurs projets-pilotes tout en gardant son ancienne infrastructure	L'entreprise définit une infrastructure hybride entre l'ancienne et la nouvelle infrastructure BIM	Contrôle et suivi des avancements des maquettes BIM via un cadre numérique par l'utilisation de technologies mobiles	Cadre numérique avancé et collaboratif pour assurer une gestion complète du chantier	Programme de mise à jour et évolution des méthodes de gestion BIM du chantier selon les avancées

Les indicateurs génériques sont définis dans les sections suivantes.

Indicateur 3.1 Les logiciels (Software)

Suite aux problématiques d'interopérabilité, les descripteurs concernant les systèmes de logiciels BIM nécessitent d'être compatible lorsque le niveau partagé est atteint afin d'assurer

son partage au sein d'une équipe de projet. Les logiciels à utiliser pour un projet BIM et leurs compatibilités sont à discuter en début de projet. Les logiciels et les formats doivent être inclus au PGB. Cet indicateur et ces descripteurs ont été adaptés du modèle de l'OBIMA (Tableau 4.20).

Tableau 4.20 Premier indicateur de la catégorie infrastructure : les logiciels (software)

Infrastructure	**0** **Non-existant**	**1** **Initial**	**2** **Défini**	**3** **Géré | Partagé**	**4** **Formalisé**	**5** **Optimisé**
Logiciels (software)	Aucun logiciel compatible BIM	Logiciels capables de lire des fichiers BIM	Système de base de logiciels BIM	Système avancé de logiciels compatibles BIM	Utilisation de systèmes de logiciels compatibles avec les autres intervenants	Programme établi pour évoluer avec le marché des logiciels BIM

Indicateur 3.2 Les équipements technologiques

Les systèmes de logiciels BIM nécessitent des infrastructures technologiques assez puissantes pour assurer le plein potentiel des technologies. Cet indicateur et ces descripteurs ont été adaptés du modèle de l'OBIMA (Tableau 4.21).

Tableau 4.21 Deuxième indicateur de la catégorie infrastructure : les équipements technologiques (Hardware)

Infrastructure	**0** **Non-existant**	**1** **Initial**	**2** **Défini**	**3** **Géré | Partagé**	**4** **Formalisé**	**5** **Optimisé**
Équipements technologiques (hardware)	Équipement technologique inadéquat	Quelques équipements pouvant assurer l'utilisation de logiciel(s) BIM	Tous les équipements pouvant assurer l'utilisation de logiciel(s) BIM	Matériels adaptés pour soutenir les usages et pratiques	Matériels adaptés aux usages et pratiques et utilisation de technologies mobiles et collaboratives	Programme établi pour évoluer les équipements technologiques avec le marché requis

Indicateur 3.3 Le déploiement de l'infrastructure

Le déploiement de l'infrastructure fait référence à la gestion de la transition entre les nouvelles et anciennes infrastructures. En effet, la transition entre les infrastructures traditionnelles et les infrastructures BIM implique une notion d'hybridité entre les deux infrastructures. En devenant de plus en plus mature, l'entreprise applique la nouvelle infrastructure BIM à tous ses départements. De plus, pour l'optimiser, ils utilisent ses propres interfaces de

programmation également nommée « Application Programming Interface (API) » pour adapter et optimiser les infrastructures à sa vision BIM, à ses besoins et usages. Cet indicateur est nouveau (Tableau 4.22).

Tableau 4.22 Troisième indicateur de la catégorie infrastructure : le déploiement de l'infrastructure

Infrastructure	0 Non-existant	1 Initial	2 Défini	3 Géré | Partagé	4 Formalisé	5 Optimisé
Le déploiement de l'infrastructure	Aucune infrastructure BIM	L'entreprise expérimente une infrastructure BIM via un ou plusieurs projets-pilotes tout en gardant son ancienne infrastructure	L'entreprise définit une infrastructure hybride entre l'ancienne et la nouvelle infrastructure BIM	L'entreprise applique sa nouvelle infrastructure dans quelques-unes de ses départements	L'entreprise applique sa nouvelle infrastructure pour tous ces départements	La firme encourage les autres firmes d'utiliser les infrastructures BIM sur tous les projets et développe ses propres API

Indicateur 3.4 Les espaces physiques

L'indicateur et ses descripteurs de l'espace physique, définis par les espaces adéquats pour faciliter les usages et la collaboration BIM, ont été adaptés du modèle de l'OBIMA (Tableau 4.23).

Tableau 4.23 Quatrième indicateur de la catégorie infrastructure : les espaces physiques

Infrastructure	0 Non-existant	1 Initial	2 Défini	3 Géré | Partagé	4 Formalisé	5 Optimisé
Espaces physiques	Aucun espace dédié pour pratiquer le BIM	Appropriation ad hoc des espaces pour pratiquer le BIM	Quelques espaces de travail pour pratiquer le BIM	Espace(s) BIM pour la collaboration avec des écrans de proportions adéquates	Espace(s) BIM pour la collaboration, la visualisation et la coordination avec des outils de visualisation adaptées	Programme établi pour évoluer avec les méthodes des installations BIM

Pour cette catégorie, un seul indicateur a été défini spécifique à un intervenant. Ici, **l'entrepreneur**, s'occupant des installations du chantier, doit être en mesure de répondre à un indicateur supplémentaire. L'indicateur spécifique à l'entrepreneur est défini dans la section suivante.

Indicateur 3.5 Entrepreneur : Les équipements technologiques sur le chantier

Les équipements technologiques permettant le BIM sont nombreux. Ces équipements doivent assurer la collaboration et la gestion BIM lors du chantier. Les technologies mobiles ainsi que des tables et écrans interactifs peuvent faciliter la collaboration via les technologies BIM. Ils peuvent également utiliser des lasers-scanneurs ou des drones pour assurer un suivi du chantier. Ils sont donc responsables de fournir cet équipement technologique sur le chantier. Lors de l'analyse des données, la mention des équipements technologiques sur le chantier a été mentionnée par divers intervenants. Selon eux, cet aspect est de la responsabilité BIM de l'entrepreneur. La mention des infrastructures sur le chantier favorise l'accessibilité aux outils technologiques afin de pratiquer le BIM en chantier et de favoriser la collaboration et le partage de donnée BIM entre les espaces de bureau et le site. Cet indicateur est nouveau (Tableau 4.24).

Tableau 4.24 Premier indicateur spécifique de la catégorie infrastructure : pour l'entrepreneur - les équipements technologiques sur le chantier

Infrastructure	0 Non-existant	1 Initial	2 Défini	3 Géré | Partagé	4 Formalisé	5 Optimisé
ENTREPRENEUR Équipements technologiques sur le chantier	Infrastructure BIM inexistante	L'entreprise expérimente une infrastructure BIM via un ou plusieurs projets-pilotes tout en gardant son ancienne infrastructure	L'entreprise définit une infrastructure hybride entre l'ancienne et la nouvelle infrastructure BIM	Infrastructure de contrôle et de suivi du chantier à l'aide des technologies BIM	Infrastructure avancée et collaborative pour assurer une gestion BIM complète du chantier	Programme de mise à jour et évolution des méthodes de gestion BIM du chantier selon les avancées technologiques

4.2.5 Formalisation de modélisation

La quatrième catégorie, la formalisation de modélisation, réfère à la qualité et le contrôle de l'information géométrique et non géométrique introduit et échangé via un cadre numérique. Elle évalue également l'alignement des standards de formalisation de l'entreprise avec ce que suggèrent les standards de l'industrie. La standardisation et la gestion de l'information modélisée sont capitales pour faciliter l'échange de l'information via un cadre collaboratif et numérique. Puisque le BIM propose la centralisation des modèles numériques via une

plateforme collaborative, la formalisation de l'information modélisée doit être partagée entre les intervenants.

> In order to work toward integrated practice we require intensive dialogue with the end parties who receive our information to understand their work methodology, skill sets and the way interface data (be it design, analysis or production).(Holzer, 2007) p.6.

En début de projet, il est primordial de définir les besoins de tous les individus, organisations et disciplines interagissant avec les maquettes numériques. Une fois l'information nécessaire définie, la collaboration et la diffusion de l'information dans le projet sont facilitées. L'échange d'information est documenté pour standardiser la création de l'information. La facilité d'accès aux divers types d'information permet notamment de faciliter la communication et limiter la perte d'information. La principale cause de la perte d'information est l'ignorance par rapport aux besoins des autres disciplines (Froese, 2010).

Habituellement, dans le cadre d'un projet de construction, **un plan de gestion BIM** est utilisé pour y intégrer les informations à partager à travers les phases du cycle de vie du projet. Parmi ses informations, on retrouve les matrices détaillant le **niveau de développement** et **l'arborescence des composantes**, les **règles de modélisation**, les processus, les contraintes BIM et toutes autres informations pertinentes pour faciliter les échanges d'information BIM. Notamment, les manuels et les méthodes de fabrication devraient être inclus afin d'assurer l'intégration de la chaîne d'approvisionnement (Taylor et Bernstein, 2009 ; Eastman *et al.*, 2010). La catégorie de la formalisation de modélisation se définit en quatre indicateurs génériques à tous les intervenants :

Indicateur 4.1 L'arborescence des composantes ou « Model Element Breakdown (MEB) »;
Indicateur 4.2 Le niveau de développement ou « Level of Development(LOD) »;
Indicateur 4.3 Les règles de modélisation;
Indicateur 4.4 La synchronisation des bases de données.

Trois indicateurs, soit un spécifique du sous-traitant et l'autre au manufacturier, ont été identifiés. L'indicateur pour le gestionnaire d'immeuble a été calqué de l'OBIMA.

Indicateur 4.5 Pour le gestionnaire d'immeuble : les données des établissements;
Indicateur 4.6 Pour le sous-traitant : la standardisation des objets;
Indicateur 4.7 Pour le manufacturier : Nomenclature ou « Bill of Material (BOM) ».

Le Tableau 4.25 résume les indicateurs et les descripteurs de la catégorie de la formalisation de modélisation. Chacun des indicateurs et leurs descripteurs seront décrits dans les sections suivantes.

Tableau 4.25 Indicateurs et descripteurs de la catégorie de la formalisation de modélisation

4	**Formalisation de modélisation**	**0 Non-Existant**	**1 Initial**	**2 Défini**	**3 Géré | Partagé**	**4 Formalisé**	**5 Optimisé**
4.1	Arborescence des composantes (MEB)	Aucune arborescence définie de manière cohérente	Le MEB est défini, mais pas standardisé à l'ensemble de l'entreprise	Le MEB est défini et standard à l'ensemble de l'entreprise	Les standards MEB s'alignent avec les standards de l'industrie	Le MEB évolue selon les standards de l'industrie	Les modifications du MEB standard industriel sont proposées
4.2	Niveau de développement (LOD)	Aucun niveau de détails défini	LOD identifié, mais pas standardisé à l'ensemble de l'entreprise	LOD est défini et standardisé à l'ensemble de l'entreprise	Les standards LOD s'alignent avec les standards de l'industrie	LOD défini selon le MVD et le IDM (Information Delivery Manual/Model View Definition)	Les modifications du MVD et IDM industriel sont proposées
4.3	Règles de modélisation	Absence de règles de modélisation	Règles de modélisation décentralisée et ad hoc	Définition de certaines règles de modélisation par départements ou antennes	Partage des règles de modélisation standardisées au sein de l'organisation	Règles de modélisation inter-organisationnelles documentées dans le PGB	Mise à jour des règles de modélisation selon les usages

Tableau 4.25 Indicateurs et descripteurs de la catégorie de la formalisation de modélisation (Suite)

4	Formalisation de modélisation	0 Non-Existant	1 Initial	2 Défini	3 Géré | Partagé	4 Formalisé	5 Optimisé
4.4	Synchronisation des bases de données	Aucune base de données	Décentralisation des bases de données	Synchronisation des bases de données par département	Synchronisation des bases de données pour tous les départements	Compatibilité des échanges de l'information via une plate-forme de communication et d'échange de données	Plateforme qui comprend toutes les passerelles pour synchroniser l'information entre les départements et les bases de données
4.5	**GESTIONNAIRE D'IMMEUBLE** Données des établissements	Aucune donnée répertoriée sur les établissements	Les données des établissements sont décentralisées et ad hoc	Les données des établissements sont définies, mais non partagées	Les données des établissements s'alignent avec les standards de l'industrie	Les données des établissements sont alignées avec les standards ouverts	Les données des établissements évoluent avec les standards ouverts
4.6	**SOUS-TRAITANT** Standardisation des objets	Aucune standardisation des objets	Utilisation ad hoc des objets modélisés	Utilisation de certains objets modélisés avec les standards du fournisseur	Utilisation de tous les éléments modélisés standardisés du fournisseur	Collaboration avec les fournisseurs et manufacturiers pour standardiser des objets sur mesure	Modification et proposition d'évoluer les standards avec les manufacturiers
4.7	**MANUFACTURIER** Nomenclature (BOM)	Aucune nomenclature définie	La nomenclature n'est définie, mais pas standardisée à l'ensemble de l'entreprise	La nomenclature est définie et standard à l'ensemble de l'entreprise	Les standards de nomenclature s'alignent avec les standards de l'industrie et le MEB	Les standards de nomenclature évoluent selon les standards de l'industrie	Les modifications des nomenclatures standards sont proposées

Indicateur 4.1 L'arborescence des composantes

L'arborescence des composantes ou « *Model Element Breakdown (MEB)*» est définie par plusieurs standards BIM. Dans la plupart des standards, ceux-ci se réfèrent aux standards de l'industrie de la construction, tels que le Uniformat ou le Masterformat, pour classifier les composantes de la maquette numérique par rapport aux composantes réelles nécessaires à la réalisation du bâtiment fini (Computer Integrated Construction Research Program (CICRG), 2012). Par exemple, le MEB classifie les composantes de structure sous les termes de poutres, colonnes et connecteurs. En classifiant les éléments de la maquette selon un standard, les échanges de l'information et la propriété des éléments peuvent être plus facilement définis et

documentés. Cet indicateur et ces descripteurs ont été adaptés du modèle de l'OBIMA (Tableau 4.26).

Tableau 4.26 Premier indicateur de la catégorie formalisation de modélisation : l'arborescence des composantes ou « *Model Element Breakdown (MEB)* »

Formalisation de modélisation	**0 Non-existant**	**1 Initial**	**2 Défini**	**3 Géré | Partagé**	**4 Formalisé**	**5 Optimisé**
Arborescence des composantes (MEB)	Aucune arborescence définie de manière cohérente	Le MEB est défini, mais n'est pas standardisé à l'ensemble de l'entreprise	Le MEB est défini et standard à l'ensemble de l'entreprise	Les standards MEB s'alignent avec les standards de l'industrie	Le MEB évolue selon les standards de l'industrie	Les modifications du MEB standard industriel sont proposées

Indicateur 4.2 Le niveau de développement

Le niveau de développement ou « *Level of Development (LOD)* » définit la quantité d'information géométrique et non géométrique à insérer dans un modèle 3D. La Figure 4.2 décrite le standard généralement utilisé pour définir le niveau de détail est le Level of Development défini par le BIM Forum.

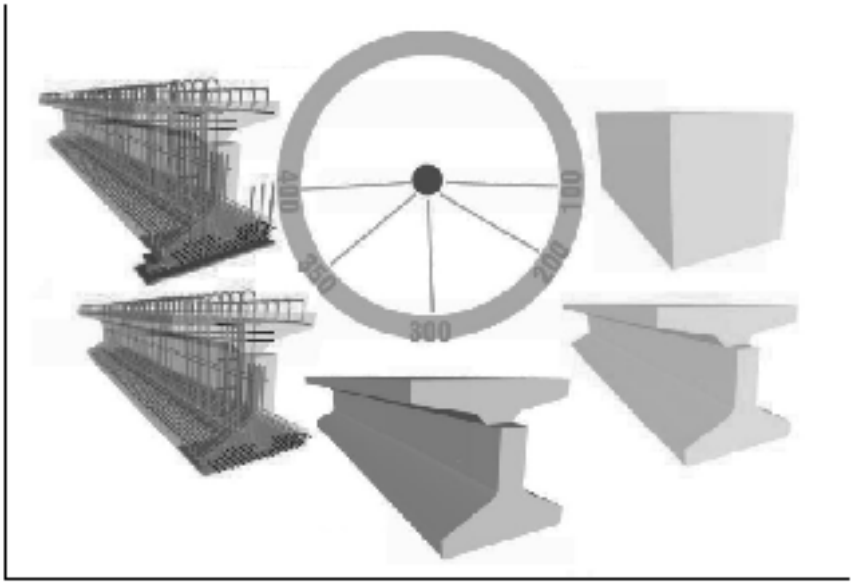


Figure 4.2 Niveau de développement
Tirée de BIM Forum (2016, p.1)

De manière générale, le LOD fait référence au niveau de schématisation ou de détail des éléments modélisé dans le modèle 3D. Celui-ci est également classé selon l'utilisation du BIM au travers des phases du projet et des usages. Le LOD se définit entre 100 à 400. De 100-200, les données sont géométriques et schématiques. Les éléments non géométriques sont généralement ajoutés au LOD 300. Le MVD et le IDM (Information Delivery Manual/Model View Definition) sont des manuels et méthodes proposées par Eastman (Eastman *et al.*, 2010) pour assurer l'échange de l'information au travers de la chaîne d'approvisionnement. Il suggère de standardiser les processus de fabrication et d'utiliser ses processus comme référence auprès de tous les autres intervenants pour s'assurer que le modèle numérique réponde aux besoins des fabricants et que la maquette contienne l'information nécessaire. Cet indicateur et ces descripteurs ont été adaptés du modèle de l'OBIMA (Tableau 4.27).

Tableau 4.27 Deuxième indicateur de la catégorie formalisation de modélisation : le niveau de développement ou « *Level of Development(LOD)* »

Formalisation de modélisation	**0 Non-existant**	**1 Initial**	**2 Défini**	**3 Géré | Partagé**	**4 Formalisé**	**5 Optimisé**
Niveau de développement (LOD)	Aucun niveau de détails défini	LOD identifié, mais pas standardisé à l'ensemble de l'entreprise	LOD est défini et standardisé à l'ensemble de l'entreprise	Les standards LOD s'alignent avec les standards de l'industrie	LOD défini selon le MVD et l'IDM (Information Delivery Manual/Model View Definition)	Les modifications du MVD et IDM industriel sont proposées

Indicateur 4.3 Les règles de modélisation

Les règles de modélisation font référence à la standardisation des méthodes de modélisation dans un le modèle numérique. En effet, plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour modéliser une même composante du bâtiment. En formalisant et en améliorant les meilleures pratiques de modélisation, la qualité de l'information est contrôlée et fiable. La plupart des entreprises définissent des protocoles de modélisation, une bibliothèque d'objets géométriques et des gabarits de début de projet pour assurer la présence des informations nécessaires pour effectuer les usages. Ces protocoles permettent d'établir un standard selon la philosophie de l'entreprise. Cependant pour assurer l'intégration de la chaîne d'approvisionnement, les règles de modélisation devraient être partagées entre les intervenants pour faciliter les usages interdisciplinaires. En effet, une interdépendance entre les systèmes des bâtiments semble

exigée des contraintes de modélisation envers les autres disciplines. Par exemple, l'ingénieur en ventilation dépend de la performance de l'isolation des façades pour optimiser son système. Or, l'isolation des façades est incluse dans le rôle de l'architecte. La collaboration entre les disciplines est donc nécessaire pour optimiser les systèmes complémentaires. Bref, l'information nécessaire pour performer les usages interdisciplinaires doit être formalisée et approuvée par les intervenants afin de s'entendre sur des règles de modélisation standard. Ces règles devraient être intégrées au plan de gestion BIM.

Une autre problématique soulignée est le manque de confiance envers les informations intégrées dans un modèle 3D. En effet, lorsque l'information n'est pas gérée ni standardisée, celle-ci est placée de manière ad hoc dans le modèle. Ainsi, il survient un manque de précision et de cohérence dans l'intégration des informations. Par exemple, pour une composante d'un bâtiment, des éléments contiennent une information trop détaillée et d'autres sont incomplets. Les modèles numériques BIM contiennent énormément d'informations et leur gestion nécessite une habilitée dans la gestion des logiciels (Dossick et Neff, 2010). Un rôle doit être déterminé pour gérer et coordonner l'information dans les modèles pour chacune des disciplines (Holzer, 2012). De plus, pour assurer le respect des informations à modéliser, des règles de modélisation devraient être définies entre tous les intervenants et dans le plan de gestion BIM. Bref, la qualité et la quantité d'information sont deux aspects importants à considérer lors de la formalisation de modélisation. Cet indicateur a été adapté du BIMMM (Tableau 4.28).

Tableau 4.28 Troisième indicateur de la catégorie formalisation de modélisation : les règles de modélisation

Formalisation de modélisation	**0 Non-existant**	**1 Initial**	**2 Défini**	**3 Géré | Partagé**	**4 Formalisé**	**5 Optimisé**
Règles de modélisation	Absence de règles de modélisation	Règles de modélisation décentralisée et ad hoc	Définition de certaines règles de modélisation par départements ou antennes	Partage des règles de modélisation standardisées au sein de l'organisation	Règles de modélisation interorganisationnelles documentées dans le PGB	Mise à jour des règles de modélisation selon les usages

Indicateur 4.4 La synchronisation des bases de données

Lors de l'implémentation BIM, un défi identifié est l'interopérabilité entre les logiciels, mais également entre les bases de données. En effet, une portion de l'information requise lors d'un projet de construction ne peut être intégrée dans les systèmes de logiciels BIM sous forme de données géométriques. De plus, de nombreux systèmes de logiciels traditionnels, notamment les systèmes administratifs, ne sont pas compatibles avec les logiciels BIM. Ainsi, l'indicateur sur la synchronisation des bases de données considère la synchronisation des données numériques entre les systèmes de logiciels. En effet, en créant des ponts entre les systèmes de données géométriques et les bases de données non géométriques, l'information est non seulement accessible, mais elle peut être également comptabilisée, mesurée et contrôlée. Par exemple, le système de commande des matières premières du manufacturier pourrait être compatible avec le modèle numérique BIM. Ainsi, l'information des commandes pourrait être reliée avec les composantes géométriques du modèle. Bref, en centralisant l'information par la synchronisation des bases de données, celle-ci peut-être également partagée entre les intervenants d'un projet et ainsi faciliter la communication. L'idéal serait de pouvoir synchroniser les bases de données avec les autres intervenants. Cependant, la confidentialité et la compétitivité du marché rendent cette idée utopique. Cet indicateur est nouveau (
Tableau 4.29).

Tableau 4.29 Quatrième indicateur de la catégorie formalisation de modélisation : la synchronisation des bases de données

Formalisation de modélisation	0 Non-existant	1 Initial	2 Défini	3 Géré | Partagé	4 Formalisé	5 Optimisé
Synchronisation des bases de données	Aucune base de données	Décentralisation des bases de données	Synchronisation des bases de données par département	Synchronisation des bases de données pour tous les départements	Compatibilité des échanges de l'information via une plate-forme de communication et d'échange de données	Plateforme qui comprend toutes les passerelles pour synchroniser l'information entre les départements et les bases de données

Pour cette catégorie, trois indicateurs ont été définis spécifiques à un intervenant. Le **gestionnaire d'immeuble**, le **sous-traitant** et le **manufacturier** ont chacun un indicateur spécifique défini aux sections suivantes.

Indicateur 4.5 Pour le Gestionnaire d'immeuble : Les données des établissements

Puisque le gestionnaire d'immeuble n'a pas été étudié, cet indicateur spécifique a été calqué de l'OBIMA (Tableau 4.30).

Tableau 4.30 Premier indicateur spécifique de la catégorie formalisation de modélisation : pour le gestionnaire d'immeuble : les données des établissements

Formalisation de modélisation	0 Non-existant	1 Initial	2 Défini	3 Géré | Partagé	4 Formalisé	5 Optimisé
GESTIONNAIRE D'IMMEUBLE Données des établissements	Aucune donnée répertoriée sur les établissements	Les données des établissements sont décentralisées et ad hoc	Les données des établissements sont définies, mais non partagées	Les données des établissements s'alignent avec les standards de l'industrie	Les données des établissements sont alignées avec les standards ouverts	Les données des établissements évoluent avec les standards ouverts

Indicateur 4.6 Pour le Sous-traitant : La standardisation des objets

Lors de l'évaluation chez les sous-traitants, la possibilité de standardiser les objets modélisés a été soulevée. En effet, en assurant la boucle de communication de l'information par des composantes géométriques d'un modèle 3D, la plateforme BIM permet d'assurer la présence d'indicateurs modélisés utilisant les standards de fabrications et des fournisseurs de la pièce. Les objets des manufacturiers ne peuvent généralement pas être ajoutés en conception puisque les systèmes ne sont pas encore assez détaillés pour sélectionner un objet standardisé. Cette information peut également être réutilisée lors de l'exploitation du bâtiment. Ces objets devraient être utilisés et référencés dans les MVD et les IDM (Information Delivery Manual/Model View Definition) utilisés pour le projet (*Voir* l'indicateur Niveau de développement). Cet indicateur est nouveau (Tableau 4.31).

Tableau 4.31 Deuxième indicateur spécifique de la catégorie formalisation de modélisation : pour le sous-traitant : la standardisation des objets

Formalisation de modélisation	0 Non-existant	1 Initial	2 Défini	3 Géré | Partagé	4 Formalisé	5 Optimisé
SOUS-TRAITANT Standardisation des objets	Aucune standardisation des objets	Utilisation ad hoc des objets modélisés	Utilisation de certains objets modélisés avec les standards du fournisseur	Utilisation de tous les éléments modélisés standardisés du fournisseur	Collaboration avec les fournisseurs et manufacturiers pour standardiser des objets sur mesure	Modification et proposition d'évoluer les standards avec les fournisseurs et les manufacturiers

Indicateur 4.7 Pour le manufacturier : La nomenclature

L'avantage du BIM pour les manufacturiers est de réduire l'utilisation du papier dans les usines et de fabriquer des pièces grâce au contrôle numérique dit *CNC (Computer Numerically Control)*. La préfabrication en passant par un cadre numérique est un atout pour améliorer la productivité de l'industrie de la construction (Vrijhoef et Koskela, 2000). L'information extraite des modèles permet de générer des **nomenclatures**, ou « Bill Of Material (BOM)» pour la fabrication 3D par contrôle numérique. En automatisant et standardisant les processus de fabrication, l'erreur est diminuée. Ainsi, l'importance d'insérer l'information dans la maquette lors de la phase de conception permettrait de détailler le travail et d'assurer un pont direct entre la maquette virtuelle et l'impression des pièces. La liste des matériels ou « *Bill of Material (BOM)* » décrit l'utilisation d'un standard de fabrication définit par l'entreprise ou par l'industrie pour la classification des pièces de fabrication selon leur quantité, leurs matériaux et leur numéro d'identification, etc. Les standards varient selon les spécialités des manufacturiers. De plus, il a été indiqué lors de l'évaluation dans certaines entreprises, l'absence de standard dans l'industrie pour une spécialité. Ainsi, l'entreprise n'a d'autres choix que de développer ses propres standards de nomenclature. Il s'agit donc d'une nomenclature définissant les pièces par un numéro d'identification. Cette obligation réduit les possibilités de standardiser le processus de fabrication dans l'industrie et de permettre l'intégration de la chaîne d'approvisionnement (Eastman *et al.*, 2010 ; Taylor et Bernstein, 2009). En utilisant un cadre numérique pour générer, gérer et contrôles les éléments de la liste des matériels, l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement pour la construction d'un bâtiment serait améliorer. La nomenclature devrait être référencée dans les MVD et les IDM (Information Delivery Manual/Model View Definition) utilisés pour le projet (*Voir* l'indicateur Niveau de développement). Pour les manufacturiers, le MEB était trop imprécis pour décrire ses composantes et objets modélisés. Cet indicateur est nouveau. Cependant, les descripteurs sont inspirés du MEB à cause de la similarité des indicateurs (Tableau 4.32).

Tableau 4.32 Troisième indicateur spécifique de la catégorie formalisation de modélisation : pour le manufacturier - la nomenclature

Formalisation de modélisation	0 Non-existant	1 Initial	2 Défini	3 Géré | Partagé	4 Formalisé	5 Optimisé
MANUFACTURIER Nomenclature	Aucune nomenclature définie	La nomenclature est définie, mais pas standardisée à l'ensemble de l'entreprise	La nomenclature est définie et standard à l'ensemble de l'entreprise	Les standards de nomenclature s'alignent avec les standards de l'industrie et le MEB	Les standards de nomenclature évoluent selon les standards de l'industrie	Les modifications des nomenclatures standards sont proposées

4.2.6 Formalisation des relations contextuelles

La dernière catégorie, la formalisation des relations contextuelles réfèrent à la capacité de l'entreprise à définir et à formaliser les relations inter et intra organisationnelles. Pour assurer l'intégration de la chaîne d'approvisionnement, la formalisation des relations contextuelles permet d'assurer la standardisation, la mesure et le contrôle de l'information au travers des phases du cycle de vie du projet. En effet, afin d'assurer la formalisation adéquate des relations, celle-ci doit être répertoriée selon les phases du projet. De plus, pour faciliter les échanges interdisciplinaires, la formalisation des usages devrait être indiquée dans un plan de gestion BIM lors du démarrage d'un projet. L'information modélisée doit également inclure les informations nécessaires pour les usages et les processus BIM. Un usage du BIM est défini par le CICRG comme "a method or strategy of applying Building Information Modeling during a facility's lifecycle to achieve one or more specific objectives" (Computer Integrated Construction Research Program (CICRG), 2012) p.30. Ces usages BIM peuvent être définis pour répondre aux besoins ou services d'une organisation. Ce type d'usage est appelé **usage intraorganisationnel**. Au sein d'un projet, les usages BIM sont définis entre tous les intervenants ou par une demande du client. Ce type d'usage est appelé **usage interorganisationnel**.

Pour opérationnaliser tous les types d'usages BIM, les activités et les informations partagées doivent être définies. Ceux-ci sont habituellement identifiés dans les cartographies des flux de travail en utilisant le langage du *Business Process Modeling Notation* (BPMN) pour illustrer

les relations contextuelles (Computer Integrated Construction Research Program (CICRG), 2012). En cartographiant les échanges d'information, les processus peuvent être optimisés et standardisés. Plusieurs clament qu'un projet de construction est unique. Cependant, certaines études suggèrent que 80% du travail est de nature répétitive (Egan, 1998). Ainsi, la standardisation des processus permettrait d'augmenter la performance des projets de construction. « Information and communication have always been important to AEC projects, yet approaches for managing information have generally been informal and ad-hoc" (Froese, 2006) p.231. En standardisant les processus selon les relations contextuelles, les échanges de l'information seraient facilités et contrôlés et la *collaboration BIM* assurée. L'information nécessaire devrait contenir tous les éléments d'un projet de construction : les tâches, la transaction de l'information et l'intégration des risques et problématiques ainsi que les informations BIM nécessaires pour les usages (Froese, 2006). Pour conclure, tous les types d'information nécessaires devraient être donc formalisés et partager avec tous les intervenants du projet pour faciliter la collaboration et l'échange de l'information à partir d'une plateforme collaborative BIM. En révisant les échanges d'information au sein d'un projet BIM par l'autoconfrontation, des concepts ont émergé, permettant de raffiner les résultats dans la grille de maturité (Strauss et Corbin, 1998). Les stades de maturité se calibrent en fonction de la capacité de l'entreprise à contrôler, formaliser et optimiser les relations contextuelles. Cette catégorie se divise en six indicateurs génériques à tous les intervenants :

Indicateur 5.1 Les usages intraorganisationnels;

Indicateur 5.2 Les processus intraorganisationnels;

Indicateur 5.3 Les usages interorganisationnels;

Indicateur 5.4 Les processus interorganisationnels;

Indicateur 5.5 Le plan de gestion BIM (PGB);

Indicateur 5.6 L'aptitude à collaborer.

Deux indicateurs, soit un spécifique à l'entrepreneur et l'autre au manufacturier, ont été identifiés.

Indicateur 5.7 **Pour l'entrepreneur :** le contrat BIM;

Indicateur 5.8 **Pour le manufacturier** : la gestion de l'achat.

Le Tableau 4.33 résume les indicateurs et les descripteurs de la catégorie de la formalisation des relations contextuelles. Chacun des indicateurs et leurs descripteurs seront décrits dans les sections suivantes.

Tableau 4.33 Indicateurs et descripteurs de la catégorie de la formalisation des relations contextuelles

5	Formalisation des relations contextuelles	0 Non-existant	1 Initial	2 Défini	3 Géré | Partagé	4 Formalisé	5 Optimisé
5.1	Usages intra-organisationnels	Aucun usage du BIM	Usages ad hoc	Usages intra-organisationnels définis	Usages intra-organisationnels définis et gérés selon le phasage	Formalisation des usages intra-organisationnelles selon le phasage dans le plan stratégique de l'entreprise	Mise à jour des usages intra-organisationnels selon les leçons apprises
5.2	Processus intra-organisationnels	Aucune procédure documentée	Certaines procédures sont documentées	Toutes les procédures sont documentées et certaines procédures sont partagées	Toutes les procédures sont documentées et partagées	Tous les processus sont définis, cartographiés et partagés	La performance est mesurée et les processus sont mis à jour régulièrement
5.3	Usages inter-organisationnels	Aucun usage du BIM	Usages ad hoc	Usages inter-organisationnels définis	Usages inter-organisationnels définis et gérés selon le phasage	Formalisation des usages inter-organisationnelles selon le phasage dans le PGB	Mise à jour des usages inter-organisationnels selon les leçons apprises
5.4	Processus inter-organisationnels	Aucune procédure documentée	Certaines procédures sont documentées à l'interne uniquement	Certains flots de travail sont documentés et certaines procédures sont partagées dans le PGB	Tous les flots de travail sont documentés et partagés dans le PGB	Tous les flots de travail sont définis, cartographiés et partagés dans le PGB	La performance est mesurée et les flots de travail sont mis à jour régulièrement
5.5	Planification de gestion BIM (PGB)	Aucune gestion des échanges BIM	Gestion ad hoc des échanges BIM	PGB incluant quelques intervenants de la chaîne d'approvisionnement selon le projet	PGB incluant tous les intervenants de la chaîne d'approvisionnement selon le projet	Formalisation des échanges BIM révisés s'accordant au plan stratégique de l'entreprise	Mise à jour du PGB selon les leçons apprises

Tableau 4.33 Indicateurs et descripteurs de la catégorie de la formalisation des relations contextuelles (Suite)

5	Formalisation des relations contextuelles	0 Non-existant	1 Initial	2 Défini	3 Géré | Partagé	4 Formalisé	5 Optimisé
5.6	Aptitude à collaborer	Aucune gestion de la collaboration	Collaboration limité	L'entreprise partage l'information avec quelques intervenants	L'entreprise partage l'information avec tous intervenants	L'entreprise est ouverte à la colocalisation	L'entreprise adopte la colocalisation dans tous ses projets d'envergure
5.7	ENTREPRENEUR Contrat BIM	Aucune modification aux contrats	Utilisation de contrats avec quelques adaptations BIM	Utilisation de contrats exigeant le BIM	Utilisation de contrats BIM	Mise à niveau régulière des contrats BIM	La firme s'implique avec le gouvernement pour réviser les clauses légales favorisant l'implémentation BIM
5.8	MANUFACTURIER Gestion de l'achat	Aucune gestion de l'achat	Suivi des intrants (matières premières) décentralisé	Localisation et suivi des intrants (matières premières) centralisé dans une base de données BIM	Intégration de quelques départements et partage minimal de la base de données BIM entre les départements ou antennes	Intégration des départements et partage de la base de données BIM entre les départements ou antennes	Intégration des fournisseurs, partage des bases de données BIM avec les fournisseurs externes

Indicateur 5.1 Les usages intraorganisationnels

Les usages intraorganisationnels du BIM dans l'organisation doivent être définis selon les objectifs de l'entreprise. Les usages opérationnels sont déterminés en fonction des services offerts par l'entreprise. Par exemple, si l'entreprise désire promouvoir des services de développement durable, il peut développer l'usage intraorganisationnel pour l'analyse par simulation énergétique dite 6D. Ainsi, les usages devraient être inclus dans le plan stratégique organisationnel (Tableau 4.34).

Tableau 4.34 Premier indicateur de la catégorie formalisation des relations contextuelles : les usages intraorganisationnels

Formalisation des relations contextuelles	0 Non-existant	1 Initial	2 Défini	3 Géré | Partagé	4 Formalisé	5 Optimisé
Usages intraorganisationnels	Aucun usage du BIM	Usages ad hoc	Usages intra-organisationnels définis	Usages intra-organisationnels définis et gérés selon le phasage	Formalisation des usages intra-organisationnelles selon le phasage dans le plan stratégique de l'entreprise	Mise à jour des usages intra-organisationnels selon les leçons apprises

Indicateur 5.2 Les processus intraorganisationnels

Les processus intraorganisationnels proposent la documentation des usages intraorganisationnels. Afin d'éviter une implantation ad hoc d'un changement organisationnel, de nombreuses entreprises analysent leur processus dans l'intention de les adapter au changement. Dans le changement organisationnel, l'utilisation d'une approche centrée sur les processus est priorisée. Plusieurs conseillent l'utilisation des formats de « *Business Process Model and Notation (BPMN)* », de « *Unified Modeling Language (UML)* » ou de la réingénierie de processus (PMI, 2013) puisqu'ils sont pratiques pour la comparaison et la visualisation de processus. Dans le cadre de cette étude, deux termes sont distingués :

Une **procédure** est une démarche à suivre, imposée et appliquée.
Un **processus** décrit une série d'activités, ses ressources et les informations nécessaires pour atteindre un résultat final en utilisant un format de notation pour permettre la comparaison, la visualisation et l'amélioration des processus.

Le PMI définit quelques étapes clés pour assurer la redéfinition des processus. Premièrement, il est important d'avoir un responsable du processus qui est membre de l'exécutif. Deuxièmement, le processus doit être développé et documenté. Dès que le processus est défini, il doit être communiqué aux personnes responsables d'implémenter le nouveau processus. Pour finir, les processus doivent s'appliquer à travers l'organisation. Les processus doivent ensuite être mesurés pour calculer son efficacité et son effectivité. Pour quantifier la qualité et les contributions du processus, les éléments et activités critiques doivent être identifiés et calculés. Une fois le processus mesuré, le contrôle assure le suivi des bonnes pratiques du processus. Enfin, le processus peut maintenant être amélioré de façon continue. Bref, pour assurer l'adoption de nouveaux processus, ceux-ci doivent être avant tout standardisés, mesurés et contrôlés. Cet indicateur est adapté de l'OBIMA (Tableau 4.35).

Tableau 4.35 Deuxième indicateur de la catégorie formalisation des relations contextuelles : les processus intraorganisationnels

Formalisation des relations contextuelles	0 Non-existant	1 Initial	2 Défini	3 Géré | Partagé	4 Formalisé	5 Optimisé
Processus intraorganisationnels	Aucune procédure documentée	Certaines procédures sont documentées	Toutes les procédures sont documentées et certaines procédures sont partagées	Toutes les procédures sont documentées et partagées	Tous les processus sont définis, cartographiés et partagés	La performance est mesurée et les processus sont mis à jour régulièrement

Indicateur 5.3 Les usages interorganisationnels

Les usages interorganisationnels du BIM sont particuliers au projet. Ceux-ci doivent être inclus dans le Plan de gestion BIM (PGB). L'importance des usages dans un projet BIM est la collaboration BIM interdisciplinaire afin d'optimiser les échanges d'information et de favoriser l'innovation dans les méthodes. Cet indicateur est adapté de l'OBIMA (Tableau 4.36).

Tableau 4.36 Troisième indicateur de la catégorie formalisation des relations contextuelles : les usages interorganisationnels

Formalisation des relations contextuelles	0 Non-existant	1 Initial	2 Défini	3 Géré | Partagé	4 Formalisé	5 Optimisé
Usages inter-organisationnels	Aucun usage du BIM	Usages ad hoc	Usages inter-organisationnels définis	Usages inter-organisationnels définis et gérés selon le phasage	Formalisation des usages inter-organisationnelles selon le phasage dans le PGB	Mise à jour des usages inter-organisationnels selon les leçons apprises

Indicateur 5.4 Les processus interorganisationnels

Les processus interorganisationnels représentent la formalisation et la cartographie de processus entre les divers intervenants. L'importance de ses processus est la cartographie des flots de travail et des échanges interdisciplinaires mentionnés dans le PGB. L'avantage de cartographier les processus est de mesurer la performance et favoriser la collaboration. Ces processus devraient être gérés tels que décrits dans l'indicateur des processus intraorganisationnel. Cet indicateur est adapté de l'OBIMA (Tableau 4.37).

Tableau 4.37 Quatrième indicateur de la catégorie formalisation des relations contextuelles : les processus interorganisationnels

Formalisation des relations contextuelles	0 Non-existant	1 Initial	2 Défini	3 Géré | Partagé	4 Formalisé	5 Optimisé
Processus interorganisationnels	Aucune procédure documentée	Certaines procédures sont documentées à l'interne uniquement	Certains flots de travail sont documentés et certaines procédures sont partagées dans le PGB	Tous les flots de travail sont documentés et partagés dans le PGB	Tous les flots de travail sont définis, cartographiés et partagés dans le PGB	La performance est mesurée et les flots de travail sont mis à jour régulièrement

Indicateur 5.5 Le plan de gestion BIM (PGB)

Le plan de la gestion BIM est un document regroupant la totalité des relations contextuelles des échanges BIM au sein d'un projet. Celui-ci est développé avec tous les intervenants du projet. Le but de ce plan est de mentionner les exigences nécessaires pour favoriser les échanges BIM de la phase de conception jusqu'à la phase d'opération. Dans le plan de gestion BIM, les usages, les processus, l'information de modélisation, l'interopérabilité des logiciels et les objectifs du projet devraient être cités. Les rôles et les responsabilités BIM de chacun ainsi que la planification BIM est également définie. Plusieurs modèles et exemples de plan de gestion BIM sont mentionnés dans la littérature. Il est donc difficile de déterminer le plan de gestion BIM exemplaire. Toutefois, tous s'entendent pour dire que l'objectif du PGB est facilité les échanges BIM et de mentionner toutes les informations nécessaires pour assurer la réussite du projet. Un plan de gestion BIM devrait être inclus dans tous les projets. Le PGB devrait également comprendre des notions abordées dans la catégorie de la formalisation de modélisation. Cet indicateur est adapté du BIMM (Tableau 4.38).

Tableau 4.38 Cinquième indicateur de la catégorie formalisation des relations contextuelles : le plan de gestion BIM (PGB)

Formalisation des relations contextuelles	0 Non-existant	1 Initial	2 Défini	3 Géré | Partagé	4 Formalisé	5 Optimisé
Plan de gestion BIM (PGB)	Aucune gestion des échanges BIM	Gestion ad hoc des échanges BIM	PGB incluant quelques intervenants de la chaîne d'approvisionnement selon le projet	PGB incluant tous les intervenants de la chaîne d'approvisionnement selon le projet	Formalisation des échanges BIM révisés s'accordant au plan stratégique de l'entreprise	Mise à jour du PGB selon les leçons apprises

Indicateur 5.6 L'aptitude à collaborer

La collaboration est essentielle pour assurer la qualité d'un projet de construction BIM. Cet indicateur divise donc l'aptitude à collaborer dans la culture de l'entreprise. Lorsque la maturité est atteinte, les projets se font de manière intégrée et collaborative. La colocalisation signifie de réunir tous les membres de l'équipe de projet dans un même environnement de travail pour faciliter les échanges et la collaboration. Cet indicateur a émergé lors de l'autoconfrontation et de l'étude des relations contextuelles (Tableau 4.39).

Tableau 4.39 Sixième indicateur de la catégorie formalisation des relations contextuelles : l'aptitude à collaborer

Formalisation des relations contextuelles	**0 Non-existant**	**1 Initial**	**2 Défini**	**3 Géré | Partagé**	**4 Formalisé**	**5 Optimisé**
Aptitude à collaborer	Aucune gestion de la collaboration	Collaboration limité	L'entreprise partage l'information avec quelques intervenants de la chaîne de l'approvisionnement	L'entreprise partage l'information avec tous intervenants de la chaîne de l'approvisionnement	L'entreprise est ouverte à la colocalisation	L'entreprise adopte la colocalisation dans tous ses projets d'envergure

Pour cette catégorie, deux indicateurs ont été définis spécifiques à un intervenant. Le **sous-traitant** et l'**entrepreneur** ont chacun un indicateur spécifique défini aux sections suivantes.

Indicateur 5.7 Pour l'entrepreneur : le contrat BIM

Dépendamment du mode contractuel, par exemple en conception-construction ou « Design Build », l'entrepreneur agit comme intégrateur de tous les autres intervenants. Il est donc impliqué dès le démarrage du projet et a la possibilité d'imposer le BIM, comme le client, sur le projet. Pour ce faire, il doit avoir un niveau de maitrise suffisant de gérer le processus de production et d'utilisation des maquettes BIM. Il doit aussi prévoir de rédiger des **contrats** avec des annexes ou exigences concernant les pratiques BIM.

Les modalités du contrat, si elles ne sont pas modifiées, réfèrent aux *pratiques traditionnelles*. Ainsi, les échanges BIM, le partage de l'information, les formalisations et les nouvelles

méthodes de collaboration n'y seront pas inclus. Cet indicateur suggère donc à l'entrepreneur général, lorsqu'il agit comme client envers les autres intervenants, qu'il modifie les contrats pour les adapter aux nouvelles contraintes légales associées au BIM. Les exigences contractuelles BIM devraient être révisées et adaptées pour tous les projets BIM. Le contrat BIM semble s'accorder à tous les clients (Elvin, 2007). Cet indicateur a été adapté du BIMMM (Tableau 4.40).

Tableau 4.40 Premier indicateur spécifique de la catégorie formalisation des relations contextuelles : pour l'entrepreneur - le contrat BIM

Formalisation des relations contextuelles	**0 Non-existant**	**1 Initial**	**2 Défini**	**3 Géré | Partagé**	**4 Formalisé**	**5 Optimisé**
ENTREPRENEUR Contrat BIM	Aucune modification aux contrats	Utilisation de contrats avec quelques adaptations BIM	Utilisation de contrats exigeant le BIM	Utilisation de contrats avec annexe sur les exigences BIM	Mise à niveau régulière des exigences BIM	La firme s'implique avec dans l'industrie pour réviser les clauses légales favorisant l'implémentation BIM

Indicateur 5.8 Pour le manufacturier : la gestion de l'achat

Les manufacturiers se situent à la fin de la chaîne d'approvisionnement. Les manufacturiers sont impliqués dans l'usinage et l'assemblage des pièces avant le chantier. Leur rôle est de gérer l'approvisionnement des matières premières ou secondaires et de les usiner en pièces à partir des dessins d'atelier des sous-traitants. Ils peuvent faire deux principaux types de composantes : des assemblages préfabriqués ou des composantes à assembler sur le chantier.

La gestion de l'approvisionnement se caractérise par le contrôle de la chaîne manufacturière de l'entrée des matières premières à la pièce finale via une plateforme centralisée BIM. Avec l'implémentation du BIM, les manufacturiers peuvent assurer **le suivi de leur achat**, des matières premières jusqu'au chantier avec un système reliant l'information de la maquette avec un GPS et un identifiant (ID) qui permet d'assurer un contrôle et un suivi optimisé (Eastman *et al.*, 2010). En effet, un des principaux avantages du BIM pour les manufacturiers est le suivi de l'achat des matières primaires jusqu'à leur livraison. Ainsi, cet indicateur définit la

performance des échanges entre les divers départements s'occupant de l'achat, de l'usinage, de la livraison, etc. Il s'agit d'un véritable défi pour le manufacturier puisqu'il doit s'assurer le pont entre des données virtuelles et de la localisation géographique à l'aide de RFID. Pour l'instant, les logiciels commerciaux ne permettent pas une telle intégration de l'information. L'entreprise doit donc développer ses propres interfaces de programmation (API) pour assurer la passerelle entre tous ses départements. Cet indicateur est adapté du BIMCMM (Tableau 4.41).

Tableau 4.41 Deuxième indicateur spécifique de la catégorie formalisation des relations contextuelles : pour le manufacturier – la gestion de l'achat

Formalisation des relations contextuelles	**0 Non-existant**	**1 Initial**	**2 Défini**	**3 Géré | Partagé**	**4 Formalisé**	**5 Optimisé**
MANUFACTURIER Gestion de l'achat	Aucune gestion de l'achat	Suivi des intrants (matières premières) décentralisé	Localisation et suivi des intrants (matières premières) centralisé dans une base de données BIM	Partage sur demande de la base de données BIM entre les départements ou antennes	Partage automatisé de la base de données BIM entre les départements ou antennes	Partage des bases de données BIM avec les intervenants externes

4.3 Analyse des indicateurs

Les multiples itérations pour la validation empirique du modèle dérivé de l'OBIMA ont fait qu'il a largement évolué lors de cette recherche. Le modèle de l'OBIMA est composé à la base de 18 indicateurs génériques. Le modèle de ce mémoire en contient vingt-cinq. De nouveaux indicateurs génériques donc ont également été identifiés. Les descripteurs des vingt-cinq indicateurs génériques ont également été révisés. En effet, comme mentionnés précédemment, les critères de maturité de l'OBIMA manquaient de rigueur par rapport aux relations verticales et horizontales des lignes de la grille. Cinq indicateurs spécifiques ont été ajoutés. Ainsi, treize nouveaux indicateurs ont été ajoutés par rapport au modèle de l'OBIMA. En effet, dans le SCBIMMM, deux indicateurs de l'OBIMA ont été joints en un seul. Les modifications entre l'OBIMA et le nouveau modèle de maturité sont plus clairement indiqués en annexe (*Voir ANNEXE IV*, p. 139). Le Tableau 4.42 compare les types d'indicateurs et leur quantité entre l'OBIMA et le nouveau modèle de maturité.

Tableau 4.42 Comparaison des types d'indicateurs

Modèle de maturité	**Type d'indicateurs**	**Quantité**
OBIMA	Générique	18
	Spécifique	2
	Total	**20**
SCBIMMM	Générique	25
	Spécifique	7
	Total	**32***

*un indicateur de l'OBIMA a été supprimé (voir p.103), ainsi, treize nouveaux indicateurs ont été identifiés

Pour faciliter l'adaptation des indicateurs et des descripteurs du modèle de l'OBIMA, les indicateurs du nouveau modèle de maturité sont comparés avec les sujets abordés par les autres modèles. Certains indicateurs ne sont discutés dans aucun modèle. Suite aux évaluations de maturité et de l'autoconfrontation, ces indicateurs ont été proposés pour ce nouveau modèle de maturité. Le Tableau 4.43 indique les nouveaux indicateurs du modèle de maturité.

Tableau 4.43 Les treize nouveaux indicateurs du SCBIMMM

Catégories	**Indicateurs**
Alignement Stratégique	Objectifs de l'entreprise
	Objectifs BIM
Alignement organisationnel	N/A
Infrastructure	Déploiement de l'infrastructure
	ENTREPRENEUR: Équipements technologiques sur le chantier
Formalisation de modélisation	Règles de modélisation
	Synchronisation des bases de données
	SOUS-TRAITANT : Standardisation des objets
	MANUFACTURIER: Nomenclature (BOM)
Formalisation des relations contextuelles	Usages intraorganisationnels
	Plan de gestion BIM (PGB)
	Aptitude à collaborer
	ENTREPRENEUR: Contrat BIM
	MANUFACTURIER: Gestion de l'achat

4.3.1 Les indicateurs spécifiques

Le nouveau modèle de maturité comprend maintenant sept indicateurs spécifiques. Le Tableau 4.44 illustre les indicateurs spécifiques selon les différents intervenants.

Tableau 4.44 Indicateur spécifique par discipline

Phase	**Intervenant**	**Quantité**
Planification	Architecte	0
	Ingénieur	0
Construction	Entrepreneur	2
	Sous-traitant	1
	Manufacturier	2
Exploitation	Gestionnaire d'immeuble	1
	Total	6

Aucun indicateur spécifique n'a été identifié pour répondre à la spécialité des intervenants de phase de planification, soit pour les architectes ou les ingénieurs. Ce type de résultats peut s'expliquer par la possibilité que ces disciplines de la phase de planification n'aient pas de tâches les distinguant des autres disciplines. En effet, ceux-ci planifient et analysent des concepts pour les systèmes des bâtiments. Par la suite, les autres disciplines raffinent et exécutent ce qu'ils ont initialement planifié. La tâche des disciplines de conception est donc de modéliser et documenter dans leur modèle numérique et intégrer l'information nécessaire pour assurer l'efficacité de la chaîne d'approvisionnement. Ensuite, les autres disciplines améliorent les modèles 3D et donc ils ont également besoin de définir des pratiques de modélisation se calquant sur les disciplines de la phase de planification. À l'opposée, les disciplines de la phase de construction ont comme tâche supplémentaire de rendre réel les données virtuelles BIM. Leurs tâches et responsabilités BIM sont donc plus spécifiques à leurs disciplines.

Un des objectifs spécifiques de la recherche est d'identifier les indicateurs de maturité spécifiques aux disciplines de la chaîne d'approvisionnement. Une découverte intéressante de

la recherche a été que la majorité des indicateurs de maturité s'applique à toutes les disciplines. Dans la construction du modèle de maturité, le souci était de répondre à toutes les disciplines lorsqu'ils effectuaient des tâches similaires. Par exemple, toutes les disciplines ont des usages particuliers. Ainsi, pour généraliser les besoins, le modèle de maturité prescrit des pratiques sur comment contrôler les usages et comment l'information est partagée entre les disciplines. Le modèle de maturité ne propose donc pas des pratiques spécifiques à des usages BIM, mais résume les bonnes pratiques pour faciliter des usages au sein d'un projet BIM. Un des indicateurs spécifiques de l'OBIMA est associé à l'usage du modèle pour la gestion des actifs immobiliers. Puisque cet indicateur est spécifique à un usage, il a été supprimé du nouveau modèle de maturité. Ainsi, les descripteurs et les indicateurs ont été construits pour être génériques aux disciplines. Dans la mesure du possible, cet effort se justifie par la nécessité d'uniformiser et standardiser les pratiques de diverses disciplines pour faciliter la collaboration et la communication au sein du projet. Les indicateurs génériques de l'OBIMA ont donc été révisés. Les modifications entre l'OBIMA et le nouveau modèle de maturité sont plus clairement indiqués en annexe (*Voir ANNEXE IV*, p. 139).

4.3.2 Comparaison avec les modèles de maturité existants

Puisque le modèle de l'OBIMA a été réadapté, quatre modèles existants, présentés lors de la revue de littérature, ont été sélectionnés pour enrichir le nouveau modèle de maturité. En effet, ces modèles proposent des indicateurs pouvant être réutilisés dans le modèle de maturité. Par exemple, lorsque de nouveaux concepts extraits du codage ouvert étaient découverts, une recherche dans ces modèles BIM existants a permis d'améliorer et de valider le nouvel indicateur et ses indicateurs. Le Tableau 4.45 présente les quatre modèles ayant inspiré les indicateurs et descripteurs du SCBIMMM.

Tableau 4.45 Modèles BIM existants ayant principalement inspiré le modèle de maturité

Modèles	**Auteurs**	**Échelle organisationnelle**	**Année**	**Types de modèle**	**Origine**	**Style d'évaluation**
BIMCMM	I-CMM et NIBS	Projet et organisation	2007	Matrice de maturité et modèle cumulatif	États-Unis	Certification
BIM Maturity Measure (BIMM)	Arup	Projet	2012	Matrice de maturité	États-Unis	Pointage
BIM Maturity Matrix (BIMMM)	Succar	Tous	2010	Matrice de maturité	Australie	Pointage
Organizational BIM Assessment (OBIMA)	CIC Research Group	Organisation - Clients	2012	Matrice de maturité	États-Unis	Pointage

Les styles d'évaluation
Certification = Certificat représentant le niveau BIM évalué
Moyenne = Moyenne de la somme des résultats des niveaux de maturité par indicateurs
Pourcentage = Moyenne des résultats sous forme de pourcentage
Pointage = Moyenne des résultats sous forme d'un pointage représentant un niveau de maturité générique

Le Tableau 4.46 compare chacun des indicateurs selon les modèles BIM existants. Ainsi, la discipline est inscrite dans le nom de l'indicateur en question. Une légende accompagne le tableau pour définir les symboles utilisés.

Tableau 4.46 Comparaison des indicateurs du SCBIMMM avec les modèles de maturité existants

Catégories	Indicateurs spécifiques et génériques du SCBIMMM	OBIMA	BIMMM	BIMCMM	BIMM ARUP	TYPE DE CATÉGORIE	AJOUT
Alignement stratégique	Mission de l'entreprise	●				G	
	Objectifs de l'entreprise	○				G	
	Vision BIM	●	●			G	
	Objectifs BIM	○				G	
	Support de la haute direction	●	●			G	
	Gestionnaire BIM	●			●	G	
	Comité de planification BIM	●				G	
Alignement organisationnel	Responsabilités BIM	●	●	●		G	
	Structure organisationnelle	●				G	
	Formation et Éducation	●	●			G	
	Adhésion	●				G	

Tableau 4.45 Comparaison des indicateurs du SCBIMMM avec les modèles de maturité existants (Suite)

Catégories	Indicateurs spécifiques et génériques du SCBIMMM	OBIMA	BIMMM	BIMCMM	BIMM ARUP	TYPE DE CATÉGORIE	AJOUT
Infrastructure	Logiciel (software)	●	●	●	●	G	
	Équipements technologiques (hardware)	●	●			G	
	Déploiement de l'infrastructure					G	A
	Espace physique	●	●			G	
	ENTREPRENEUR: Équipements technologiques sur le chantier					S	A
Formalisation de modélisation	Arborescence des composantes (MEB)[1]	●	●			G	
	Niveau de développement (LOD)[2]	●		●	●	G	
	Règle de modélisation		●	●		G	
	Synchronisation des bases de données					G	A
	GESTIONNAIRE D'IMMEUBLE : Données des établissements	●				S	
	SOUS-TRAITANT: Standardisation des objets					S	A
	MANUFACTURIER: Nomenclature (BOM)[3]					S	A
Formalisation des relations contextuelles	Usages organisationnels (généraux)			●		G	
	Processus organisationnels (généraux)	●		●		G	
	Usages spécifiques au projet	●		●	●	G	
	Processus spécifiques au projet	●				G	
	Aptitude à collaborer				●	G	
	Planification de gestion BIM (PGB)				●	G	
	ENTREPRENEUR: Contrat BIM		●		●	S	
	MANUFACTURIER: Gestion de l'achat			●		S	

S : Indicateur spécifique à un intervenant G : Indicateur générique à tous les intervenants
A : Indicateur jamais présenté dans les modèles de maturité
●: Sujet abordé sous forme d'indicateur ○ : Sujet abordé sous forme de descripteur
1 : Model Element Breakdown (MEB) 2 : Level of development (LOD) 3 : Bill of Materials (BOM)

Tel que démontré au Tableau 4.45, certains indicateurs, ajoutés au SCBIMMM, n'ont jamais été abordés dans les autres modèles de maturité. Cinq nouveaux indicateurs ont donc été ajoutés. Ceux-ci n'ont jamais présenté dans les modèles de maturité BIM. Ces indicateurs ont ainsi été identifiés lors de ce projet de recherche. Le Tableau 4.47 présente ces nouveaux indicateurs.

Tableau 4.47 Présentation des indicateurs ajoutés

Catégories	**Indicateurs**	**Type d'indicateur**
Infrastructure	Déploiement de l'infrastructure	Générique
	ENTREPRENEUR: Équipements technologiques sur le chantier	Spécifique
Formalisation de modélisation	Synchronisation des bases de données	Générique
	SOUS-TRAITANCE: Standardisation des objets	Spécifique
	MANUFACTURIER: Nomenclature (BOM)	Spécifique

4.4 L'outil de maturité

Un outil, comprenant le modèle de maturité et d'autres éléments, a été développé pour évaluer la maturité. Cet outil a été placé dans document Excel comprenant les neuf onglets décrits au Tableau 4.48.

Tableau 4.48 Descriptions des onglets du document Excel du modèle de maturité

Titre de l'onglet		
0	Page de présentation	Onglet décrivant le modèle, les définitions importantes et les instructions pour la compléter
1	Feuille de travail	Onglet où les résultats de l'évaluation sont comptabilisés
2	Résumé pondéré	Onglet où les résultats sont comptabilisés selon la pondération
3	Résumé de l'évaluation	Onglet comprenant les résultats de l'évaluation de maturité selon les principales catégories d'indicateurs
4	Alignement Stratégique	Onglet comprenant les résultats de l'évaluation de maturité selon les indicateurs de la catégorie de l'alignement stratégique
5	Alignement Organisationnel	Onglet comprenant les résultats de l'évaluation de maturité selon les indicateurs de la catégorie de l'alignement organisationnel
6	Infrastructure	Onglet comprenant les résultats de l'évaluation de maturité selon les indicateurs de la catégorie de l'infrastructure
7	Formalisation de modélisation	Onglet comprenant les résultats de l'évaluation de maturité selon les indicateurs de la catégorie de la formalisation de modélisation
8	Formalisation des relations contextuelles	Onglet comprenant les résultats de l'évaluation de maturité selon les indicateurs de la catégorie de la formalisation des relations contextuelles

Pour chacun des onglets (3 à 8) affichant les résultats de l'évaluation de maturité, un diagramme de Kiviat est utilisé pour pouvoir faciliter la comparaison des résultats. Ce type de diagramme est utilisé fréquemment pour illustrer les résultats d'une évaluation de la maturité puisqu'il permet d'isoler les catégories ou les indicateurs et faire ressortir les forces et les faiblesses de l'entreprise (Renken, 2004). La Figure 4.3 est l'exemple d'un résultat de l'évaluation de la maturité chez le manufacturier (*Voir* ANNEXE VI, p. 157) présenté au troisième onglet. Le reste de cette évaluation est présenté en annexe.

.

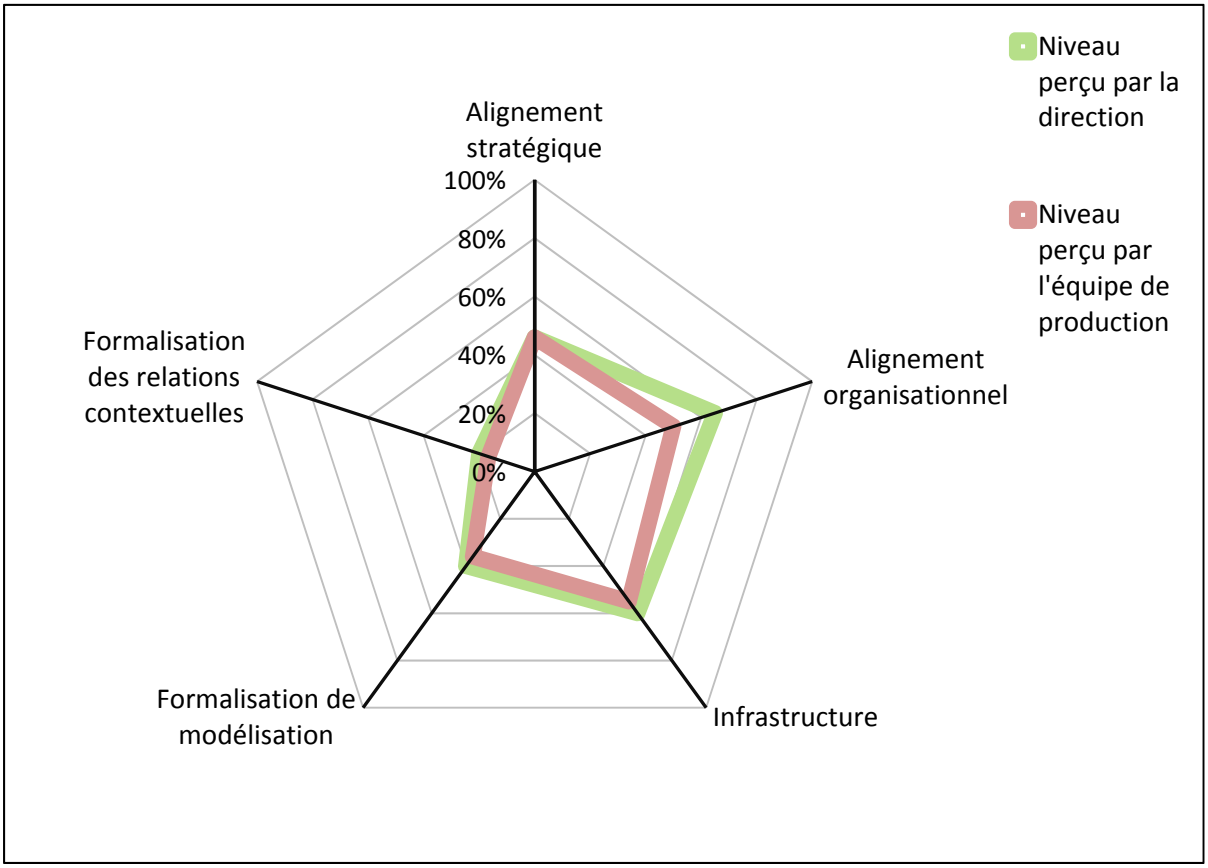


Figure 4.3 Exemple de résultats d'une évaluation de la maturité

Le diagramme Kiviat compare le niveau externe perçu selon la haute direction et de l'équipe de production (*Voir* 4.1.5). On note d'ailleurs un écart entre les perceptions pour la catégorie de l'alignement organisationnel. Le niveau désiré n'a pas été établi. Il permet aux décideurs de réaliser les écarts dans leur perception et d'ajuster leur choix décisionnel en conséquence.

4.4.1 Pondération

Afin de pouvoir distinguer les différentes disciplines au sein d'un même modèle de maturité, plusieurs méthodes étaient possibles. Par exemple, la BIMM sépare les onglets du document Excel par intervenants, chacun des intervenants ayant son propre onglet. Cependant, le fait de quintupler les onglets par intervenant alourdi le modèle. Ainsi, une pondération a été utilisée pour isoler les indicateurs spécifiques selon les intervenants. Le modèle de maturité est donc situé sur un seul onglet, facilitant la lecture et la comparaison. Les indicateurs spécifiques des autres intervenants sont placés à une valeur nulle et les indicateurs spécifiques de l'intervenant étudié, à 1.

4.4.2 Types d'évaluation de la maturité

Le modèle de maturité de l'OBIMA se distingue par sa dimension de planification stratégique visant à établir la situation actuelle et la situation désirée. La situation désirée devrait refléter la vision de l'entreprise et les niveaux qu'elle désire atteindre. Il devient ainsi possible d'identifier les capacités à acquérir pour atteindre ce niveau. Cependant, Luftman et al. (1999) exposent la problématique des écarts importants entre la perception du niveau de l'alignement par les décideurs par rapport à la réalité des opérations. C'est pourquoi nous avons divisé l'évaluation de la situation actuelle en deux soit celle perçue et celle réelle définie par interne et externe. Le niveau interne réfère à l'évaluation par un ou plusieurs intervenants de l'entreprise pour performer une auto-évaluation de celle-ci. Le niveau réel est défini par l'observation externe d'un chercheur ou consultant.

Tel que présenté dans le diagramme Kiviat à la Figure 4.3, le type d'évaluation de la situation actuelle peut être également sous-divisé selon la structure organisationnelle (par exemple: perçu par la haute direction, perçue par l'équipe de production). Cependant, certains indicateurs ne sont pas connus de la haute direction, par exemple, les indicateurs référant à l'aspect technologique. Cependant, il est intéressant de comparer les perceptions pour les catégories

d'indicateurs sur l'alignement stratégique et organisationnel. En effet, une différence entre les deux perceptions, pour l'alignement organisationnel, prouve à quel point la haute direction comprend les réalités de l'équipe de production. Pour l'alignement stratégique, une différence démontre que la stratégie n'est pas correctement partagée avec le reste de l'organisation. Le Tableau 4.49 définit les relations entre chacun de ces types d'évaluation.

Tableau 4.49 Relation entre les types d'évaluation

	Situation actuelle	**Situation désirée**
Évaluation Externe	Audit	Support à l'entreprise
Évaluation Interne	Auto-évaluation	Autodéfinition

Pour évaluer le niveau désiré, le CICRG, les auteurs de l'OBIMA, a écrit un guide sur comment l'identifier et fixer des objectifs pour l'atteindre. L'évaluation du niveau désiré sort du cadre de cette recherche. Il n'a donc pas été déterminé chez aucun des partenaires participants. Cependant, les types d'évaluation peuvent être distingués en deux différentes perceptions, soit de l'évaluateur externe et l'entreprise. L'évaluateur externe offre un support à l'entreprise en lui conseillant un niveau désiré. L'entreprise peut ainsi définir le niveau désiré en suivant les conseils de l'évaluateur externe.

4.5 Validation du modèle de maturité

Pour générer des modèles de maturité et autres types de guides guidant l'implémentation BIM, Succar propose des principes de base pour assurer la validité des modèles. Les douze principes et une appréciation quant à l'atteinte de ses principes sont listés au Tableau 4.50.

Tableau 4.50 Les principes guidant la construction de guides sur l'implémentation BIM
Adapté de Succar, Sher et Williams (2012, p. 123)

Principes	Description	Atteint?
Specific	Serve the specific requirements of the construction industry	√
Attainable	Achievable if defined actions are undertaken	√
Applicable	Able to be utilized by all stakeholders across all phases of a project's lifecycle	√
Flexible	Able to be performed across markets, organizational scales and their subdivisions	√
Cumulative	Set as logical progressions; deliverables from one act as prerequisites for another	√
Informative	Provides "feedback for improvement" as well as "guidance for next steps" (Nightingale & Mize, 2002).	√
Neutral	not prejudice proprietary, non-proprietary, closed, open, free or commercial solutions or schemata	√
Accurate	Well-defined and able to measure performance at high levels of precision	+/-
Consistent	Yield the same results when conducted by different assessors	+/-
Usable	intuitive and can be easily employed to assess BIM performance	√
Universal	Apply equally across markets and geographies	?

Succar suggère que le modèle doit être *applicable* à tous les intervenants pour le cycle de vie d'un projet. En proposant des indicateurs de maturité pour les intervenants de la construction, le modèle est donc effectivement applicable à tous les intervenants pour le cycle de vie d'un projet. En effet, même si le gestionnaire d'immeuble n'a pas été étudié, l'indicateur spécifique proposé dans l'OBIMA a été conservé pour ce nouveau modèle de maturité.

Succar suggère que le modèle doit être *Accurate* et donc exacte et bien définie. La création de matrices de maturité descriptive est très ardue et nécessite une énorme rigueur pour assurer sa cohérence entre les descripteurs de maturité, les indicateurs et les niveaux de maturité. En effet, chacun des indicateurs est interdépendant par rapport à d'autres indicateurs. Ainsi, les descripteurs de maturité doivent correspondre aux mêmes enjeux selon un certain niveau de maturité. Un effort considérable a été consacré pour répondre à ce défi. Ainsi, une révision des

descripteurs et de leur précision est à améliorer dans les révisions futures du modèle de maturité.

Lors de la notion de *Flexible*, la taille des entreprises semble influencer les résultats de l'évaluation de la maturité pour deux principales raisons. Premièrement, les entreprises de petite taille ont moins de capacités d'implémentation BIM (Forgues *et al.*, 2011). Deuxièmement, le modèle de maturité est ambigu lorsque l'entreprise est de petites tailles. Par exemple, la notion de comité de planification BIM pour de petites entreprises signifierait que toutes les employées participent. Ainsi, les descripteurs et indicateurs sont comparables avec des entreprises de petite taille, mais peuvent semblés étranges lorsqu'ils sont décrits à leur échelle.

Le principe *Consistent* de Succar suggère que l'évaluation de la maturité sera équivalente, peu importe l'évaluateur. Cependant, la méthodologie de recherche a favorisé l'évaluation par deux chercheurs travaillant en silo. Les résultats de l'évaluation de la maturité n'ont pas été identiques. En effet, les résultats ont été discutés et à partir d'arguments, un niveau final de maturité a été déterminé. Ainsi, l'évaluation de maturité étant très subjective, les résultats sont différents. Le petit échantillon et la valeur expérimentale de cette recherche causent la variation entre les deux chercheurs. Le volet Consistent devrait être accompli lorsque le modèle sera appliqué et validé à plus grande échelle. Un guide pour accompagner le modèle de maturité pourrait également aider à de rendre le modèle valide au volet Consistent.

Pour finir, le principe d'*Universal* n'a pu être prouvé puisque cette recherche s'est uniquement déroulée dans le contexte de l'industrie de la construction québécoise. Tous les principes ont été atteints à l'exception de *Consistent* et *Accurate*. Pour tenter d'éviter la subjectivité dans les résultats, des outils complémentaires au modèle de maturité devraient être créés. Par exemple, un guide définissant précisément les objectifs, les descriptions et les termes abordés de chacun des indicateurs permettrait d'éliminer les zones ambiguës qui permettent une différence entre les résultats.

CONCLUSION

Le BIM semble être une solution aux problématiques de faible productivité et efficacité de l'industrie de la construction. Cependant, malgré son potentiel, l'implémentation du BIM nécessite un rigoureux effort pour assurer sa réussite. Ainsi, le manque de repère, de dévouement et de l'utilisation ad hoc du BIM causent sa faible intégration dans l'industrie. Ce projet de recherche a comme but d'adapter un modèle de maturité qui permet de guider les entreprises dans leur implémentation BIM. L'un des enjeux avec ce type d'outil est de s'adapter aux diverses disciplines d'un projet de construction. En effet, les disciplines sont des spécialités complémentaires qui permettent de générer un produit final, un bâtiment.

L'objectif de ce travail de recherche était donc d'adapter un modèle de maturité aux spécialités des disciplines de la chaîne d'approvisionnement. Les principales disciplines étaient l'architecte, l'ingénieur, l'entrepreneur, le sous-traitant et le manufacturier. Pour générer un modèle de maturité, les Sciences de la Conception ont été sélectionnées comme méthode pour générer deux artéfacts. L'approche de recherche a utilisé le cycle de résolution de problème développé par Van Aken.

Pour ce faire, le modèle de maturité de l'OBIMA a été sélectionné et ses spécificités pour le gestionnaire d'immeuble et le maître d'ouvrage ont été conservées. Ainsi, à partir du modèle de l'OBIMA, des indicateurs spécifiques aux intervenants ont été recherchés. L'OBIMA a été validé empiriquement et les indicateurs génériques révisés. Ainsi, le nouveau modèle de maturité se distingue du modèle de l'OBIMA par l'ajout de nouveaux indicateurs génériques et spécifiques.

La prémisse de recherche suggère que les spécificités des disciplines de la chaîne d'approvisionnement existent. Cette prémisse est confirmée par l'émergence de cinq nouveaux indicateurs spécifiques à la matrice de maturité. Le modèle de maturité généré, nommé le SCBIMMM, a été placé en annexe (*Voir* ANNEXE VI, p. 157).

La contribution de cette recherche est la création de deux artéfacts, soit un cadre d'audit et un modèle de maturité. Le cadre d'audit a permis d'évaluer la maturité chez cinq partenaires industrielles et d'étudier un projet BIM. Ce cadre d'audit est un outil complémentaire au modèle de maturité afin de pouvoir assurer son amélioration continue. De plus, de nouveaux indicateurs de maturité ont été proposés, soit sept nouveaux indicateurs génériques ajoutés à l'OBIMA, de cinq nouveaux indicateurs jamais utilisés dans les modèles de maturité BIM et de cinq indicateurs spécifiques aux disciplines de la chaîne d'approvisionnement. De plus, la plupart des descripteurs de maturité ont été raffinés et modifiés. En incluant les principes de l'intégration de la chaîne d'approvisionnement dans le modèle de maturité, du changement organisationnel et du modèle TOPP, le modèle de maturité permet d'identifier et prescrire les bonnes pratiques pour gérer les changements technologiques, procéduraux et organisationnels pour chacune de disciplines de la chaîne d'approvisionnement. Il s'agit de l'unique modèle de maturité BIM répondant à ces enjeux identifiés comme essentiels lors de la revue de littérature.

Les partenaires industriels variaient en maturité, en taille et en expérience.Malgré tout, l'échantillonnage, bien que limité, a été suffisant pour générer un modèle de maturité préliminaire. L'évaluation de la maturité a permis de faire émerger de nouveaux concepts par rapport aux enjeux BIM à l'échelle organisationnelle d'une entreprise. Une seconde évaluation des mêmes entreprises, après quelques années, pourrait être pertinente afin de vérifier l'impact de l'évaluation de la maturité et de savoir comment le modèle leur a permis de faciliter l'implémentation BIM. Cette démarche permettrait de vérifier si le modèle est pertinent, et s`il est en effet un outil approprié pour diriger les entreprises dans une démarche stratégique d'adoption des bonnes pratiques BIM énoncées dans le modèle et s'ils ont atteint leur situation désirée. Une future étude pourrait également déterminer si les artéfacts nécessitent des modifications.

Ensuite, l'autoconfrontation a permis d'identifier de nouveaux concepts et de mieux comprendre les relations contextuelles entre les diverses disciplines étudiées. L'autoconfrontation est une méthode développée dans le cadre de cette recherche afin de mieux

comprendre les perceptions des acteurs de l'industrie de la construction. Cette méthode, comme l'article placé en annexe l'indique (*Voir* ANNEXE VII p. 165), a permis d'identifier des données supplémentaires sur les barrières au sein d'un projet BIM. Cette méthode devrait être validée dans un second projet pour valider les données récoltées en plus de questionner son utilisation pour définir des indicateurs pour le modèle de maturité. En effet, l'autoconfrontation a permis de raffiner les descripteurs du modèle mais n'a pu identifier de nouveaux indicateurs ou des indicateurs spécifiques. Bref, cet exercice a été testé dans le cadre de ce mémoire et sa pertinence est questionnée par rapport aux objectifs de cette étude. Toutefois, cette méthode ouvre des portes pour l'étude de cartes de processus et des perceptions des acteurs de l'industrie de la construction, comme le démontre l'article.

Le modèle de maturité a été généré et évalué dans le cadre de cette étude. Il a été prouvé qu'une évaluation de la maturité nécessite une rigueur et de l'impartialité. Ces caractéristiques obligent une évaluation externe par des chercheurs ou experts qualifiés. Pour assurer son partage et sa diffusion au sein de l'industrie de la construction, il serait donc pertinent de développer des outils complémentaires au modèle de maturité pour permettre aux entreprises de s'autoévaluer. Parmi ses outils, un guide expliquant clairement les enjeux et les descripteurs de maturité permettraient de faciliter l'autoévaluation. De plus, un sondage ou tableau de bord permettrait de classifier les entreprises à l'aide de questionnaires. Ce type d'outil permettrait également l'analyse comparative dite « benchmarking » et l'évaluation de la situation de maturité dans un contexte régional ou national.

Les principales limites de l'étude sont une recherche chez un seul partenaire par discipline. La recherche aurait pu être enrichie par plusieurs études chez différentes entreprises d'une même discipline pour pouvoir comparer les résultats. L'étude devrait également être conduite dans un autre pays ou contexte pour pouvoir comparer davantage les résultats. Un artéfact est construit et adapté pour un contexte particulier. Ainsi, les deux artéfacts devraient être évalués dans différents contextes afin de le perfectionner.

Aucun indicateur spécifique n'a été identifié pour les ingénieurs et architectes. Pourtant, ils ont des rôles et responsabilités spécifiques à leur spécialité. Ces futures études pourraient donc réviser les indicateurs spécifiques en plus d'en découvrir d'avantage. En effet, comme l'indique la Figure 4.4, le cycle de résolution, ne s'étant accompli qu'une seule fois par spécialité, les indicateurs spécifiques suggérés devraient être validés par plus qu'une itération.

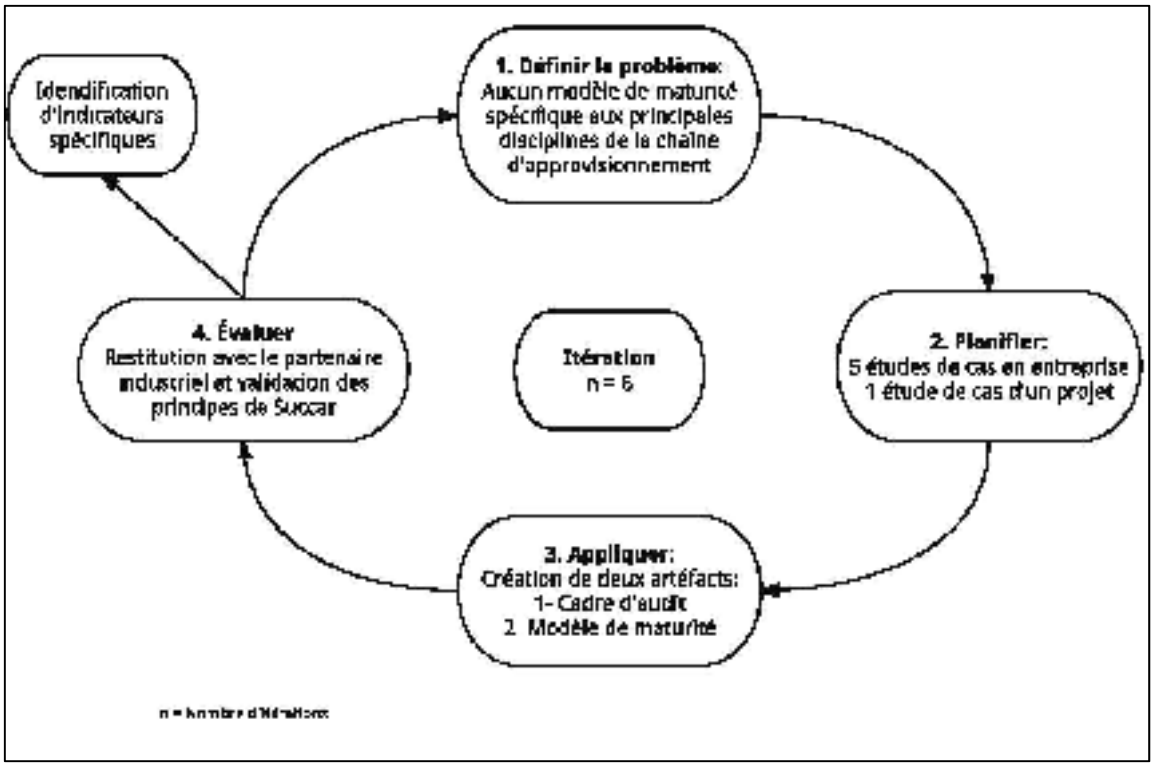


Figure 4.4 Cycle de résolution et les indicateurs spécifiques

Ainsi, dans le cadre de futurs travaux, cet outil devrait être validé chez des entreprises de même spécialité, mais de diverses tailles et d'expérience. De plus, un modèle de maturité est un modèle dit *périssable* (March et Smith, 1995). En effet, un artéfact est un modèle généré pour un certain contexte pour une certaine période de temps. Les avancées du BIM étant en constant changement, le modèle de maturité doit être révisé au fil de l'évolution des pratiques BIM. Les pratiques BIM sont en constantes évolutions depuis les dernières années. Ainsi, une révision annuelle serait nécessaire pour assurer sa validité.

ANNEXE I

BIM CAPABILITY MATURITY MODEL (BIMCMM)

Ces images ont été extraites à partir du fichier Excel fourni par le NBIMS. (National BIM Standard, 2007)

Tableau-A I-1 Page de couverture – Résumé des résultats.

TODAY:	*August 22, 2016*		
© NIBS 2012	**The Interactive BIM Capability Maturity Model**		
	Area of Interest	**Weighted Importance**	***Choose your perceived maturity level***	***Credit***
	Data Richness	84%	Data Plus Expanded Information	*4,2*
	Life-cycle Views	84%	Add Construction/ Supply	*2,5*
	Change Management	90%	Limited Awareness	*2,7*
	Roles or Disciplines	90%	Partial Plan, Design&Constr Supported	*4,5*
	Business Process	91%	Some Bus Process Collect Info	*2,7*
	Timeliness/ Response	91%	Data Calls Not In BIM But Most Other Data Is	*2,7*
	Delivery Method	92%	Limited Web Enabled Services	*4,6*
	Graphical Information	93%	3D - Intelligent Graphics	*6,5*
	Spatial Capability	94%	Basic Spatial Location	*1,9*
	Information Accuracy	95%	Limited Ground Truth - Int Spaces	*2,9*
	Interoperability/ IFC Support	96%	Most Info Transfers Between COTS	*4,8*
			Credit Sum	**40,0**
			Maturity Level	Minimum BIM

ADMINISTRATION	**Points Required for Certification Levels**		
	Low	**High**	
	40	*49,9*	*Minimum BIM*
	50	*59,9*	*Minimum BIM*
	60	69,9	**Certified**
	70	79,9	**Silver**
	80	89,9	**Gold**
	90	100	***Platinum***

Remaining Points Required For:	Certified	20,0

Tableau-A I-2 Zones d'intérêt et leurs crédits respectifs

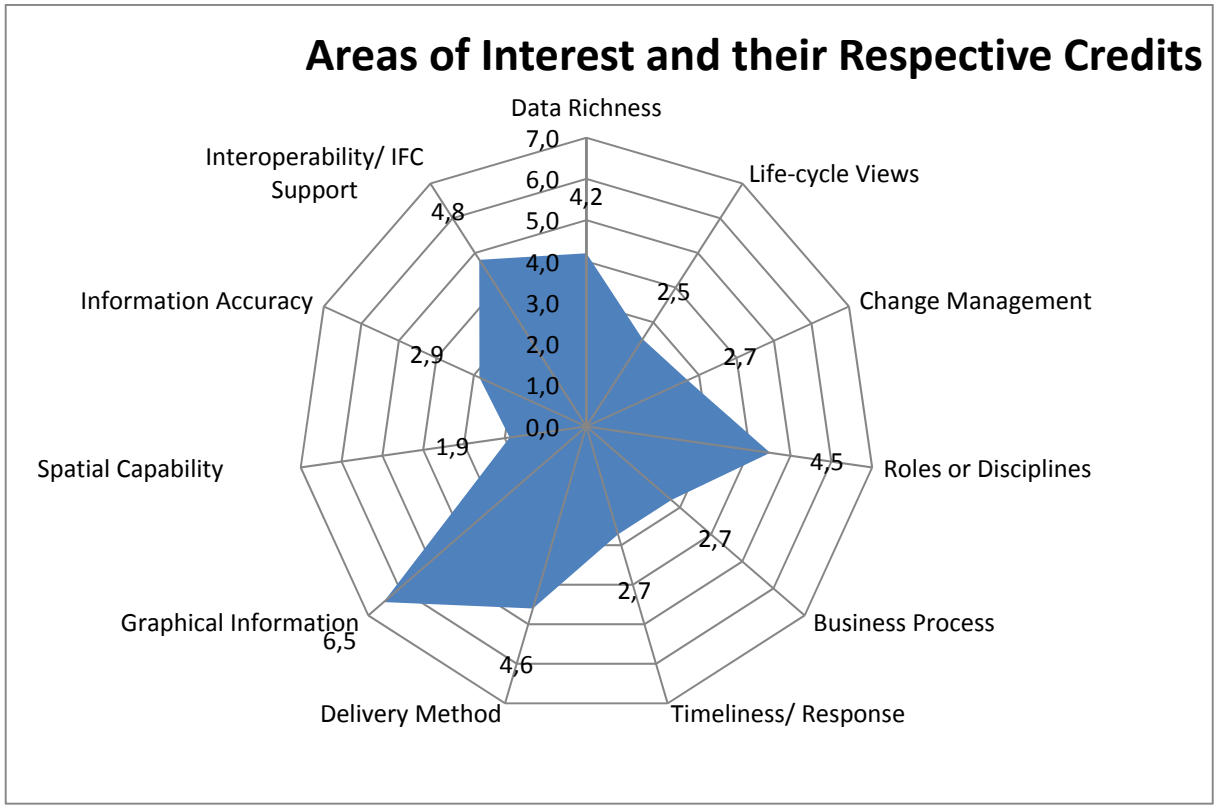


Figure-A I-3 Calibrage des zones d'intérêt

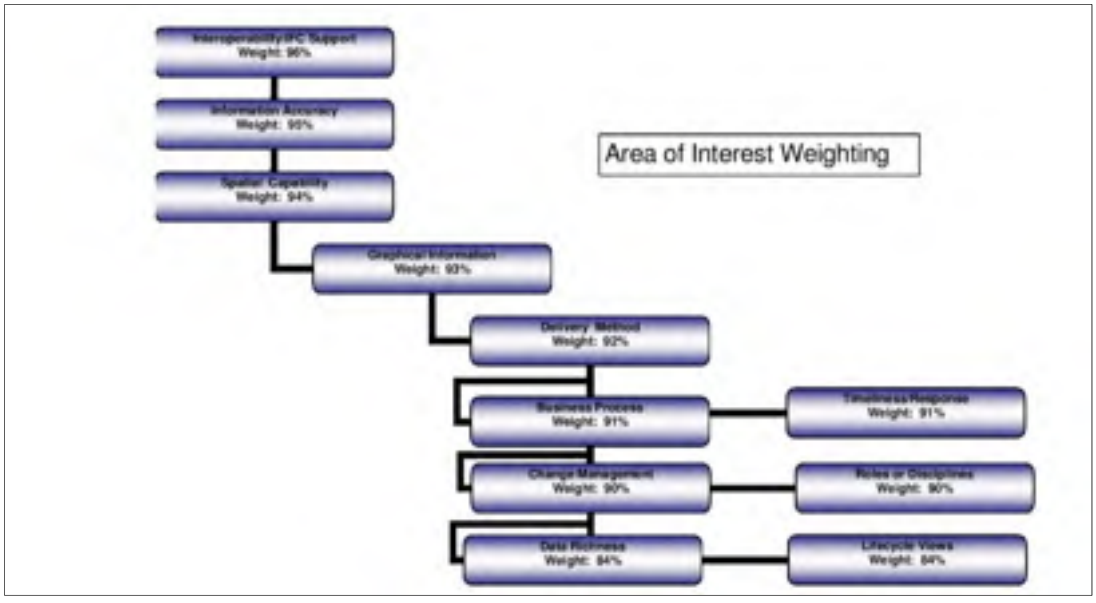


Tableau-A I-4 Description des indicateurs et des descripteurs de la matrice du BIMCMM

3	2	1	Maturity Level
At this point you are beginning to be at a point where you come to the model for basic data and there truly something there	As you become more advanced additional data will be available and be entered. This is still early in the maturity	Choose this selection when you have established a BIM, but have only very basic data to load	**Data Richness**
An additional phase is available, typically construction, however the two phases do not necessarily need to be linked	Since basic initial data is collected during planning and design this is typically the first phase to be made available, but this can be any phase such as construction also	Data is gathered as it is available but no single phase is authoritative nor complete	**Life-cycle Views**
Roles apply to peoples jobs and at this level there are at least two peoples roles that are partially supported through the BIM but they still do have to go to other products to accomplish their jobs	Roles apply to peoples jobs and at this level there is one persons role that is fully supported through the BIM	Roles apply to peoples jobs and at this level no ones role is fully supported through the BIM	**Roles Or Disciplines**
Some business processes are designed to collect information to maintain the BIM in the organization	Few business processes are designed to collect information to maintain the BIM in the organization	Business processes are not defined and therefore not used to store information in the BIM	**Business process**
The BIM is on a network and there is basic password control over data entry and retrieval	The BIM is not on a network but there is control over who can access the BIM	The BIM is only accessible from a single workstation and has no information assurance built-in	**Delivery Method**
Most information is in the BIM however many responses to data calls involve collection of data which is then store in the BIM	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	Information is re-collected when needed to respond to a question - the process is slow and un-automated and has to be re-invented each time a question is asked	**Timeliness/ Response**
Early implementation of business process definition is underway and there is an early awareness of the need for business process definition and there is an awareness of change management and the need for a process champion in the organization	There is an early awareness of the need for business process definition and change management in the organization although implementation is not yet initiated	No change management process awareness is evident nor has been implemented in the organization.	**Change Management**
The drawings stored were developed with NCS yet are still non-intelligent and not object oriented	2D drawings are stored in the BIM but there is no interaction with information - the drawings were not developed with the NCS	There are no graphics in the BIM - only text	**Graphical Information**
The facility is recognized in a world view spatially but no information is shared between the BIM and GIS	A basic location has been established using GPS so that one can locate the facility spatially	The facility is not spatially located using GPS or GIS	**Spatial Capability**
Space is calculated electronically and not stored as a separate data element for internal spaces	There is some electronic validation of information for internal spaces	There is no ground truth and information is simply loaded into the system manually or unverified electronically	**Information Accuracy**
There is some machine to machine flow of information but it is not common nor the norm, it is still the exception	There is some interoperability but it is not automatic nor seamless. Information may even only be cut and paste at this level of maturity	There is no interoperability between software programs. Information is reloaded for each application	**Interoperability/ IFC Support**

Tableau-A I-4 Description des indicateurs et des descripteurs de la matrice du BIMCMM (Suite)

6	5	4	**Maturity Level**
Some metadata is stored and information is typically best available	The data is beginning to be accepted as authoritative and the primary source	This is the first stage when data is turned into information	**Data Richness**
An additional phase is added and clearly information is flowing to operations from the design and construction phases	A forth phase of the facility lifecycle is added and some information is flowing	A third phase is added although information does not have to be flowing, it is assumed that some is	**Life-cycle Views**
Peoples 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	Peoples 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	Roles apply to peoples jobs and at this level there are at least two peoples roles that are fully supported through the BIM in that they do not have to go to other products to accomplish their jobs	**Roles Or Disciplines**
All business processes are designed to collect information as they are performed but few are capable of maintaining information in the BIM	All business processes are designed to collect information as they are performed	Most business processes are designed to collect information to maintain the BIM in the organization	**Business process**
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	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	The BIM is on a network and there is control over data entry and retrieval	**Delivery Method**
Responses to data calls related to the facility are primarily stored in the BIM	A significant portion of the response information related to a facility is stored in the BIM	Information is stored in the BIM and many data calls can be answered with information that is already in the BIM	**Timeliness/ Response**
Business processes are in place and early change management processes are identifying changes, but no process is in place to make changes	Business processes are in place and the organization has begun implementing change management procedures	Business processes are in place and there is an understanding of the full change management requirement to include root	**Change Management**
The drawings are 2D and are intelligent - a wall recognizes itself as a wall with properties and they are current	The drawings are 2D and are intelligent - a wall recognizes itself as a wall with properties and they are as built but not current	The drawings are 2D but are intelligent - a wall recognizes itself as a wall with properties but they are as designed and not as built	**Graphical Information**
The facility is located spatially and there is full information sharing between the BIM and GIS	The facility is spatially located and information can be shared with the GIS environment although it is not integrated and interoperable	The facility is spatially located and some information is shared with the GIS environment	**Spatial Capability**
All internal and external spaces are identified electronically	Many spaces and items are identified electronically yet some items are still entered manually both internally and externally	Internal spaces are identified electronically and some outside information is electronically calculated	**Information Accuracy**
There are good machine to machine linkages at this level of maturity and information interoperability is the norm.	In this level of maturity information is transferred between COTS products typically from the same vendor, but not all applications are supported	Information is flowing between COTS products. Often by using products from the same vendor. The interfaces are likely proprietary	**Interoperability/ IFC Support**

Tableau-A I-4 Description des indicateurs et des descripteurs de la matrice du BIMCMM (Suite)

9	8	7	**Maturity Level**
Limited Knowledge Management implies that KM strategies are in place and authoritative information is beginning to be linked	The information has metadata and is the authoritative source	Most users rely on information as reliable and authoritative, little additional data checking is required	**Data Richness**
All phases of the lifecycle are supported and information is flowing between phases	A cost model is supported and costs are linked to the information related to al phases. Lifecycle costing can be performed	Information collected during earlier phases is flowing to operations and sustainment	**Life-cycle Views**
All facility related jobs throughout the lifecycle of the facility rely solely on the BIM to accomplish their jobs	Peoples 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	Peoples 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	**Roles Or Disciplines**
All business processes are designed to collect and some maintain data in real time	All business processes are designed to collect information as they are performed and all are capable of maintaining information in the BIM	All business processes are designed to collect information as they are performed and some are capable of maintaining information in the BIM	**Business process**
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	The BIM is in a web enabled environment and is considered secure. It is not in a SOA	The BIM is in a web environment so multiple people can operate on it and there is role based IA manually controlled	**Delivery Method**
The information is stored in a BIM and is current enough to be a reliable source for information in an emergency	Information stored in a BIM is available real time and although not from a live feed processes are in place to maintain its accuracy	All emergency response information is in the BIM and that is considered the primary source of accurate information	**Timeliness/ Response**
The change management processes are in place, but is not a efficient process and changes typically take more than 48 hours	Implementation of a change management process is in place and is beginning to be exercised, but is not fully endorsed by all participants	Early implementation of change management is in place and some processes are being maintained through a root cause analysis process.	**Change Management**
Time phasing has been added to the drawings to that one can see historical as well as being able to project into the future	The drawings are 3D object based and have a process in place to keep them current	The drawings are 3D object based and have intelligence	**Graphical Information**
Information from the BIM is partially recognized by the GIS environment and some metadata is available	Information from the BIM is recognized on a limited basis by the GIS	The BIM has been partially integrated into the GIS environment	**Spatial Capability**
All internal and external areas are computed and some metrics have been established to track compliance	All units are calculated electronically and reported. If a polygon changes shape then the updated information flows throughout the model	Internal spaces are computed electronically and some outside information is electronically calculated	**Information Accuracy**
IFC use is the norm, but not exclusively used to attain interoperability. One would expect about 70-90% IFC based interoperability	IFC use is becoming more common place yet is still less often used that other approaches	Industry Foundation Classes are used on a limited basis for interoperability with some software packages	**Interoperability / IFC Support**

Tableau-A I-4 Description des indicateurs et des descripteurs de la matrice du BIMCMM (Suite)

10	**Maturity Level**
Full Knowledge Management implies a robust data rich environment with virtually all authoritative information is loaded and linked together	**Data Richness**
External information is linked into the model and analysis can be performed on the entire ecosystem of the facility throughout its life	**Life-cycle Views**
All facility related jobs both internal and external to the organization rely solely on the BIM to accomplish their jobs	**Roles Or Disciplines**
All business processes are designed to collect and maintain data in real time	**Business process**
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	**Delivery Method**
Information is continually updated and available from live feeds to sensors. Responses to questions are almost immediate and are accurate and relational	**Timeliness/ Response**
A mature and fully operational change management process is in place and processes changes are implemented within 48 hours	**Change Management**
The drawing stored in the BIM are intelligent and object based and include time and cost information	**Graphical Information**
Information from the BIM is fully recognized by the GIS environment including full metadata interaction	**Spatial Capability**
ll spaces are calculated automatically and metrics are used to ensure information is available and accurate	**Information Accuracy**
At this level of maturity IFC's are fully implemented and used for interoperability	**Interoperability/ IFC Support**

Tableau-A I-5 la feuille de travail du BIMCMM

6	5	4	3	2	1	*Maturity Level*
Data w/Limited Authoritative Information	Data Plus Expanded Information	Data Plus Some Information	Enhanced Data Set	Expanded Data Set	Basic Core Data	***A Data Richness***
Add Limited Operations & Warranty	Includes Constr/Supply & Fabrication	Includes Construction/ Supply	Add Construction/ Supply	Planning & Design	No Complete Project Phase	***B Life-cycle Views***
Plan, Design & Construction Supported	Partial Plan, Design&Constr Supported	Two Roles Fully Supported	Two Roles Partially Supported	Only One Role Supported	No Single Role Fully Supported	***C Roles Or Disciplines***
Initial CM process implemented	Implementing CM	Aware CM, RCA and Feedback	Aware of CM and Root Cause Analysis	Aware of CM	No CM Capability	***G Change Management***
Few BP Collect & Maintain Info	All Business Process(BP) Collect Info	Most Bus Processes Collect Info	Some Bus Process Collect Info	Few Bus Processes Collect Info	Separate Processes Not Integrated	***D Business process***
All Response Info Available In BIM	Most Response Info Available In BIM	Limited Response Info Available In BIM	Data Calls Not In BIM But Most Other Data Is	Most Response Info manually re-collected	Most Response Info manually re-collected - Slow	***F Timeliness/ Response***
Full Web Enabled Services	Limited Web Enabled Services	Network Access w/ Full IA	Network Access w/ Basic IA	Single Point Access w/ Limited IA	Single Point Access No IA	***E Delivery Method***
NCS 2D Intelligent And Current	NCS 2D Intelligent As-Builts	NCS 2D Intelligent As Designed	NCS 2D Non-Intelligent As Designed	2D Non-Intelligent As Designed	Primarily Text - No Technical Graphics	***H Graphical Information***
Spatially located w/Full Info Share	Spatially located w/Metadata	Located w/ Limited Info Sharing	Spatially Located	Basic Spatial Location	Not Spatially Located	***I Spatial Capability***
Full Ground Truth - Int And Ext	Limited Ground Truth - Int & Ext	Full Ground Truth - Int Spaces	Limited Ground Truth - Int Spaces	Initial Ground Truth	No Ground Truth	***J Information***
Full Info Transfers Between COTS	Most Info Transfers Between COTS	Limited Info Transfers Between COTS	Limited Interoperability	Forced Interoperability	No Interoperability	***K Interoperability / IFC Support***

Tableau-A I-5 la feuille de travail du BIMCMM (Suite)

10	**9**	**8**	**7**	***Maturity Level***
Full Knowledge Management	Limited Knowledge Management	Completely Authoritative Information	Data w/ Mostly Authoritative Information	***A Data Richness***
Supports External Efforts	Full Facility Life-cycle Collection	Add Financial	Includes Operations & Warranty	***B Life-cycle Views***
Internal and External Roles Supported	All Facility Life-Cycle Roles Supported	Operations & Sustainment Supported	Partial Ops & Sustainment Supported	***C Roles Or Disciplines***
Business processes are routinely sustained by CM, RCA and Feedback loops	Business processes are sustained by CM using RCA and Feedback loops	CM and RCA capability implemented and being used	CM process in place and early implementation of root cause analysis	***G Change Management***
All BP Collect&Maint In Real Time	Some BP Collect&Maint In Real Time	All BP Collect & Maintain Info	Some BP Collect & Maintain Info	***D Business process***
Real Time Access w/ Live Feeds	Full Real Time Access From BIM	Limited Real Time Access From BIM	All Response Info From BIM & Timely	***F Timeliness/ Response***
Netcentric SOA Role Based CAC	Netcentric SOA Based CAC Access	Web Enabled Services - Secure	Full Web Enabled Services w/IA	***E Delivery Method***
nD - Time & Cost	4D - Add Time	3D - Current And Intelligent	3D - Intelligent Graphics	***H Graphical Information***
Integrated into GIS w/ Full Info Flow	Integrated into a complete GIS	Part of a more complete GIS	Part of a limited GIS	***I Spatial Capability***
Computed Ground Truth w/Full Metrics	Comp GT w/Limited Metrics	Full Computed Areas & Ground Truth	Limited Comp Areas & Ground Truth	***J Information Accuracy***
All Info Uses IFC's For Interoperability	Most Info Uses IFC's For Interoperability	Expanded Info Uses IFC's For Interoperability	Limited Info Uses IFC's For Interoperability	***K Interoperability/ IFC Support***

Tableau-A I-6 Description des indicateurs du BIMCMM

Capability Maturity Model Category Descriptions		
Weight	**Title**	**Description**
1,1	Data Richness	Identifies the completeness of the building Information Model from initially very few pieces of unrelated data to the point of it becoming valuable information and ultimately corporate knowledge about a facility
1,1	Life-cycle Views	Views refer to the phases of the project and identifying how many phases are to be covered by the BIM. One would start as individual stove pipes of information and then begin linking those together and taking advantage of information gathered by the authoritative source of the information. This category has high cost reduction, high value implications based on the elimination of duplicative data gathering. The goal would be to support functions outside the traditional facility management roles, such as first responders.
1,2	Roles Or Disciplines	Roles refer to the players involved in the business process and how the information flows. This is also critical to reducing the cost of data re-collection. Disciplines are often involved in more than one view as either a provider or consumer of information. Our goal is to involve both internal and external roles as both providers and consumers of the same information so that data does not have to be re-created and that the authoritative source is the true provider of the information.
1,2	Change Management	Change Management identifies a methodology used to change business processes that have been developed by an organization. If a business process is found to be flawed on in need of improvement, one institutes a “root cause analysis” of the problem and then adjusts the business process based on that analysis. Since this is related to the following item, business processes it should come after it.
1,3	Business process	The business process defines how business is accomplished. If the data and information is gathered as part of the business process then data gathering is a no cost requirement. If data is gathered as a separate process then the data will likely not be accurate. The goal is to have data both collected and maintained in a real time environment, so as physical changes are made they are reflected for others to access in their portion of the business process.
1,3	Timeliness/ Response	While some information is more static than other information it all changes and up to the minute accuracy may be critical in emergency situations. The closer to accurate real time information you can be the better quality the decisions that are made. Some of those decisions may be life saving in nature.

Tableau-A I-6 Description des indicateurs du BIMCMM (Suite)

Capability Maturity Model Category Descriptions		
Weight	**Title**	**Description**
1,4	Delivery Method	Data delivery is also critical to success. If data is only available on one machine then sharing can not occur other than by email or hard copy. In a structured networked environment if information is centrally stored or accessible then some sharing will occur. If the model is a systems oriented architecture (SOA) in a web enabled environment the nentcentricity will occur and information will be available in a controlled environment to the appropriate players. Information assurance must be engineered into all phases.
1,5	Graphical Information	Often the starting point is a non-graphical environment. The advent of graphics helps paint a clearer picture for all involved. As standards are applied then information can begin to flow as the provider and receiver must have the same standards in place. As 3D images come into play more consumers of the information will have a common view and a higher level of understanding will occur. As time and cost are added then the interfaces can be expanded significantly.
1,6	Spatial Capability	Understanding where something is in space is significant to many information interfaces and the richness of the information. Energy calculations must know where the heat gains will come from, first responders need to know where water supplies and utility cutoffs are located in relation to the facility.
1,7	Information Accuracy	Having a way to ensure that information remains accurate Is only possible through some mathematical ground truth capability. Having a mathematical product will also allow for better management by supporting difficult to game metrics. These numbers can be used for occupancy, information collection completeness and overall inventory calculations.
1,8	Interoperability/ IFC Support	Our ultimate goal is to ensure interoperability of information. Getting accurate information to the party requiring the information. There are many ways to achieve this, however the most effective is to use a standards based approach to ensure that information is a form that it can be shared and products are available that can read that standard for of information.

ANNEXE II

BIM MATURITY MATRIX (BIMMM)

Ces images ont été extraites à partir de l'article de Succar. (Succar, 2009)

Tableau-A II-1 Matrice du BIMMM

BIM Competency Areas at Granularity level 1	a	b	c	d	e
	INITIAL	DEFINED	MANAGED	INTEGRATED	OPTIMISED
Software: applications, deliverables and data	Usage of software applications is unmonitored and unregulated. 3D Models are relied on to mainly generate accurate 2D representations/deliverables. Data usage, storage and exchanges are not defined	Software usage/introduction is unified within an organisation or project teams (multiple organisations). 3D Models are relied upon to generate 2D as well as 3D deliverables. Data usage, storage and exchange are well	Software selection and usage is controlled and managed according to defined deliverables. Models are the basis for 3D views, 2D representations, quantification, specification and analytical studies. Data	Software selection and deployment follows strategic objectives, not just operational requirements. Modelling deliverables are well synchronised across projects and tightly integrated with business	Selection/use of software tools is continuously revisited to enhance productivity and align with strategic objectives. Modelling deliverables are cyclically being revised/ optimised to benefit from new software functionalities and available extensions. All matters

Tableau-A II-2 Matrice du BIMMM (Suite)

BIM Competency Areas at Granularity level 1	a	b	c	d	e
	INITIAL	**DEFINED**	**MANAGED**	**INTEGRATED**	**OPTIMISED**
Infrastructure: physical and knowledge-related	The work environment is either not recognised as a factor in staff satisfaction or may not be conducive to productivity. Knowledge is not recognised as an asset; BIM knowledge is typically shared informally between staff (through tips,	The work environment and workplace tools are identified as factors affecting motivation and productivity. Similarly, knowledge is recognised as an asset; shared knowledge is harvested, documented and thus	The work environment is controlled, modified and it's criteria managed to enhance staff motivation, satisfaction and productivity. Also, documented knowledge is adequately stored.	Environmental factors are integrated into performance strategies. Knowledge is integrated into organisational systems; stored knowledge is made accessible and easily retrievable [refer to the 4	Physical workplace factors are reviewed constantly to insure staff satisfaction and an environment conducive to productivity. Similarly, knowledge structures responsible for acquisition, representation and dissemination are systematically reviewed and

Tableau-A II-3 Matrice du BIMMM (Suite)

BIM Competency Areas at Granularity level 1	a INITIAL	b DEFINED	c MANAGED	d INTEGRATED	e OPTIMISED
Regulatory: rules/ directives, standards/ classifications, guidelines/ benchmarks and codes/ regulations	There are no BIM guidelines, documentation protocols or modelling standards. There is an absence of documentation and modelling standards. There is informal or no quality control plans; neither for 3D models nor for documentation	Basic BIM guidelines are available (e.g. training manual and BIM delivery standards). Modelling and documentation standards are well defined according to market-accepted standards. Quality targets and	Detailed BIM guidelines are available (training, standards, workflow, exceptions...). Modelling, representation, quantification, specifications and analytical properties of 3D models are managed through detailed modelling	BIM guidelines are integrated into overall policies and business strategies. BIM standards and performance benchmarks are incorporated into quality management and	BIM guidelines are continuously and proactively refined to reflect lessons learned and industry best practices. Quality improvement and adherence to regulations and codes are continuously aligned and refined. Benchmarks are repetitively revisited to ensure

Tableau-A II-4 Matrice du BIMMM (Suite)

		a NITIAL a	b DEFINED b	c MANAGED c	d INTEGR. d	e
		INITIAL	**DEFINED**	**MANAGED**	**INTEGRATED**	**OPTIMISED**
STAGES	STAGE 1	Object-based Modelling: single-disciplinary use within a Project Lifecycle Phase	Implementation of an object-based tool. No process or policy changes identified to accompany this implementation.	Pilot projects are concluded. BIM process and policy requirements are identified. Implementation strategy and detailed plans are prepared.	BIM processes and policies are instigated, standardised and controlled.	BIM technologies, processes and policies are continuously revisited to benefit from innovation and achieve higher performance targets.
	STAGE 2	Modelling-based Collaboration: multi-	Ad-hoc BIM collaboration; in-house collaboration capabilities	Single-thread, well-defined yet reactive BIM	Multi-thread proactive collaboration; protocols are	Multi-thread collaboration includes downstream	Multi-thread team included all key players in an environment

ANNEXE III

ORGANIZATIONAL BIM ASSESSMENT (OBIMA)

Ces images ont été extraites à partir du fichier Excel fourni par l'OBIMA. (Computer Integrated Construction Research Group (CICRG), 2013). Ceci est un exemple de résultats.

Tableau-A III-1 Profile de maturité

Organizational BIM Assessment Profile			
BIM Planning Element	Current Level	Target Level	Total Possible
Strategy	11	17	25
BIM Uses	2	5	10
Process	2	5	10
Information	0	0	15
Infrastructure	0	0	15
Personnel	0	0	25
Totals	15	27	100

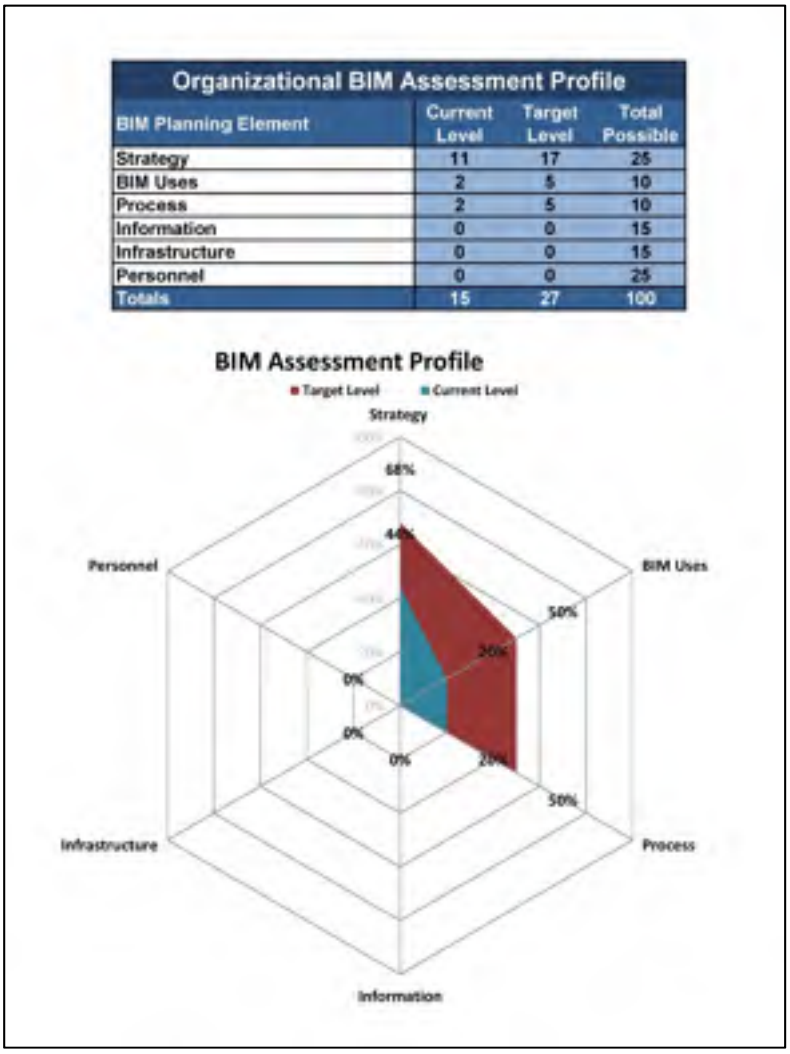


Tableau-A III-2 Feuille de travail du OBIMA

BIM Planning Committee	BIM Champion	Management Support	BIM Vision and Objectives	Organizational Mission and Goals	**Strategy**	**Planning Element**
No BIM Planning Committee established	No BIM Champion	No management support	No BIM vision or objectives defined	No organizational mission or goals	**0 Non-Existent**	**Level of Maturity**
Small Ad-hoc Committee with only those interested in BIM	BIM Champion identified but limited time committed to BIM initiative	Limited support for feasibility study	Basic BIM vision is establish	Basic organizational mission established	**1 Initial**	
BIM Committee is formalized but not inclusive of all operating units	BIM Champion with adequate time commitment	Full Support for BIM Implementation with some resource commitment	Established Basic BIM Objectives	Established basic organizational goals	**2 Managed**	
Multi-disciplinary BIM Planning Committee established with members from all operative units	Multiple BIM Champions with each working Group	Full support for BIM Implementation with appropriate resource commitment	BIM Vision address mission, strategy, and culture	Organization mission which addressed purpose, services, values (at a minimum)	**3 Defined**	
Planning Committee includes members for all level of the organization including	Executive Level BIM Support Champion with limit time commitment	Limited support for continuing efforts with a limited budget	BIM objectives are specific, measurable, attainable, relevant, and timely	Goals are specific, measurable, attainable, relevant, and timely	**4 Quantitatively Managed**	
BIM Planning decisions are integrated with organizational Strategic Planning	Executive-level BIM Champion working closely with working group champion	Full support of continuing efforts	Vision and objectives are regularly revisited, maintained and updated (as necessary)	Mission and goals are regularly revisited, maintained and updated (as necessary)	**5 Optimizing**	
2	**3**	**3**	**2**	**1**	**11**	**Current Level**
3	**4**	**4**	**3**	**3**	**17**	**Target Level**
5	**5**	**5**	**5**	**5**	**25**	**Total Possible**

Tableau-A III-2 Feuille de travail du OBIMA (Suite)

Organizational Processes	Project Processes	**Process**	Operational Uses	Project Uses	**BIM Uses**	**Planning Element**
The documentation of Internal Organizational BIM Processes	The documentation of External Project BIM Processes	The means by which the BIM Uses are accomplished	The specific methods of implementing BIM within the organization	The specific methods of implementing BIM on projects	The specific methods of implementing BIM	**Level of Maturity**
No internal organizational BIM processes documented	No external project BIM processes documented	**0 Non-Existent**	No BIM Uses for Operations identified	No BIM Uses for Projects identified	**0 Non-Existent**	**Current Level**
High-Level BIM process documented for each operating unit	High-level BIM process documented for each party	**1 Initial**	Record (As-Built) BIM model received by operations	Minimal owner requirements for BIM	**1 Initial**	**Target Level**
Integrated high-level organizational process documented	Integrated high-level BIM process pocumented	**2 Managed**	Record BIM data imported or referenced for operational uses	Minimal BIM Uses required	**2 Managed**	**Total Possible**
Detailed BIM process documented for primary organizational Uses	Detailed BIM process documented for primary BIM Uses	**3 Defined**	BIM data manually maintained for operational uses	Extensive use of BIM with limited sharing between parties	**3 Defined**	**Planning Element**
Detailed BIM process documented for all BIM Uses	Detailed BIM process documented for all BIM Uses	**4 Quantitatively Managed**	BIM data is directly integrated with operational systems	Extensive use of BIM with sharing between parties within project phase	**4 Quantitatively Managed**	**Level of Maturity**
Detailed BIM Process documented and regularly maintained and updated	Detailed BIM process documented and regularly maintained and updated	**5 Optimizing**	BIM data maintained with operational systems in Real-time	Open sharing of BIM data across all parties and project phases	**5 Optimizing**	**Current Level**
1	**1**	**2**	**1**	**1**	**2**	**Target Level**
2	**3**	**5**	**2**	**3**	**5**	**Total Possible**
5	**5**	**10**	**5**	**5**	**10**	**Planning Element**

Tableau-A III-2 Feuille de travail du OBIMA (Suite)

Facility Data	Level of Development (LOD)	Model Element Breakdown (MEB)	**Information**	**Planning Element**
No consistent facility data requirement	No consistent Level of Development	No consistent Organizational Model Element Breakdown	**0 Non-Existent**	**Level of Maturity**
Facility data defined but not internally standardized	LOD defined but not standardized witin the entire organization	Organizational Model Element Breakdown defined but not uniform within entire organization	**1 Initial**	
Facility data defined and standardized within the organization	LOD standardized within the organization	Organizational Model Element Breakdown is uniform within the organization	**2 Managed**	
Organizational facility data attributes aligned with industry standards	Organizational LOD standards aligned with industry standards	Organizational Model Element Breakdown aligned with industry standards	**3 Defined**	
Facility data attributes aligned with open standards	Model View Definitions & Information Delivery Manuals are used to define LOD	Organizational Model Element Breakdown updated along with industry standards	**4 Quantitatively Managed**	
Facility data attributes updated with open standards	Organizational modification to MVDs and IDMs are balloted for inclusion in industry standards	Organizational modifications to industry standard model element breakdown are balloted for inclusion in industry standards	**5 Optimizing**	
0	**0**	**0**	**0**	**Current Level**
0	**0**	**0**	**0**	**Target Level**
5	**5**	**5**	**15**	**Total Possible**

Tableau-A III-2 Feuille de travail du OBIMA (Suite)

Physical Spaces	Hardware	Software	**Infrastructure**
No dedicated BIM space	No Hardware capable of running BIM software	No BIM Software	**0 Non-Existent**
Single workstation for viewing BIM data	Some hardware capable of running basic BIM software	Software capable of accepting BIM data	**1 Initial**
Small Workspace for Collaborating with a screen large enough for multiple viewers	All Hardware Capable of Running Basic BIM Software	Basic BIM Software Systems	**2 Managed**
BIM room for collaborating with large screen viewing capability	Some advanced hardware systems with the organzation	Advanced BIM software systems	**3 Defined**
Multiple collaborative workspaces within regular workspace	All organization hardware is capable of running advanced BIM Software	All software systems available to all personnel	**4 Quantitatively Managed**
Program established for continous updating of BIM spaces	Program established for continous updating of BIM hardware systems	Program established for continous updating of BIM software systems	**5 Optimizing**
0	**0**	**0**	**0**
0	**0**	**0**	**0**
5	**5**	**5**	**15**

Tableau-A III-2 Feuille de travail du OBIMA (Suite)

Totals	Change Readiness	Training	Education	Organizational Hierarchy	Roles and Responsibilities	**Personnel**
This is the total for all the categories. Note this does reflect maturity in all sections. While the organization could score high, there could be some key areas not implemented that could hinder the organizations BIM Implementation.	The willingness and state preparedness of an organization to integrate BIM	Train is to teach so as to make fit, qualified, or proficient in a specific task or process	Education is to formally instruct about a subject	An arrangement of personnel and group into functional groups within the organization	Roles are the primary function assumed by a person within the organization and Responsiblities are the tasks or obligations that one is required to do as part of that role.	**Human resources of an organization**
	No Change Readiness Awareness	No Training Program	No Education Program	Organizational Hierarchy does not address BIM	No roles and responsibilities documented	**0 Non-Existent**
	Established need for BIM	Training program run by vendors - only for necessary personnel	Ad hoc education as needed	BIM Champion outside of typical organizational	BIM is the responsibility of the BIM Champion	**1 Initial**
	Upper management buy-in	Internal Training program for all personnel that may interact with BIM	Formal Presentations on what is BIM and the Benefits is has for the organization	Small BIM Implementation Team outside the typical organization	BIM is the responsibility of the interdisciplinary BIM Group	**2 Managed**
	Operating unit buy-in	Regularly conducted and routine training programs	Regularly conducted employee education sessions	Large interdisciplinary BIM Group created	BIM responsibility lies with each operating unit	**3 Defined**
	All individuals buy-in	On-Demand training program established for the organization	On-Demand education program established for the organization	BIM Champion defined within each operating unit	BIM responsibility lies with each person	**4 Quantitatively Managed**
	Willingness to change is part of the culture of the organization	Training is seemlessly improved through lessons learned within the organization	Education is seemlessly improved through lessons learned within the organizartion	BIM Implemenation Team supports BIM Use within operating units	BIM Responsiblities are regularly reviewed to ensure they are properly distributed	**5 Optimizing**
15	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
27	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
100	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**25**

ANNEXE IV

COMPARAISON ENTRE L'OBIMA ET LE SCBIMMM

Légende des couleurs

CHANGEMENT DÛ AU NIVEAU DE MATURITÉ	VOLONTÉ DE RENDRE GÉNÉRIQUE À TOUS LES INTERVENANTS	INCOHÉRENT AU CONTEXTE ÉTUDIÉ	MODIFICATION DES INDICATEURS	NOUVEAU	CLARIFICATION	AUCUNE MODIFICATION (OU PRESQUE)

Tableau-A IV-1 Comparaison entre l'OBIMA et le SCBIMMM – Catégorie de l'alignement stratégique

Vision BIM et objectifs	DIVISION DE L'INDICATEUR	Mission et but organisationnel	Stratégie	OBIMA
Vision BIM	Objectifs de l'entreprise	Mission de l'entreprise	Alignement stratégique	SCBIMM
Aucun objectifs et vision BIM défini		Aucune mission ou but d'entreprise	0 Non-Existant	OBIMA
Aucune vision BIM	Aucun objectif	Aucune mission de l'entreprise	0 Non-Existant	SCBIMM
Vision simple de l'entreprise défini		Mission de l'entreprise basique établie	1 Initial	OBIMA
Vision BIM établie	Objectifs d'entreprise établis	Mission de l'entreprise établie	1 Initial	SCBIMM
Objectifs de l'entreprise simple défini		But de l'entreprise basique établie	2 Géré	OBIMA
Vision BIM alignée avec la mission de l'entreprise, la stratégie et la culture de l'entreprise	Objectifs d'entreprise alignés avec les fonctions, services et valeurs de l'entreprise, mais non partagés	Mission de l'entreprise spécifiée selon des fonctions, services et valeurs, mais non partagée	2 Défini	SCBIMM
La vision BIM répond à la mission, la stratégie et la culture de l'entreprise		Mission BIM qui contient des fonctions, services et valeurs (au minimum)	3 Défini	OBIMA
Vision BIM alignée et partagée selon la mission de l'entreprise, la stratégie	Objectifs d'entreprise alignés, partagés et spécifiés selon des fonctions, services et	Mission de l'entreprise spécifiée et partagée selon des fonctions, services et valeurs	3 Géré | Partagé	SCBIMM
Vision BIM et onjectifs spécifiques, mesurables, atteignables, pertinents et répertorié selon un échéanicer		Mission et But spécifique, mesurable, atteignable, pertinent et répertorié selon un échéancier ("SMART")	4 Gestion Quantitative	OBIMA
Vision BIM alignée, partagée, spécifiée et répertoriée selon un	Objectifs d'entreprise alignés, partagés, spécifiés, quantifiés et répertoriés selon un	Mission de l'entreprise partagée, spécifiée et répertoriée selon un échéancier	4 Formalisé	SCBIMM
Vision BIM et les buts SMART entretenus et mis à jour, maintenus et revisités (si nécessaire)		Mission et les buts SMART entretenus et mis à jour, maintenus et revisités (si nécessaire)	5 Optimisé	OBIMA
Vision BIM alignée, partagée, spécifiée et mise à jour selon	Objectifs d'entreprise alignés, partagés, spécifiés et mis à jour selon l'évolution de	Mission de l'entreprise partagée, spécifiée et mise à jour selon l'évolution de l'entreprise	5 Optimisé	SCBIMM

Tableau-A IV-1 Comparaison entre l'OBIMA et le SCBIMMM – Catégorie de l'alignement stratégique (Suite)

Comité BIM	Champion BIM	Plan d'affaire BIM	DIVISION DE L'INDICATEUR	Stratégie	OBIMA
Comité de planification BIM	Gestionnaire BIM	Support de la haute direction	Objectifs BIM	Alignement stratégique	SCBIMM
Aucun Comité BIM	Aucun champion BIM	Aucun support		0 Non-Existant	OBIMA
Aucun comité BIM	Aucun gestionnaire BIM	Aucun support	Aucun objectif BIM	0 Non-Existant	SCBIMM
Petit comité ad-hoc avec les gens motivés	Champion BIM identifié ayant un temps limité pour gérer l'implémentation BIM	Support limité pour assurer la faisabilité de l'implémentation BIM		1 Initial	OBIMA
Petit comité ad hoc d'intervenants motivés	Personne désignée par la haute direction pour assurer l'implémentation BIM	Support limité pour évaluer la faisabilité de l'implémentation BIM	Objectifs BIM établis	1 Initial	SCBIMM
Comité BIM formalisé mais pas inclusive aux unités	Champion BIM ayant un temps adéquat pour assurer les tâches de gestion BIM	Support financier et ressource humaine adéquat pour l'implémentation BIM		2 Géré	OBIMA
Comité BIM reconnu par l'entreprise	Gestionnaire BIM reconnu mais sans ressources	Support suffisant avec quelques ressources engagées	Objectifs BIM alignés avec la mission de l'entreprise, la vision BIM, la stratégie et la culture de l'entreprise	2 Défini	SCBIMM
Comité BIM multi-disciplinaire établi de tous les unités	Plusieurs champions BIM travaillant dans les diverses groupes de travail	Support complet pour l'implémentation BIM avec des ressources approprié		3 Défini	OBIMA
Comité de planification BIM incluant des représentants de l'exécutif	Gestionnaire BIM reconnu avec les ressources dédiées	Support complet documenté dans une étude de faisabilité (plan d'affaires) BIM et ressources appropriées mobilisées	Objectifs BIM alignés et partagés selon la mission de l'entreprise, la vision BIM, la stratégie et la culture de l'entreprise	3 Géré | Partagé	SCBIMM
Comité BIM comprenant les membre de tous les niveaux incluant l'executif	Champion BIM niveau executif mais peu d'engagement	Support limité avec effort continue mais budget limité		4 Gestion Quantitative	OBIMA
Comité de planification BIM incluant des représentants de tous les départements ainsi que l'exécutif	Gestionnaire BIM parrainé par un commanditaire	Support complet avec un engagement limité pour mettre à jour de façon continue la planification	Objectifs BIM alignés, partagés, spécifiés, quantifiés et répertoriés selon un échéancier	4 Formalisé	SCBIMM
Les decisions BIM sont intégré à la stratégie d'affaire	Champion BIM niveau-éxecutif ayant du temps adéquat pour gérer l'implémentation BIM et l'équipe de champion BIM	Support complet avec effort continue		5 Optimisé	OBIMA
Les décisions du comité de planification BIM sont intégrées à la gestion stratégique	Gestionnaire BIM travaillant étroitement avec le commanditaire	Engagement complet et continu pour supporter le processus d'implémentation	Objectifs BIM alignés, partagés, spécifiés et mis à jour selon l'évolution de l'entreprise	5 Optimisé	SCBIMM

Tableau-A IV-2 Comparaison entre l'OBIMA et le SCBIMMM – Catégorie de l'alignement organisationnel

Formation	Éducation	Organisation Hiérarchique	Rôles and Responsibilités	Organisationnel	OBIMA
FUSION DES INDICATEURS	Formation et éducation	Structure organisationnelle	Responsabilités BIM	Alignement organisationnel	SCBIMMM
Aucun programme d'entraînement	Aucun programme d'éducation	Le BIM n'intègre pas la structure organisationnelle	Aucun rôle et responsibilités BIM définis	0 Non-Existant	OBIMA
	Aucune formation	Le BIM n'est pas mentionné dans la structure organisationnelle	Aucune responsabilité BIM définis	0 Non-Existant	SCBIMMM
Programme d'entraînement par un support technique des vendeurs pour les employés spécifiques	Éducation Ad hoc	Champion BIM à l'extérieur de la structure typique organisationnel	La responsabilité BIM est la responsabilité du champion	1 Initial	OBIMA
	Formation technique uniquement donnée au personnel essentiel (dessinateur)	Le gestionnaire BIM/équipe BIM est intégré à la structure organisationnelle	La responsabilité BIM est la responsabilité du Gestionnaire BIM	1 Initial	SCBIMMM
Formation interne avec toues les personnes interagissant avec le BIM	Présentation informel sur le BIM	Petite équipe d'implémentation à l'extérieur de la structure organisationnelle	BIM est la responsabilité du groupe interdisciplinaire BIM	2 Géré	OBIMA
	Formation donnée à tout le personnel interagissant avec le BIM	L'équipe BIM est une entité indépendante dans la structure organisationnelle	Le BIM est la responsabilité des personnes impliquées	2 Défini	SCBIMMM
Programme d'entraînement régulier	Formation informel régulière entre les paires	Groupe BIM interdisciplinaire créé	BIM est la responsabilité de chaque département ou professions	3 Défini	OBIMA
	Programme de formation documenté, partagé et géré	L'équipe BIM comprend des membres de certains départements	Le BIM est la responsabilité des départements impliqués	3 Géré | Partagé	SCBIMMM
Support technique sur demande établi avec l'organisation	Support technique sur demande établi avec l'organisation	Champion BIM dans chaque unité	BIM est la responsabilité de tous et chacuns	4 Gestion Quantitative	OBIMA
	Programme de formation et d'éducation continue, partagé, documenté et géré	Champion BIM pour chaque département	Le BIM est la responsabilité de toutes les antennes/départements	4 Formalisé	SCBIMMM
Les formations sont améliorés entre les sessions BIM de l'organisation.	L'éducation est amélioré entre les sessions BIM de l'organisation.	Équipe d'implémentation BIM supportant les usages BIM dans chaque unité	Les responsabilités BIM sont révisés et ajustés et distribué correctement	5 Optimisé	OBIMA
	Le programme de formation et d'éducation est constamment enrichi par les leçons apprises et la veille	Équipe BIM interdisciplinaire intégrée	Les responsabilités BIM sont révisées et ajustées	5 Optimisé	SCBIMMM

Tableau-A IV-2 Comparaison entre l'OBIMA et le SCBIMMM – Catégorie de l'alignement organisationnel (Suite)

Résistance au changement	Organisationnel	OBIMA
Adhésion	Alignement organisationnel	SCBIMMM
Résistance au changement	0 Non-Existant	OBIMA
Aucune adhésion	0 Non-Existant	SCBIMMM
Besoin établie du BIM	1 Initial	OBIMA
Adhésion de certaines personnes motivées	1 Initial	SCBIMMM
La direction participe	2 Géré	OBIMA
Adhésion de la haute direction	2 Défini	SCBIMMM
Unités participe	3 Défini	OBIMA
Adhésion des équipes de projet dans l'organisation	3 Géré | Partagé	SCBIMMM
Tous les projets sont en BIM	4 Gestion Quantitative	OBIMA
Adhésion de l'ensemble des ressources de l'organisation	4 Formalisé	SCBIMMM
Processus pour convaincre l'entreprise à intégrer le BIM	5 Optimisé	OBIMA
Le changement est intégré à la culture de l'organisation	5 Optimisé	SCBIMMM

Tableau-A IV-3 Comparaison entre l'OBIMA et le SCBIMMM – Catégorie de l'infrastructure

Matériel technologique	Logiciels	Infrastructure	OBIMA
Équipements technologiques (hardware)	Logiciel (software)	Infrastructure	SCBIMMM
Matériel technologique à faible performance	Aucun logiciel BIM	0 Non-Existant	OBIMA
Équipement technologique inadéquat	Aucun logiciel compatible BIM	0 Non-Existant	SCBIMMM
Quelques matériels informatiques à bonne performance	Logiciel permettant d'offrir des données BIM	1 Initial	OBIMA
Quelques équipements pouvant assurer l'utilisation du logiciel BIM	Logiciels capables de lire des fichiers BIM	1 Initial	SCBIMMM
Tous les équipements pouvant assurer l'utilisation du logiciel BIM	Systèmes simples de logiciels BIM	2 Géré	OBIMA
Tous les équipements pouvant assurer l'utilisation du logiciel BIM	Système de base de logiciels BIM	2 Défini	SCBIMMM
Matériels adaptés aux usages et pratiques	Systèmes avancées compatible de logiciels BIM	3 Défini	OBIMA
Matériels adaptés pour soutenir les usages et pratiques	Système avancé de logiciels compatibles BIM	3 Géré | Partagé	SCBIMMM
Matériels adaptés aux usages et pratiques et utilisations de technologies mobiles ou collaboratives	Utilisation de systèmes de logiciels compatibles avec les autres intervenants	4 Gestion Quantitative	OBIMA
Matériels adaptés aux usages et pratiques et utilisation de technologies mobiles et collaborative	Utilisation de systèmes de logiciels compatibles avec les autres intervenants	4 Formalisé	SCBIMMM
Programme établie pour évoluer avec le marché les matériels technologiques BIM requis	Programme établie pour évoluer avec le marché les logiciels BIM	5 Optimisé	OBIMA
Programme établi pour évoluer les équipements technologiques avec le marché requis	Programme établi pour évoluer avec le marché des logiciels BIM	5 Optimisé	SCBIMMM

Tableau-A IV-4 Comparaison entre l'OBIMA et le SCBIMMM – Catégorie de l'infrastructure (Suite)

NOUVEAU	Espace physique	NOUVEAU	Infrastructure	OBIMA
ENTREPRENEUR Equipements technologiques sur le chantier	Espace physique	Déploiement de l'infrastructure	Infrastructure	SCBIMMM
	Aucun espace		0 Non-Existant	OBIMA
Infrastructure informatique traditionnel du chantier	Aucun espace dédié pour pratiquer le BIM	Aucune infrastructure BIM	0 Non-Existant	SCBIMMM
	Un seul interface pour pratiquer le BIM		1 Initial	OBIMA
L'entreprise expérimente une infrastructure BIM via un ou plusieurs projets-pilotes tout en gardant son ancienne infrastructure	Appropriation ad hoc des espaces pour pratiquer le BIM	L'entreprise expérimente une infrastructure BIM via un ou plusieurs projets-pilotes tout en gardant son ancienne infrastructure	1 Initial	SCBIMMM
	Quelques espaces de travail avec interface de pratiques BIM		2 Géré	OBIMA
L'entreprise définit une infrastructure hybride entre l'ancienne et la nouvelle infrastructure BIM	Quelques espaces de travail pour pratiquer le BIM	L'entreprise définit une infrastructure hybride entre l'ancienne et la nouvelle infrastructure BIM	2 Défini	SCBIMMM
	Espace BIM pour la collaboration avec des écrans de proportions adéquates		3 Défini	OBIMA
Contrôle et suivi des avancements des maquettes BIM via un cadre numérique par l'utilisation de technologies mobiles	Espace(s) BIM pour la collaboration avec des écrans de proportions adéquates	L'entreprise applique sa nouvelle infrastructure dans quelques-unes de ses départements	3 Géré | Partagé	SCBIMMM
	Plusieurs espaces BIM pour la collaboration avec des écrans de proportions adéquates		4 Gestion Quantitative	OBIMA
Cadre numérique avancé et collaboratif pour assurer une gestion complète du chantier	Espace(s) BIM pour la collaboration, la visualisation et la coordination avec des outils de visualisation adaptées	L'entreprise applique sa nouvelle infrastructure pour tous ces départements	4 Formalisé	SCBIMMM
	Programme établie pour évoluer avec les méthodes des installations BIM		5 Optimisé	OBIMA
Programme de mise à jour et évolution des méthodes de gestion BIM du chantier selon les avancées	Programme établie pour évoluer avec les méthodes des installations BIM	La firme encourage les autres firmes d'utiliser les infrastructures BIM sur tous les projets et développe ses propres API	5 Optimisé	SCBIMMM

Tableau-A IV-5 Comparaison entre l'OBIMA et le SCBIMMM – Catégorie de la formalisation de modélisation

NOUVEAU	NOUVEAU	Niveau de détails (LOD)	Arborescence des éléments (MEB)	Information	OBIMA
Synchronisation des bases de données	Règles de modélisation	Niveau de détails (LOD)	Arborescence des composantes (MEB)	Formalisation de modélisatio	SCBIMMM
		Aucun niveau de détails définis	Aucune arborescence	0 Non-Existant	OBIMA
Aucune base de données	Absence de règles de modélisation	Aucun niveau de détails défini	Aucune arborescence définie de manière cohérente	0 Non-Existant	SCBIMMM
		LOD défini mais pas standardisé à l'ensemble de l'entreprise	MEB est défini mais pas standardisé à l'ensemble de l'entreprise	1 Initial	OBIMA
Décentralisation des bases de données	Règles de modélisation décentralisée et ad hoc	LOD identifié, mais pas standardisé à l'ensemble de l'entreprise	Le MEB est défini, mais pas standardisé à l'ensemble de l'entreprise	1 Initial	SCBIMMM
		LOD est défini et standard à l'ensemble de l'entreprise	MEB est défini et standard à l'ensemble de l'entreprise	2 Géré	OBIMA
Synchronisation des bases de données par département	Définition de certaines règles de conception par département ou antennes	LOD est défini et zstandardisé à l'ensemble de l'entreprise	Le MEB est défini et standard à l'ensemble de l'entreprise	2 Défini	SCBIMMM
		Les standards LOD s'alignent avec les standards de l'industrie	Les standards MEB s'alignent avec les standards de l'industrie	3 Défini	OBIMA
Synchronisation des bases de données pour tous les départements	Partage des règles de modélisation standardisés au sein de l'organisation	Les standards LOD s'alignent avec les standards de l'industrie	Les standards MEB s'alignent avec les standards de l'industrie	3 Géré | Partagé	SCBIMMM
		LOD défini selon le MVD et le IDM	MEB évolue selon les standards de l'industrie	4 Gestion Quantitative	OBIMA
Compatibilité des échanges de l'information via une plate-forme de communication et d'échange de	Mise à niveau régulière des règles de modélisation et documentées dans le PGB	LOD défini selon le MVD et le IDM (Information Delivery Manual/Model View Definition)	Le MEB évolue selon les standards de l'industrie	4 Formalisé	SCBIMMM
		Les modifications du MVD et IDM industriels sont proposés	Les modifications du MEB standard industriels sont proposés	5 Optimisé	OBIMA
Plateforme qui comprend toutes les passerelles pour synchroniser l'information entre les départements et les bases de données	Optimisation interorganisationnelle des règles de modélisation selon les usages	Les modifications du MVD et IDM industriel sont proposées	Les modifications du MEB standard industriel sont proposées	5 Optimisé	SCBIMMM

Tableau-A IV-4 Comparaison entre l'OBIMA et le SCBIMMM – Catégorie de la formalisation de modélisation (Suite)

NOUVEAU	NOUVEAU	Données des établissements	Information	OBIMA
FABRICANT Nomenclature (BOM)	SOUS-TRAITANT Standardisation des objets	GESTIONNAIRE D'IMMEUBLE Données des établissements	Formalisation de modélisation	SCBIMMM
		Aucune exigences consistentes des données des établissements	0 Non-Existant	OBIMA
Aucun nomenclature définie	Aucune standardisation des objets	Aucune donnée répertoriée sur les établissements	0 Non-Existant	SCBIMMM
		Données des établissements définies mais pas standardisées au sein de l'organisation	1 Initial	OBIMA
La nomenclature est définie, mais pas standardisée à l'ensemble de l'entreprise	Utilisation ad hoc des objets modelisés	Les données des établissements sont décentralisée et ad hoc	1 Initial	SCBIMMM
		Données des établissements définies et standardisées au sein de l'organisation	2 Géré	OBIMA
La nomenclature est définie et standard à l'ensemble de l'entreprise	Utilisation de certains objets modelisés avec les standards du fournisseur	Les données des établissements sont définies mais non-partagées	2 Défini	SCBIMMM
		Les données des établissements s'alignent avec les standards de l'industrie	3 Défini	OBIMA
Les standards de nomenclature s'alignent avec les standards de l'industrie et le MEB	Utilisation de tous les éléments modélisés standardisés du fournisseur	Les données des établissements s'alignent avec les standards de l'industrie	3 Géré | Partagé	SCBIMMM
		Les données des établissements sont alignées avec les standards ouverts	4 Gestion Quantitative	OBIMA
Les standards de nomenclature évolue selon les standards de l'industrie	Collaboration avec les fournisseurs et fabricants pour standardiser des objets sur mesure	Les données des établissements sont alignées avec les standards ouverts	4 Formalisé	SCBIMMM
		Les données des établissements évoluent avec les standards ouverts	5 Optimisé	OBIMA
Les modifications des nomenclatures standards sont proposées	Modification et proposition d'évoluer les standards avec les fournisseurs et les fabricants	Les données des établissements évoluent avec les standards ouverts	5 Optimisé	SCBIMMM

Tableau-A IV-6 Comparaison entre l'OBIMA et le SCBIMMM – Catégorie de la formalisation des relations contextuelles

Processus des projets	Usages des projets	Processus organisationnel	NOUVEAU	Processus	Usages du BIM	OBIMA
Processus interorganisationnels	Usages interorganisationnels	Processus intraorganisationnels	Usages intraorganisationnels	FUSION DES CATÉGORIES	Formalisation des relations contextuelles	SCBIMMM
Aucun processus documenté	Aucun usage du BIM	Auxun processus BIM organisationnel documenté			0 Non-Existant	OBIMA
Aucune procédure documentée	Aucun usage du BIM	Aucune procédure documentée	Aucun usage du BIM		0 Non-Existant	SCBIMMM
Niveau élevé de processus documentés pour chaque intervenant	Nécessité minimal	Niveau élevé de processus documentés pour chaque unité d'opération			1 Initial	OBIMA
Certaines procédures sont documentées à l'interne uniquement	Usages ad hoc	Certaines procédures sont documentées	Usages ad hoc		1 Initial	SCBIMMM
Niveau élevé de processus intégré documenté	usage minimum BIM	Niveau élevé de processus organisationels intégré documenté			2 Géré	OBIMA
Certains flots de travail sont documentés et certaines procédures sont partagées dans le PGB	Usages définis dans le PGB	Toutes les procédures sont documentées et certaines procédures sont partagées	Usages définis selon le plan stratégique de l'entreprise		2 Défini	SCBIMMM
Processus BIM détaillé pour les usages basiques	Usage extensif du BIM avec échanges limités	Processus organisationnels BIM détaillé pour les usages basiques			3 Défini	OBIMA
Tous les flots de travail sont documentés et partagés dans le PGB	Usages définis et gérés selon le phasage dans le PGB	Toutes les procédures sont documentées et partagées	Usages définis selon le plan stratégique de l'entreprise et gérés selon le phasage		3 Géré | Partagé	SCBIMMM
Processus BIM détaillé et documenté pour tous les usages	Usage avec tous les membres dans une phase	Processus BIM détaillé et documenté pour tous les usages			4 Gestion Quantitative	OBIMA
Tous les flots de travail sont définis, cartographiés et partagés dans le PGB	Formalisation des usages interorganisationnelles selon le phasage et le PGB	Tous les processus sont définis, cartographiés et partagés	Formalisation des usages intraorganisationnelles selon le phasage et le plan stratégique de		4 Formalisé	SCBIMMM
Tous les processus sont documenté, maintenu et mis à jour régulièrement	Partage des données à tous les intervenants pour toutes les phases	Tous les processus sont documenté, maintenu et mis à jour régulièrement			5 Optimisé	OBIMA
La performance est mesurée et les flots de travail sont mis à jour régulièrement	Optimisation des usages interorganisationnelles selon les leçons apprises	La performance est mesurée et les processus sont mis à jour régulièrement	Optimisation des usages intraorganisationnelles selon les leçons apprises		5 Optimisé	SCBIMMM

Tableau-A IV-7 Comparaison entre l'OBIMA et le SCBIMMM – Catégorie de la formalisation des relations contextuelles

NOUVEAU	NOUVEAU	NOUVEAU	NOUVEAU	Usages opérationnels	Usages du BIM	OBIMA
FABRICANT Gestion de l'achat	ENTREPRENEUR Contrat BIM	Aptitude à collaborer	Plan de gestion BIM (PGB)		Formalisation des relations contextuelles	SCBIMMM
				Aucun usage opérationnel défini	0 Non-Existant	OBIMA
Aucune gestion de l'achat	Aucune modification aux contrats	Aucune gestion de la collaboration	Aucune gestion des échanges BIM		0 Non-Existant	SCBIMMM
				Modèle BIM tel que construit reçu par les opérations	1 Initial	OBIMA
Suivi des intrants (matières premières) décentralisé	Utilisation de contrats avec quelques adaptations BIM	Collaboration ad hoc	Gestion ad hoc des échanges BIM		1 Initial	SCBIMMM
				Modèle BIM tel que construit imporé ou référencé pour les usages opérationnels	2 Géré	OBIMA
Localisation et suivi des intrants matières premières) centralisé dans une base de données BIM	Utilisation de contrats exigeant le BIM	L'équipe a de l'expérience et partage l'information avec les autres membres de l'équipe	PGB incluant quelques intervenants de la chaîne de l'approvisionnement selon le projet		2 Défini	SCBIMMM
				Les données BIM sont maintenues manuellement	3 Défini	OBIMA
Intégration de quelques départements et partage minimal de la base de données BIM entre les départements ou antennes	Utilisation de contrats BIM	L'équipe conduit les efforts de collaboration et encourage le partage d'information	PGB incluant tous les intervenants de la chaîne de l'approvisionnement selon le projet		3 Géré | Partagé	SCBIMMM
				Les données BIM sont directement intégrées dans	4 Gestion	OBIMA
Intégration des départements et partage de la base de données BIM entre les départements ou antennes	Mise à niveau régulier des contrats BIM	L'entreprise est ouvert à la colocalisation	Formalisation des échanges BIM révisés s'accordant au plan stratégique de l'entreprise		4 Formalisé	SCBIMMM
				Les données BIM sont maintenues avec un système	5 Optimisé	OBIMA
Intégration des fournisseurs, partage des bases de données BIM avec les fournisseurs externes	La firme s'implique avec le gouvernement pour réviser les clauses légales favorisant l'implémentation BIM	L'entreprise adopte la colocalisation dans tous ses projets d'envergure	Mise à jour du PGB selon les leçons apprises		5 Optimisé	SCBIMMM

ANNEXE V

BIM MATURITY MATRIX (BIMM)

Ces images ont été extraites à partir du fichier Excel fourni par Arup. (Duncan et Aldwinckle, 2014). Ceci est un exemple de résultats.

Tableau-A V-1 Feuille de travail du BIMM pour définir le niveau de maturité du projet

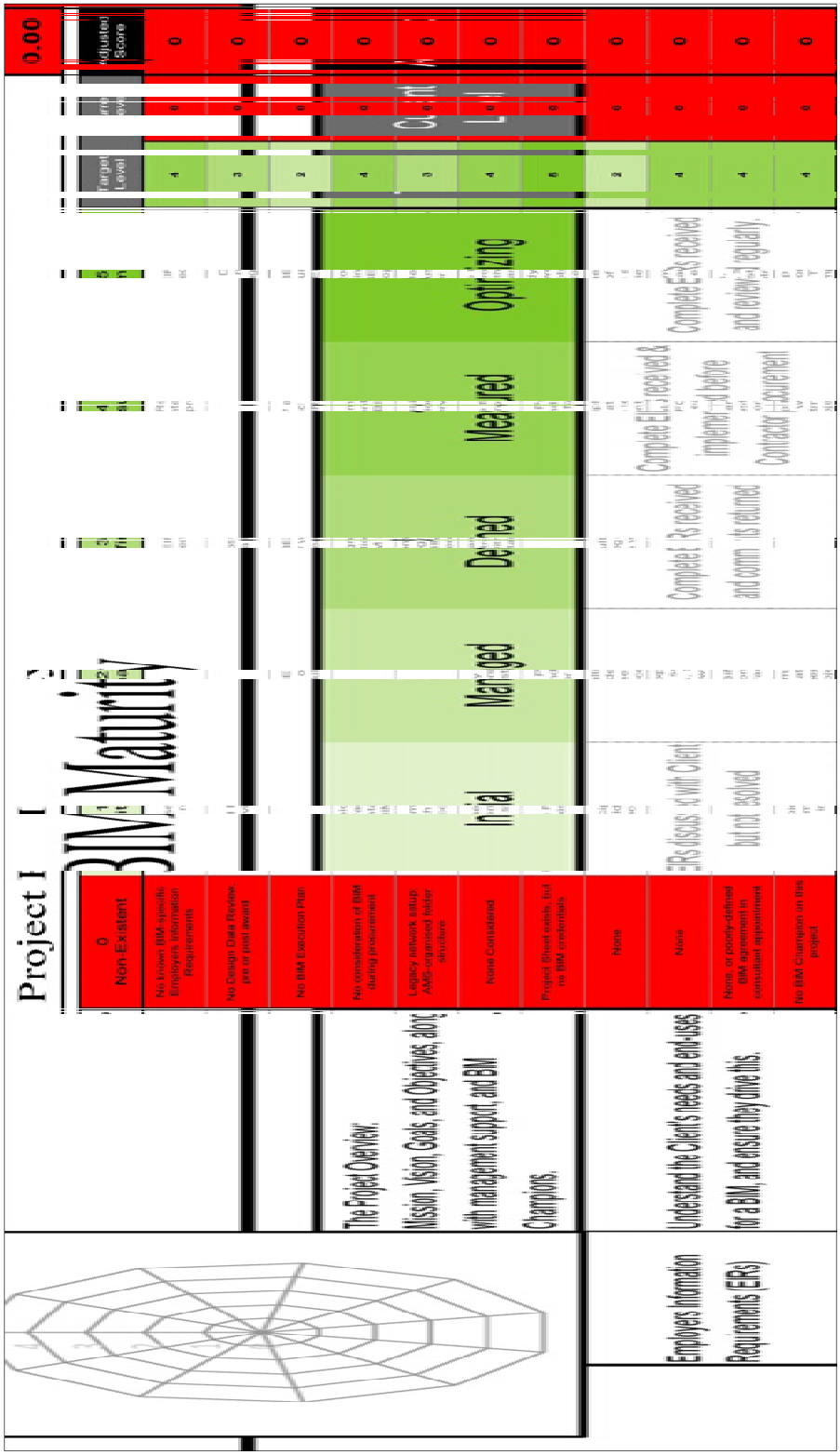
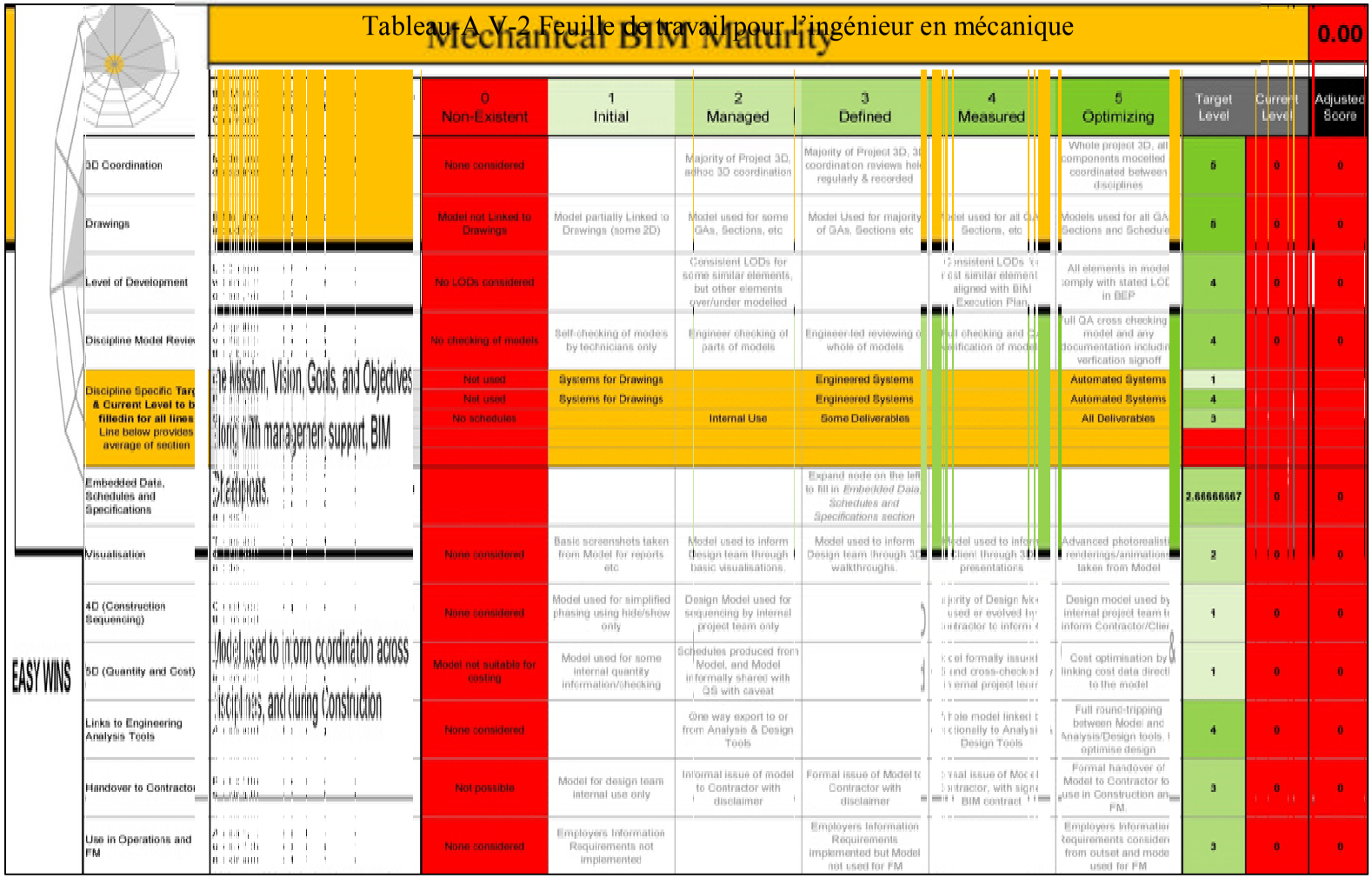


Tableau A V-2 Feuille de travail pour l'ingénieur en mécanique



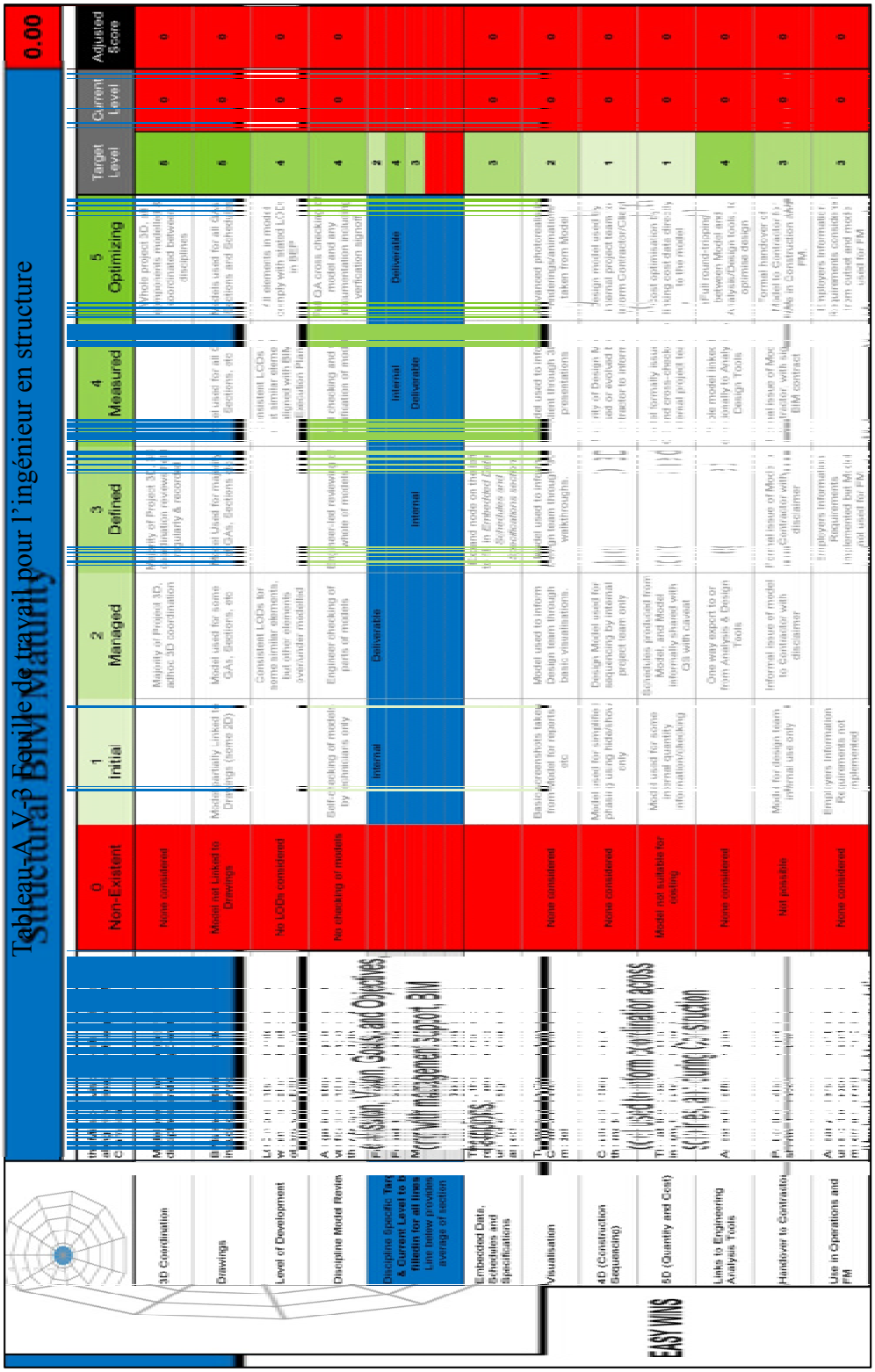

Tableau-A V-3 Bouille de travail pour l'ingénieur en structure
0.00
0 Non-Existent
1 Initial
2 Managed
3 Defined
4 Measured
5 Optimizing
Target Level
Current Level
Adjusted Score
3D Coordination
Drawings
Level of Development
Discipline Model Revies
Discipline Specific Tar & Current Level to b filledin for all lines Line below provides average of section
Embedded Data, Schedules and Specifications
Visualisation
4D (Construction Sequencing)
5D (Quantity and Cost)
Links to Engineering Analysis Tools
Handover to Contractor
Use in Operations and FM
EASY WINS
None considered
Model not Linked to Drawings
No LODs considered
No checking of models
Model not suitable for costing
Not possible
Majority of Project 3D coordination reviewed
Majority of Project 3D adhoc 3D coordination
Model used for some CAs, Sections, etc
Model Used for majority of CAs, Sections, etc
Model used for all CAs, Sections, etc
Consistent LODs for some similar elements, but other elements overlooked/ modelled
Consistent LODs at similar stems aligned with BIM Execution Plan
All elements in model comply with stated LOD in BEP
Self-checking of model by individuals only
Engineer checking of parts of models
Engineer-led reviewing of whole of models
QA cross checking of model and any documentation including verification signoff
Internal
Deliverable
Internal
Deliverable
Internal
Deliverable
Model used to inform Design team through basic visualisations.
Design Model used for sequencing by internal project team only
Schedules produced from Model, and Model informally shared with QS with caveat
One way export to or from Analysis & Design Tools
Informal issue of model to Contractor with disclaimer
Employers Information Requirements implemented but Model not used for FM
Model used to inform Design team through walkthroughs.
Model used for simulation / phasing using limited features only
Model used for some informal quantity information/checking
Model used for design team internal use only
Employers Information Requirements not implemented
Model used to inform Design team through presentations
Design Model used by internal project team only and evolved iteratively to inform design
Model used informally in cost cross-check/ internal project team
Cost optimisation by using some data directly in the model
Full round-tripping between Model and Analysis/Design tools to optimise design
Formal handover of Model to Contractor to inform BIM in Construction and FM.
Employers Information Requirements considered in full and model used for FM
Whole project 3D environments modelled, coordinated between disciplines
Models used for all CAs, Sections and Details
All elements in model comply with stated LOD in BEP
QA cross checking of model and any documentation including verification signoff
Deliverable
Deliverable
Model used to inform Design team through presentations
Design Model used by internal project team only and evolved iteratively to inform design
Model used informally in cost cross-check/ internal project team
Cost optimisation by using some data directly in the model
Full round-tripping between Model and Analysis/Design tools to optimise design
Formal handover of Model to Contractor to inform BIM in Construction and FM.
Employers Information Requirements considered in full and model used for FM
6
6
4
4
2
4
3
5
2
1
1
4
3
3
0
0
0

Tableau-A V-4 Feuille de travail pour l'ingénieur en électricité

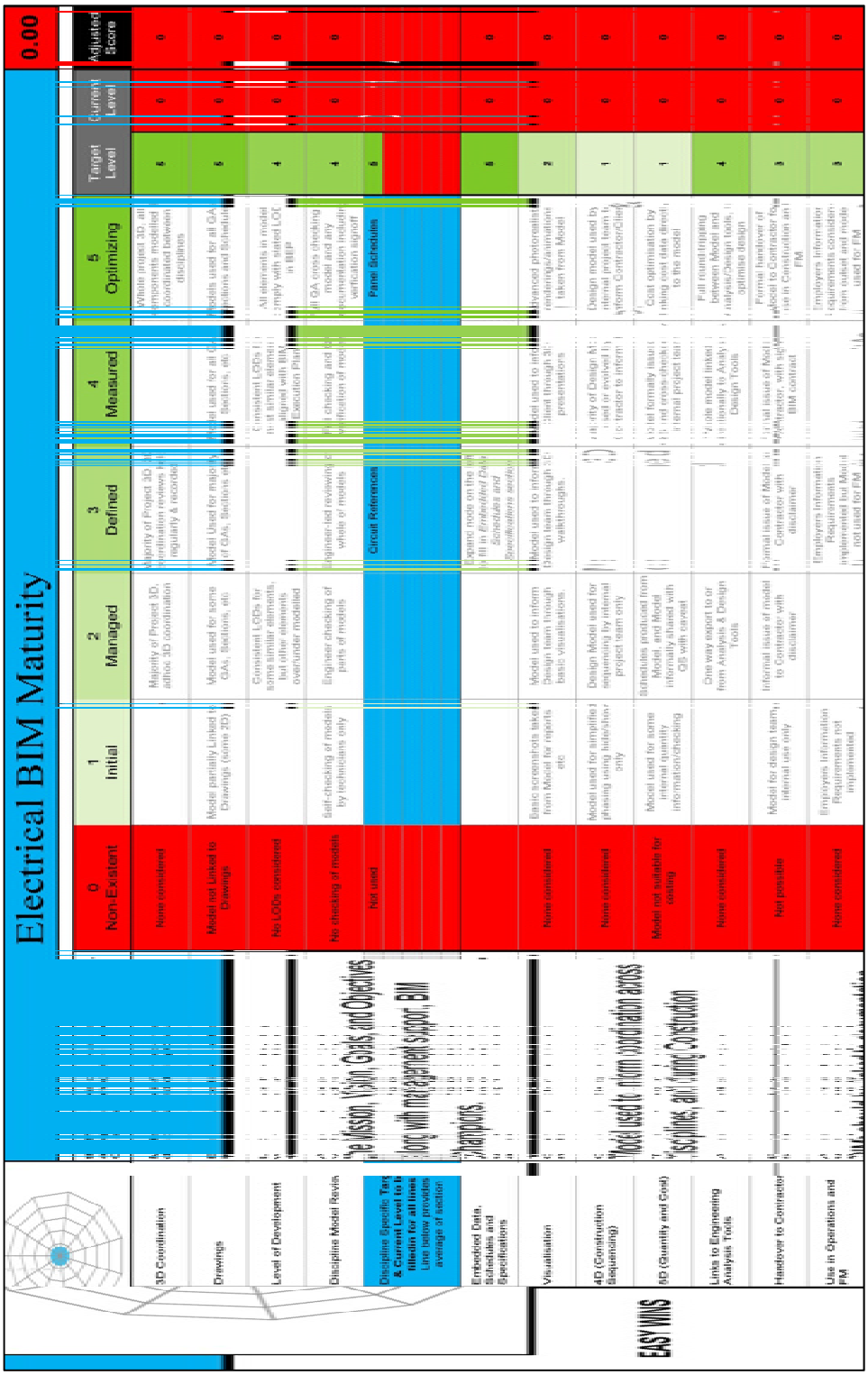
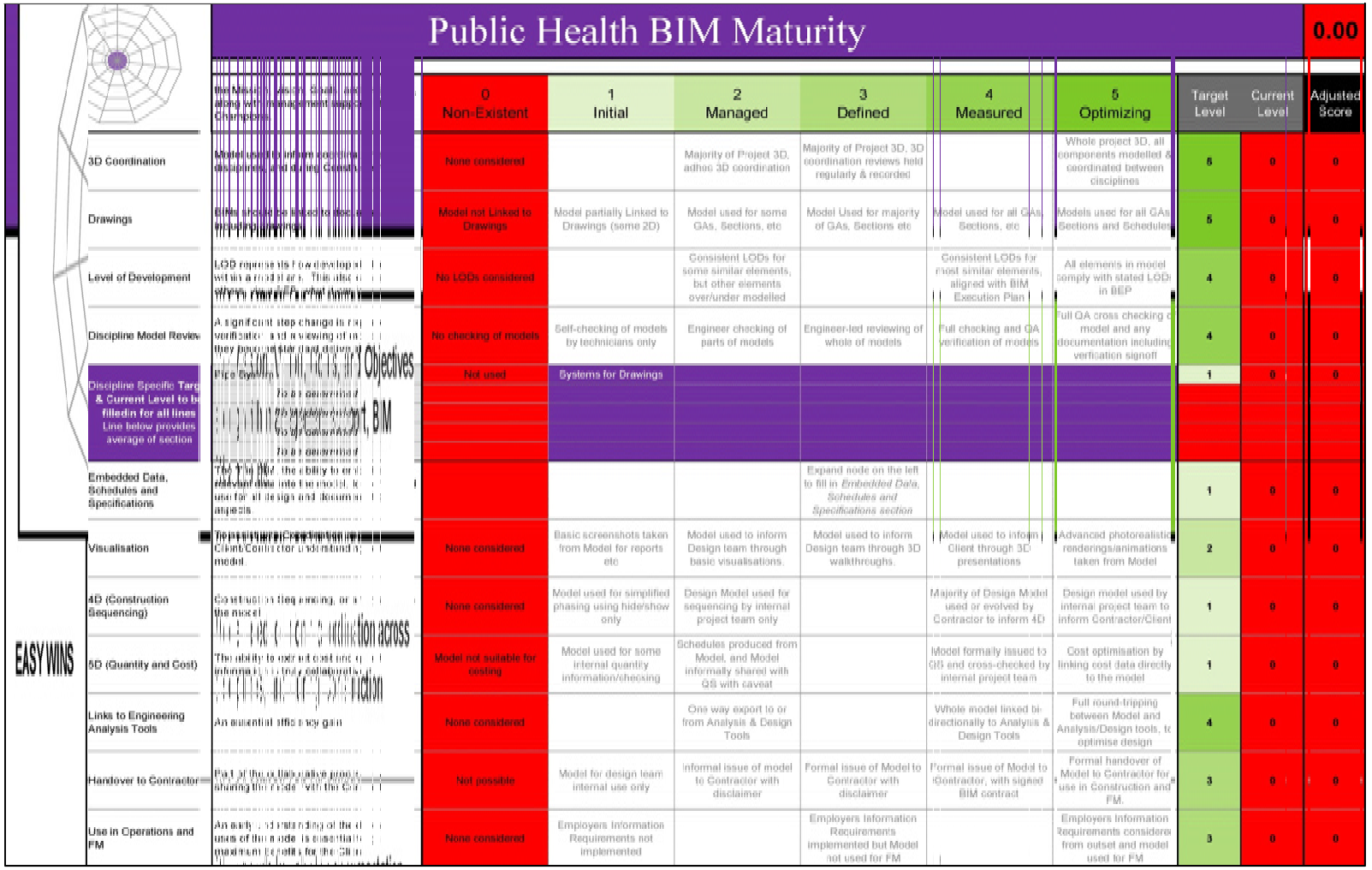


Tableau-A V-2 Feuille de travail pour les représentants du système de santé pour les projets hospitaliers



Public Health BIM Maturity

0.00

		0 Non-Existent	1 Initial	2 Managed	3 Defined	4 Measured	5 Optimizing	Target Level	Current Level	Adjusted Score
	3D Coordination	None considered		Majority of Project 3D, adhoc 3D coordination	Majority of Project 3D, 3D coordination reviews held regularly & recorded		Whole project 3D, all components modelled & coordinated between disciplines	5	0	0
	Drawings	Model not Linked to Drawings	Model partially Linked to Drawings (some 2D)	Model used for some GAs, Sections, etc	Model Used for majority of GAs, Sections etc	Model used for all GAs, Sections, etc	Models used for all GAs, Sections and Schedules	5	0	0
	Level of Development	No LODs considered		Consistent LODs for some similar elements, but other elements over/under modelled		Consistent LODs for most similar elements, aligned with BIM Execution Plan	All elements in model comply with stated LOD in BEP	4	0	0
	Discipline Model Review	No checking of models	Self-checking of models by technicians only	Engineer checking of parts of models	Engineer-led reviewing of whole of models	Full checking and QA verification of models	Full QA cross checking of model and any documentation including verification signoff	4	0	0
	Discipline Specific Targ & Current Level to b filledin for all lines Line below provides average of section	Not used	Systems for Drawings					1	0	0
	Embedded Data, Schedules and Specifications				Expand node on the left to fill in *Embedded Data, Schedules and Specifications section*			1	0	0
	Visualisation	None considered	Basic screenshots taken from Model for reports etc	Model used to inform Design team through basic visualisations.	Model used to inform Design team through 3D walkthroughs.	Model used to inform Client through 3D presentations	Advanced photorealistic renderings/animations taken from Model	2	0	0
	4D (Construction Sequencing)	None considered	Model used for simplified phasing using hide/show only	Design Model used for sequencing by internal project team only		Majority of Design Model used or evolved by Contractor to inform 4D	Design model used by internal project team to inform Contractor/Client	1	0	0
EASY WINS	5D (Quantity and Cost)	Model not suitable for costing	Model used for some internal quantity information/checking	Schedules produced from Model, and Model informally shared with QS with caveat		Model formally issued to QS and cross-checked by internal project team	Cost optimisation by linking cost data directly to the model	1	0	0
	Links to Engineering Analysis Tools	None considered		One way export to or from Analysis & Design Tools		Whole model linked bi-directionally to Analysis & Design Tools	Full round-tripping between Model and Analysis/Design tools, to optimise design	4	0	0
	Handover to Contractor	Not possible	Model for design team internal use only	Informal issue of model to Contractor with disclaimer	Formal issue of Model to Contractor with disclaimer	Formal issue of Model to Contractor, with signed BIM contract	Formal handover of Model to Contractor for use in Construction and FM.	3	0	0
	Use in Operations and FM	None considered	Employers Information Requirements not implemented		Employers Information Requirements implemented but Model not used for FM		Employers Information Requirements considered from outset and model used for FM	3	0	0

Tableau-A V-6 Feuille de travail pour les architectes

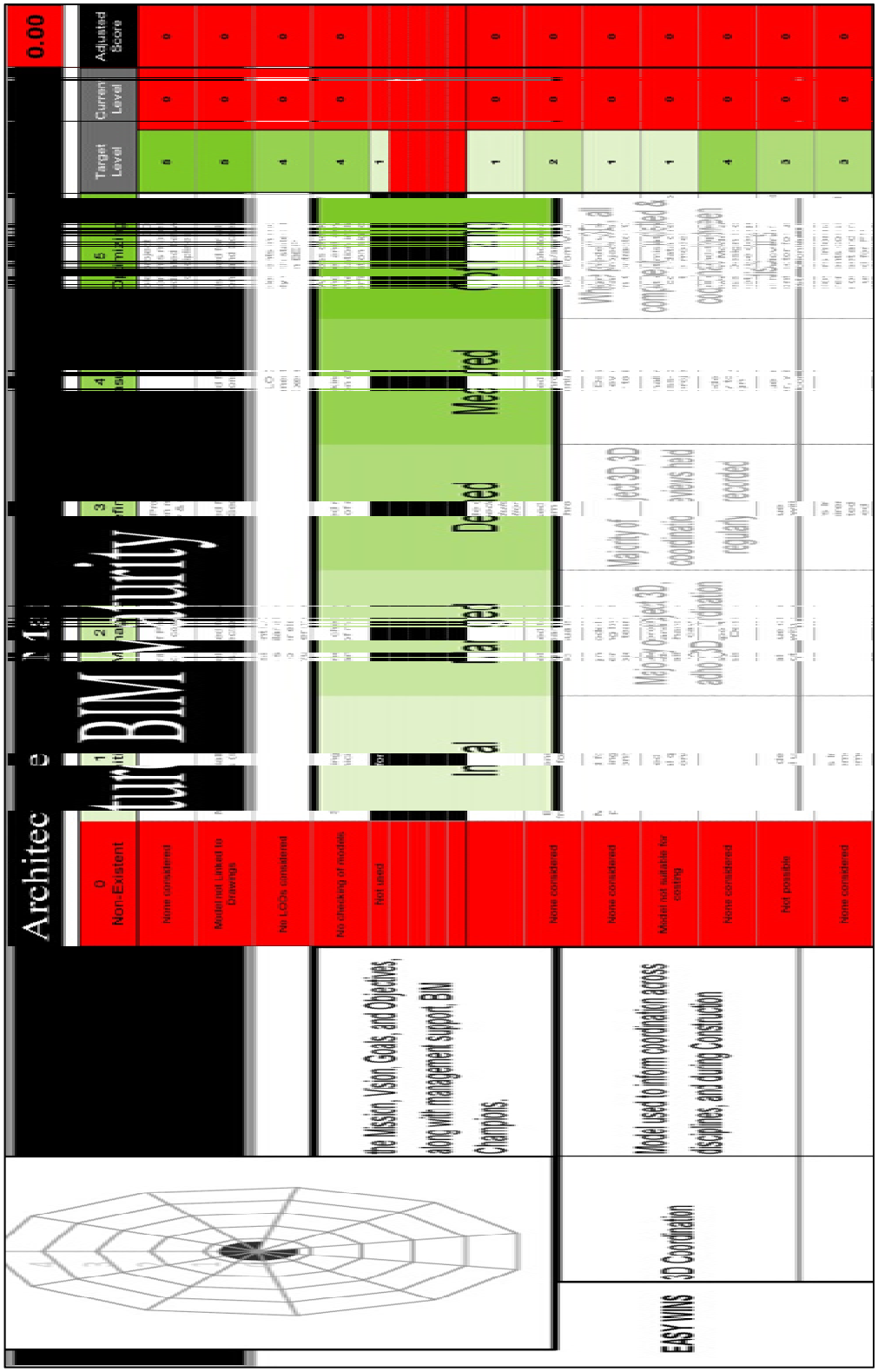
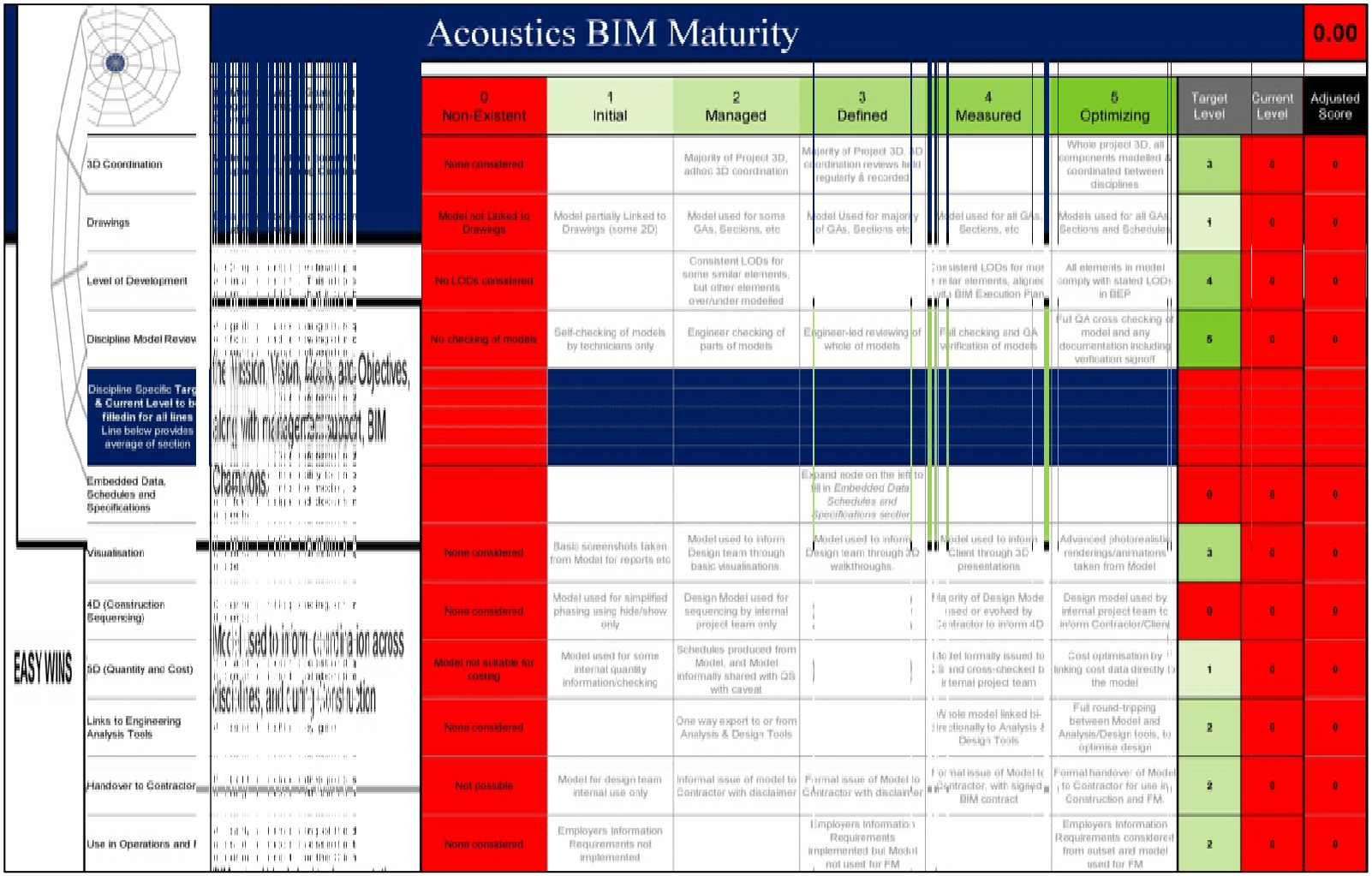


Tableau-A V-8 Exemple de feuille de travail pour le consultant en acoustique. Le même tableau est utilisé pour les spécialistes en civil, toiture, enveloppe, géotechnique et sécurité



Acoustics BIM Maturity

0.00

	0 Non-Existent	1 Initial	2 Managed	3 Defined	4 Measured	5 Optimizing	Target Level	Current Level	Adjusted Score
3D Coordination	None considered		Majority of Project 3D, adhoc 3D coordination	Majority of Project 3D, 3D coordination reviews held regularly & recorded		Whole project 3D, all components modelled & coordinated between disciplines	3	0	0
Drawings	Model not Linked to Drawings	Model partially Linked to Drawings (some 2D)	Model used for some GAs, Sections, etc	Model Used for majority of GAs, Sections etc	Model used for all GAs, Sections, etc	Models used for all GAs, Sections and Schedules	1	0	0
Level of Development	No LODs considered		Consistent LODs for some similar elements, but other elements over/under modelled		Consistent LODs for most similar elements, aligned with BIM Execution Plan	All elements in model comply with stated LODs in BEP	4	0	0
Discipline Model Review	No checking of models	Self-checking of models by technicians only	Engineer checking of parts of models	Engineer-led reviewing of whole of models	Full checking and QA verification of models	Full QA cross checking of model and any documentation including verification signoff	5	0	0
Discipline Specific Targ & Current Level to b filledin for all lines Line below provides average of section									
Embedded Data, Schedules and Specifications				Expand node on the left to fill in *Embedded Data Schedules and Specifications* section			0	0	0
Visualisation	None considered	Basic screenshots taken from Model for reports etc	Model used to inform Design team through basic visualisations.	Model used to inform Design team through 3D walkthroughs.	Model used to inform Client through 3D presentations	Advanced photorealistic renderings/animations taken from Model	3	0	0
4D (Construction Sequencing)	None considered	Model used for simplified phasing using hide/show only	Design Model used for sequencing by internal project team only		Majority of Design Model used or evolved by Contractor to inform 4D	Design model used by internal project team to inform Contractor/Client	0	0	0
5D (Quantity and Cost)	Model not suitable for costing	Model used for some internal quantity information/checking	Schedules produced from Model, and Model informally shared with QS with caveat		Model formally issued to QS and cross-checked by internal project team	Cost optimisation by linking cost data directly to the model	1	0	0
Links to Engineering Analysis Tools	None considered		One way export to or from Analysis & Design Tools		Whole model linked bi-directionally to Analysis & Design Tools	Full round-tripping between Model and Analysis/Design tools, to optimise design	2	0	0
Handover to Contractor	Not possible	Model for design team internal use only	Informal issue of model to Contractor with disclaimer	Formal issue of Model to Contractor with disclaimer	Formal issue of Model to Contractor, with signed BIM contract	Formal handover of Model to Contractor for use in Construction and FM.	2	0	0
Use in Operations and I	None considered	Employers Information Requirements not implemented		Employers Information Requirements implemented but Model not used for FM		Employers Information Requirements considered from outset and model used for FM	2	0	0

EASY WINS

ANNEXE VI

SUPPLY CHAIN MATURITY MATRIX (SCBIMMM)

Tableau-A VI-1 Feuille de travail du SCBIMMM

Indicateur planifié	Pondération	Niveau perçu par l'équipe de production	Niveau perçu par la direction					
Alignement stratégique	**5**	**11,5**	**11,5**	1 Initial	2 Défini	3 Géré | Partagé	4 Formalisé	5 Optimisé
Mission de l'entreprise	**1**	**3**	**3**	Mission de l'entreprise établie	Mission de l'entreprise spécifiée selon des fonctions, services et valeurs, mais non partagée	Mission de l'entreprise spécifiée et partagée selon des fonctions, services et valeurs	Mission de l'entreprise partagée, spécifiée et répertoriée selon un échéancier	Mission de l'entreprise partagée, spécifiée et mise à jour selon l'évolution de l'entreprise
Objectifs de l'entreprise	**1**	**2**	**2**	Objectifs d'entreprise établis	Objectifs d'entreprise alignés avec les fonctions, services et valeurs de l'entreprise, mais non partagés	Objectifs d'entreprise alignés, partagés et spécifiés selon des fonctions, services et valeurs	Objectifs d'entreprise alignés, partagés, spécifiés, quantifiés et répertoriés selon un échéancier (SMART)	Objectifs d'entreprise alignés, partagés, spécifiés (SMART) et mis à jour selon l'évolution de l'entreprise
Vision BIM	**1**	**2**	**2**	Vision BIM établie	Vision BIM alignée avec la mission de l'entreprise, la stratégie et la culture de l'entreprise	Vision BIM alignée et partagée selon la mission de l'entreprise, la stratégie et la culture de l'entreprise	Vision BIM alignée, partagée, spécifiée et répertoriée selon un échéancier	Vision BIM alignée, partagée, spécifiée et mise à jour selon l'évolution de l'entreprise
Objectifs BIM	**1**	**2**	**2**	Objectifs BIM établis	Objectifs BIM alignés avec la mission de l'entreprise, la vision BIM, la stratégie et la culture de l'entreprise	Objectifs BIM alignés et partagés selon la mission de l'entreprise, la vision BIM, la stratégie et la culture de l'entreprise	Objectifs BIM alignés, partagés, spécifiés, quantifiés et répertoriés selon un échéancier (SMART)	Objectifs BIM alignés, partagés, spécifiés (SMART) et mis à jour selon l'évolution de l'entreprise
Support de la haute direction	**1**			Support limité pour évaluer la faisabilité de l'implémentation BIM	Support suffisant avec quelques ressources engagées	Support complet documenté dans une étude de faisabilité (plan d'affaires) BIM et ressources appropriées mobilisées	Support complet avec un engagement limité pour mettre à jour de façon continue la planification	Engagement complet et continu pour supporter le processus d'implémentation
Gestionnaire BIM	**1**	**4**	**4**	Personne désignée par la haute direction pour assurer l'implémentation BIM	Gestionnaire BIM reconnu, mais sans ressources	Gestionnaire BIM reconnu avec les ressources dédiées	Gestionnaire BIM parrainé par un commanditaire	Gestionnaire BIM travaillant étroitement avec le commanditaire
Comité de planification BIM	**1**	**3**	**3**	Petit comité ad hoc d'intervenants motivés	Comité BIM reconnu par l'entreprise	Comité de planification BIM incluant des représentants de l'exécutif	Comité de planification BIM incluant des représentants de tous les départements ainsi que l'exécutif	Les décisions du comité de planification BIM sont intégrées à la gestion stratégique

Tableau-A VI-1 Feuille de travail du SCBIMMM (Suite)

Indicateur planifié	Pondération	Niveau perçu par l'équipe de production	Niveau perçu par la direction					
Alignement organisationnel	**4**	**10**	**13**	1 Initial	2 Défini	3 Géré | Partagé	4 Formalisé	5 Optimisé
Responsabilités BIM	**1**	**2**	**3**	La responsabilité BIM est la responsabilité du Gestionnaire BIM	Le BIM est la responsabilité des personnes impliquées	Le BIM est la responsabilité des départements impliqués	Le BIM est la responsabilité de toutes les antennes/départements	Les responsabilités BIM sont révisées et ajustées
Structure organisationnelle	**1**	**2**	**2**	Le gestionnaire BIM/équipe BIM est intégré à la structure organisationnelle	L'équipe BIM est une entité indépendante dans la structure organisationnelle	L'équipe BIM comprend des membres de certains départements	Champion BIM pour chaque département	Équipe BIM interdisciplinaire intégrée
Formation et éducation	**1**	**2**	**2**	Formation technique uniquement donnée au personnel essentiel (dessinateur)	Formation donnée à tout le personnel interagissant avec le BIM	Programme de formation documenté, partagé et géré	Programme de formation et d'éducation continue, partagé, documenté et géré	Le programme de formation et d'éducation est constamment enrichi par les leçons apprises et la veille technologique
Adhésion	**1**	**2**	**3**	Adhésion de certaines personnes motivées	Adhésion de la haute direction	Adhésion des équipes de projet dans l'organisation	Adhésion de l'ensemble des ressources de l'organisation	Le changement est intégré à la culture de l'organisation
Infrastructure	**4**	**11**	**12**	1 Initial	2 Défini	3 Géré | Partagé	4 Formalisé	5 Optimisé
Logiciel (software)	**1**	**4**	**4**	Logiciels capables de lire des fichiers BIM	Système de base de logiciels BIM	Système avancé de logiciels compatibles BIM	Utilisation de systèmes de logiciels compatibles avec les autres intervenants	Programme établi pour évoluer avec le marché des logiciels BIM
Équipements technologiques (hardware)	**1**	**5**	**5**	Quelques équipements pouvant assurer l'utilisation de logiciel(s) BIM	Tous les équipements pouvant assurer l'utilisation de logiciel(s) BIM	Matériels adaptés pour soutenir les usages et pratiques	Matériels adaptés aux usages et pratiques et utilisation de technologies mobiles et collaboratives	Programme établi pour évoluer les équipements technologiques avec le marché requis
Déploiement de l'infrastructure	**1**	**2**	**3**	L'entreprise expérimente une infrastructure BIM via un ou plusieurs projets-pilotes tout en gardant son ancienne infrastructure	L'entreprise définit une infrastructure hybride entre l'ancienne et la nouvelle infrastructure BIM	L'entreprise applique sa nouvelle infrastructure dans quelques-unes de ses départements	L'entreprise applique sa nouvelle infrastructure pour tous ces départements	La firme encourage les autres firmes d'utiliser les infrastructures BIM sur tous les projets et développe ses propres API
Espace physique	**1**	**0**	**0**	Appropriation ad hoc des espaces pour pratiquer le BIM	Quelques espaces de travail pour pratiquer le BIM	Espace(s) BIM pour la collaboration avec des écrans de proportions adéquates	Espace(s) BIM pour la collaboration, la visualisation et la coordination avec des outils de visualisation adaptées	Programme établi pour évoluer avec les méthodes des installations BIM
ENTREPRENEUR Equipements technologiques sur le chantier	**0**	**0**	**0**	L'entreprise expérimente une infrastructure BIM via un ou plusieurs projets-pilotes tout en gardant son ancienne infrastructure	L'entreprise définit une infrastructure hybride entre l'ancienne et la nouvelle infrastructure BIM	Contrôle et suivi des avancements des maquettes BIM via un cadre numérique par l'utilisation de technologies mobiles	Cadre numérique avancé et collaboratif pour assurer une gestion complète du chantier	Programme de mise à jour et évolution des méthodes de gestion BIM du chantier selon les avancées

Tableau-A VI-1 Feuille de travail du SCBIMMM (Suite)

Indicateur planifié	Pondération	Niveau perçu par l'équipe de production	Niveau perçu par la direction					
Formalisation de modélisation	**5**	**9**	**10**	1 Initial	2 Défini	3 Géré | Partagé	4 Formalisé	5 Optimisé
Arborescence des composantes (MEB)	**1**	**3**	**3**	Le MEB est défini, mais pas standardisé à l'ensemble de l'entreprise	Le MEB est défini et standard à l'ensemble de l'entreprise	Les standards MEB s'alignent avec les standards de l'industrie	Le MEB évolue selon les standards de l'industrie	Les modifications du MEB standard industriel sont proposées
Niveau de détails (LOD)	**1**	**3**	**3**	LOD identifié, mais pas standardisé à l'ensemble de l'entreprise	LOD est défini et standardisé à l'ensemble de l'entreprise	Les standards LOD s'alignent avec les standards de l'industrie	LOD défini selon le MVD et le IDM (Information Delivery Manual/Model View Definition)	Les modifications du MVD et IDM industriel sont proposées
Règles de modélisation	**1**	**1**	**2**	Règles de modélisation décentralisée et ad hoc	Définition de certaines règles de modélisation par départements ou antennes	Partage des règles de modélisation standardisées au sein de l'organisation	Règles de modélisation interorganisationnelle documentées dans le PGB	Mise à jour des règles de modélisation selon les usages
Synchronisation des bases de données	**1**			Décentralisation des bases de données	Synchronisation des bases de données par département	Synchronisation des bases de données pour tous les départements	Compatibilité des échanges de l'information via une plate-forme de communication et d'échange de données	Plateforme qui comprend toutes les passerelles pour synchroniser l'information entre les départements et les bases de données
GESTIONNAIRE D'IMMEUBLE Données des établissements	**0**	**0**	**0**	Les données des établissements sont décentralisées et ad hoc	Les données des établissements sont définies, mais non partagées	Les données des établissements s'alignent avec les standards de l'industrie	Les données des établissements sont alignées avec les standards ouverts	Les données des établissements évoluent avec les standards ouverts
SOUS-TRAITANT Standardisation des objets	**0**	**0**	**0**	Utilisation ad hoc des objets modélisés	Utilisation de certains objets modélisés avec les standards du fournisseur	Utilisation de tous les éléments modélisés standardisés du fournisseur	Collaboration avec les fournisseurs et fabricants pour standardiser des objets sur mesure	Modification et proposition d'évoluer les standards avec les manufacturiers
MANUFACTURIER Nomenclature (BOM)	**1**	**2**	**2**	La nomenclature est définie, mais pas standardisée à l'ensemble de l'entreprise	La nomenclature est définie et standard à l'ensemble de l'entreprise	Les standards de nomenclature s'alignent avec les standards de l'industrie et le MEB	Les standards de nomenclature évoluent selon les standards de l'industrie	Les modifications des nomenclatures standards sont proposées
Formalisation des relations contextuelles	**6**	**5**	**6**	1 Initial	2 Défini	3 Géré | Partagé	4 Formalisé	5 Optimisé
Usages intraorganisationnels	**1**	**3**	**3**	Usages ad hoc	Usages intraorganisationnels définis	Usages intraorganisationnels définis et gérés selon le phasage	Formalisation des usages intraorganisationnels selon le phasage dans le plan stratégique de l'entreprise	Mise à jour des usages intraorganisationnels selon les leçons apprises
Processus intraorganisationnels	**1**	**0**	**1**	Certaines procédures sont documentées	Toutes les procédures sont documentées et certaines procédures sont partagées	Toutes les procédures sont documentées et partagées	Tous les processus sont définis, cartographiés et partagés	La performance est mesurée et les processus sont mis à jour régulièrement

Tableau-A VI-1 Feuille de travail du SCBIMMM (Suite)

Indicateur planifié	Pondération	Niveau perçu par l'équipe de production	Niveau perçu par la direction					
Formalisation des relations contextuelles	**6**	**5**	**6**	1 Initial	2 Défini	3 Géré | Partagé	4 Formalisé	5 Optimisé
Usages interorganisationnels	**1**	**1**	**1**	Usages ad hoc	Usages interorganisationnels définis	Usages interorganisationnels définis et gérés selon le phasage	Formalisation des usages interorganisationnels selon le phasage dans le PGB	Mise à jour des usages interorganisationnels selon les leçons apprises
Processus interorganisationnels	**1**	**0**	**0**	Certaines procédures sont documentées à l'interne uniquement	Certains flots de travail sont documentés et certaines procédures sont partagées dans le PGB	Tous les flots de travail sont documentés et partagés dans le PGB	Tous les flots de travail sont définis, cartographiés et partagés dans le PGB	La performance est mesurée et les flots de travail sont mis à jour régulièrement
Planification de gestion BIM (PGB)	**1**	**1**	**1**	Gestion ad hoc des échanges BIM	PGB incluant quelques intervenants de la chaîne de l'approvisionnement selon le projet	PGB incluant tous les intervenants de la chaîne de l'approvisionnement selon le projet	Formalisation des échanges BIM révisés s'accordant au plan stratégique de l'entreprise	Mise à jour du PGB selon les leçons apprises
Aptitude à collaborer	**1**	**2**	**3**	Collaboration limité	L'entreprise partage l'information avec quelques intervenants de la chaîne de l'approvisionnement	L'entreprise partage l'information avec tous intervenants de la chaîne de l'approvisionnement	L'entreprise est ouverte à la colocalisation	L'entreprise adopte la colocalisation dans tous ses projets d'envergure
ENTREPRENEUR Contrat BIM	**0**	**1**	**2**	Utilisation de contrats avec quelques adaptations BIM	Utilisation de contrats exigeant le BIM	Utilisation de contrats BIM	Mise à niveau régulière des contrats BIM	La firme s'implique avec le gouvernement pour réviser les clauses légales favorisant l'implémentation BIM
MANUFACTURIER Gestion de l'achat	**0**			Suivi des intrants (matières premières) décentralisé	Localisation et suivi des intrants (matières premières) centralisé dans une base de données BIM	Intégration de quelques départements et partage minimal de la base de données BIM entre les départements ou antennes	Intégration des départements et partage de la base de données BIM entre les départements ou antennes	Intégration des fournisseurs par le partage des bases de données BIM avec les fournisseurs externes
Totals	**24**	**46,5**	**52,5**					

Tableau-A VI-2 Recalibrage selon la pondération des indicateurs

Profile de maturité BIM					
Indicateur BIM Planifié	**Total possible**	**Pondération (de 0 à 1)**	**Niveau perçu par l'équipe de production**	**Niveau perçu par la direction**	**Niveau Désiré**
Alignement stratégique	25	5	11,5	11,5	**N/A**
Alignement organisationnel	20	4	10	13	**N/A**
Infrastructure	20	4	11	12	**N/A**
Formalisation de modélisation	25	5	9	10	**N/A**
Formalisation des relations contextuelles	30	6	5	6	**N/A**
Indicateur BIM Planifié	**Total possible**	**Pondération (de 0 à 1)**	**Niveau perçu par l'équipe de production**	**Niveau perçu par la direction**	**Niveau Désiré**
Alignement stratégique	**25**	**5**	**57,5**	**11,5**	**N/A**
Mission de l'entreprise	2,5	0,5	1,5	1,5	**N/A**
Objectifs de l'entreprise	2,5	0,5	1	1	**N/A**
Vision BIM	2,5	0,5	1	1	**N/A**
Objectifs BIM	2,5	0,5	1	1	**N/A**
Support de la haute direction	5	1	0	0	**N/A**
Gestionnaire BIM	5	1	4	4	**N/A**
Comité de planification BIM	5	1	3	3	**N/A**
Alignement organisationnel	**25**	**4**	**40**	**13**	**N/A**
Responsabilités BIM	5	1	2	3	**N/A**
Structure organisationnelle	5	1	2	2	**N/A**
Aptitude à collaborer	5	1	2	3	**N/A**
Formation	5	1	2	2	**N/A**
Adhésion	5	1	2	3	**N/A**
Infrastructure	**20**	**4**	**44**	**12**	**N/A**
Logiciel (software)	5	1	4	4	**N/A**

Tableau-A VI-2 Recalibrage selon la pondération des indicateurs

Indicateur BIM Planifié	Total possible	Pondération (de 0 à 1)	Niveau perçu par l'équipe de production	Niveau perçu par la direction	Niveau Désiré
Équipements technologiques (hardware)	5	1	5	5	**N/A**
Déploiement de l'infrastructure	5	1	2	3	**N/A**
Espace physique	5	1	0	0	**N/A**
ENTREPRENEUR Equipements technologiques sur le chantier	0	0	0	0	**N/A**
Formalisation de modélisation	**25**	**5**	**9**	**10**	**N/A**
Arborescence des composants (MEB)	5	1	3	3	**N/A**
Niveau de détails (LOD)	5	1	2	2	**N/A**
Règles de modélisation	5	1	3	3	**N/A**
Synchronisation des bases de données	5	1	1	2	**N/A**
GESTIONNAIRE D'IMMEUBLE Données des établissements	0	0	0	0	**N/A**
SOUS-TRAITANT Standardisation des objets	0	0	0	0	**N/A**
MANUFACTURIER Nomenclature (BOM)	5	1	0	0	**N/A**
Formalisation des relations contextuelles	**25**	**6**	**5**	**6**	**N/A**
Usages intraorganisationnels	5	1	3	3	**N/A**
Processus intraorganisationnels	5	1	0	1	**N/A**
Usages interorganisationnels	5	1	1	1	**N/A**
Processus interorganisationnels	5	1	0	0	**N/A**
Planification de gestion BIM (PGB)	5	1	1	1	**N/A**
ENTREPRENEUR Contrat BIM	0	0	0	0	**N/A**
MANUFACTURIER Gestion de l'achat	0	0	0	0	**N/A**
Totals	**120**	**24**	**46,5**	**52,5**	**N/A**

Tableau-A VI-3 Synthèse du profil de maturité du manufacturier

Indicateur BIM planifié	Pondération	Niveau perçu par l'équipe de production	Niveau perçu par la direction	Niveau Désiré	Total possible	Proportion
Alignement stratégique	5	46%	46%	**N/A**	25	21%
Alignement organisationnel	4	50%	65%	**N/A**	20	17%
Infrastructure	4	55%	60%	**N/A**	20	17%
Formalisation de modélisation	5	36%	40%	**N/A**	25	21%
Formalisation des relations contextuelles	6	17%	20%	**N/A**	30	25%

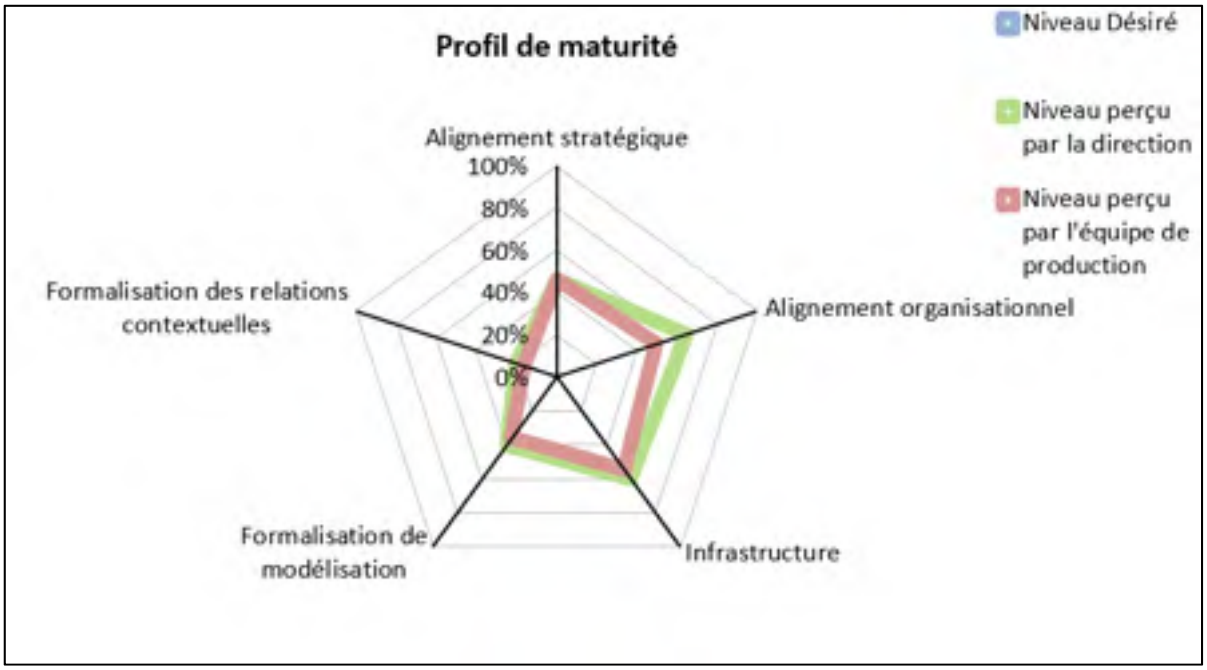
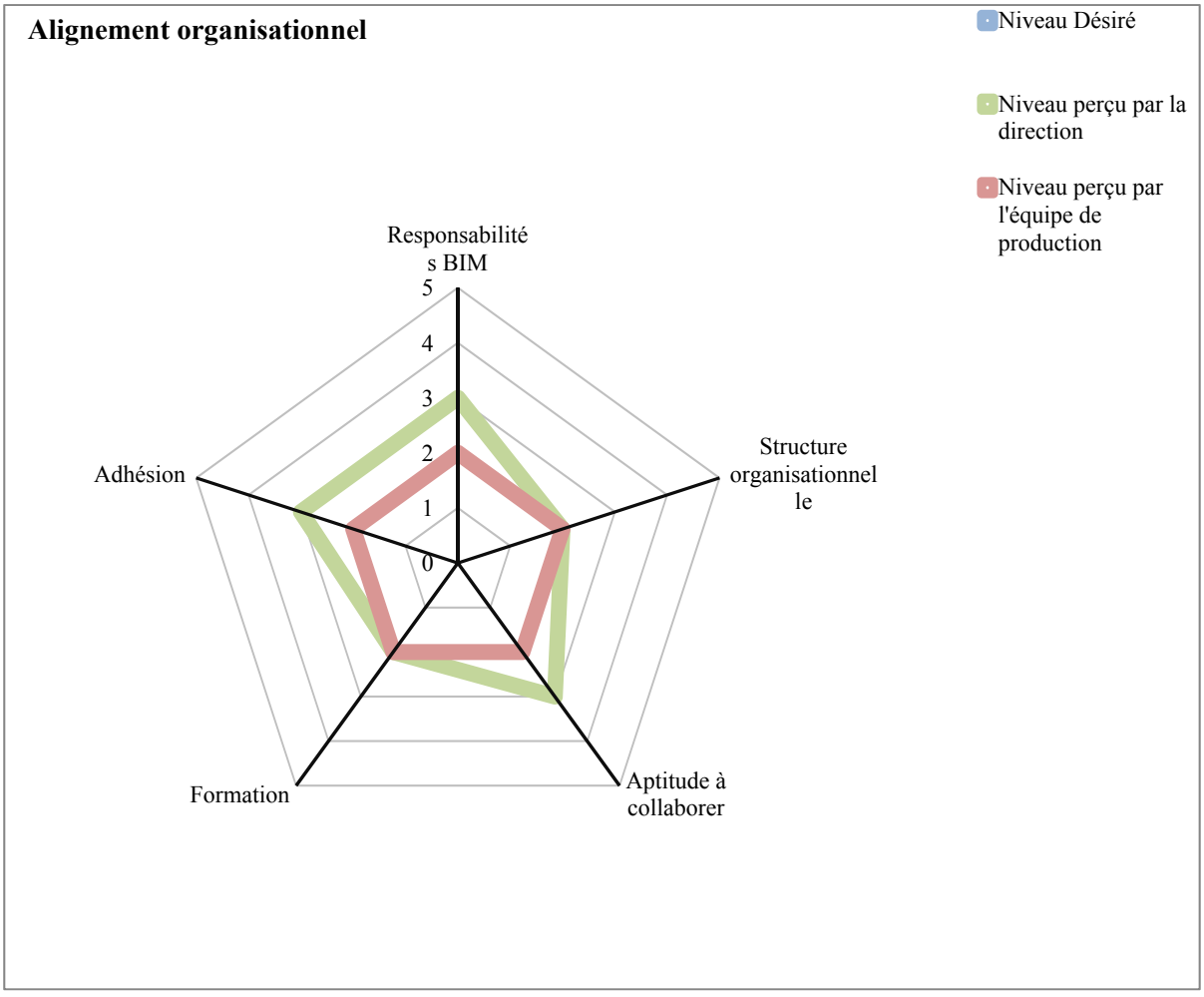


Tableau-A VI-4 Profil de maturité du manufacturier au niveau de la catégorie de l'alignement organisationnel

Profile de maturité BIM				
Alignement organisationnel	Pondération (de 0 à 1)	Niveau perçu par l'équipe de production	Niveau perçu par la direction	Niveau Désiré
Responsabilités BIM	1	2	3	**N/A**
Structure organisationnelle	1	2	2	**N/A**
Aptitude à collaborer	1	2	3	**N/A**
Formation	1	2	2	**N/A**
Adhésion	1	2	3	**N/A**



ANNEXE VII

BIM PROJECT PROCESS MODELLING : FEEDBACK ON A CO-CONSTRUCTION COLLABORATIVE PROCESS

Eva-Charlotte Forgues[1], Vincent Carignan[1], Daniel Forgues[1] and Samia Ben Rajeb[2]

[1] Department of Construction Engineering, École de Technologie Supérieure,
1100 Notre-Dame Ouest, Montreal, Quebec, Canada H3C 1K3
[2] LUCID Lab for User Cognition & Innovative Design, University of Liège
Quartier Polytech 1, Allée de la découverte 9, BAT 52, Liège, Belgique B4000

Article de conférence soumis pour « International Conference on Cooperative Design, Visualization and Engineering », Octobre 2016

Abstract. BIM is often presented as a collaborative platform. However, the core principle of BIM is about sharing data through centralized or distributed platforms. Collaboration is not at the heart of BIM. It is about requiring the actors of the construction project network to reconfigure their patterns of relationships to facilitate the production and exchange of the project data and the information processing using this platform. Organization of work in construction is highly linear and fragmented, and the construction project stakeholders don't have the tools to understand and represent how information is created and processed among them.

This paper presents a collaborative mapping approach that help construction project stakeholders to visualize the existing patterns emerging from their use of BIM. Through a collaborative action-research project, different key stakeholders are invited to participate into the co-construction of a visual mapping of the information processing for the production of the BIM model within the various organizations. The mappings for the whole project were assembled to extract the divergent perceptions and domain-based visions of each participant. The main contribution of this research is a framework for the co-construction of a project

process modelling. The aim is to reduce the barriers and conflicts that emerge in a collaborative process.

Keywords: Collaboration, BIM, barriers, process mapping, perceptions

Introduction

The AEC (Architecture, Engineering and Construction) industry context is unique and complex. Fragmentation is considered as the main cause to this complexity and uniqueness inducing complications in collaboration, communication and information flows(Eastman *et al.*, 2008). Building Information Modelling (BIM) challenges this fragmentation by offering a centralized platform of shared information and common models. BIM tools are said to enhance efficiency and productivity and to increase the performance of the building product through multiple usages (Crotty, 2012). The potential of BIM tools is obvious, however, the traditional practices and trust-based team practices are strong hindrances to a successful BIM implementation in the industry (Miettinen et Paavola, 2014). Consequently, various studies claim that the BIM promises fall short of expectations (Miettinen et Paavola, 2014) and underline the need to reform the traditional practices (Groleau *et al.*, 2012 ; Forgues, Koskela et Lejeune, 2009 ; Miettinen et Paavola, 2014). We argue that, to mark the areas of conflicts that impede the transitory process between traditional practices to a new mindset (Kiviniemi, 2011), process mapping can be used as a visualization tool to understand and act on redefining collaborative practices around the BIM artefact.

This study proposes a new investigation method based on collaborative research-action developed by LUCID at Université de Liège. This method was adapted to generate project process maps on a BIM project in Quebec. It suggests the collection of data by guiding an actor of the supply chain to model the project process in order to understand and identify their own vision of the collaborative process. The formalization of the mappings will enable comprehension of the visions, semantics, limitations and disparities between the various actors. This method aims to formalize perceptions through process maps. It takes roots in the theory of collaborative research-action where the research team and the participant co-construct

artifacts (in this case, process maps). Afterwards, the development of the protocol of co-construction and the theoretical background will be presented. The data analysis will be centered on isolating in the process maps the gaps and ambiguities in this specific collaborative process.

Theoretical Background

Issues in BIM Collaboration

Miettinen and Paavola suggest that the use of BIM technological tools can deliver their benefits and advantages only if they are fully implemented (Miettinen et Paavola, 2014). Empirical studies have shown that the benefits of BIM implementation are limited by fragmentation of the industry, adversarial relationship between stakeholders, discontinuity in project teams and organizational conditions (Miettinen et Paavola, 2014). In fact, the paradox regarding the so-called collaborative BIM approach is that it excels in finding the coordination problems but it does not support the complexity of solving it through collaboration (Kerosuo *et al.*, 2015 ; Dossick et Neff, 2011). A new mindset of collaboration between the different actors is the key to develop optimized process system for BIM implementation (Kiviniemi, 2011).

A first issue in collaboration is the quality and the quantity of the information exchanges between the stakeholders. The temporary nature of the building projects and the disparities of the various organizations involved in the different stages results in multiple and scattered pieces of information causing low productivity and ineffectiveness of the construction process (Kerosuo *et al.*, 2015).

A second issue in collaboration is the lack of a common shared vision of the project across all participants due to the fragmentation between specific domains and perspectives (Froese, 2006). Each discipline reinterpret the information as variables specific to his domain such as data, tools, languages, perspectives and visions(Dossick et Neff, 2011). Furthermore, the comprehension of information can be deformed and reinterpreted individually by the stakeholder based on his own knowledge, role and expertise [10]. A common language

between all the stakeholders is primordial to target a successful integration between the human activity processes and the technologies in practice [11].

A third issue hindering collaboration is the lack of understanding of the overall process information flows by the stakeholders. In general, players tend to focus and optimize their own specific work, and to address the interdependencies of the others' tasks in a very ad hoc and reactive way (Froese, 2006). Each task is completed with the data that reflects the unique perspective of the player, with little integration between the other views creating a large amount of disparate information based on fragmented perspectives. The fundamental way to deal with this complexity is by defining and decomposing the project work into specific tasks and to underline the interdependencies of these activities(Froese, 2006). Workflows can be used to provide a unifying perspective of the project information exchange, resulting in a common vision and objectives to assure collaboration and efficiency (Turk, 2000).

A fourth issue for collaboration, induced by the introduction of new technology, is the resistance from specialties to evolve their outdated process according to the changes required by the new technological environment. This is characterized by the clash between the market-driven pressure to adjust to rapid technological changes and strong inertia of traditional practices (Kerosuo *et al.*, 2015). These transformations in a collaborative project delivery system affect the workflow of actions and mechanisms that are highly dependent on the barriers and organizational constraints(Poirier, Forgues et Staub-French, 2014). Kiviniemi (Kiviniemi, 2011) emphasizes the need to drive efforts in questioning practices and proposing fundamental process changes to enhance collaboration and information exchanges within a centralized platform. Groleau (Groleau *et al.*, 2012) studies contradictions in the traditional practices induced by technological innovation. She suggests that the behavioural opposition to change is mainly caused by socio-historical barriers. A way to break down these barriers is to expose these contradictions in order to evolve the practices around the new technologies (Groleau *et al.*, 2012).

Co-Construction of Senses and Cognitive Science

Organizational change management linked to the implementation of new technologies such as BIM is based on the group's capacity to comprehend its actual and foreseen situation (Heifetz *et al.*, 2009). A better understanding of its situation allows the group to participate actively in the strategy's development of the new technology's implementation. It also allows the group to adapt itself to its new reality. Collaborative action-research supports this change in every aspect: technological, socio-cognitive and organizational. Collaborative action-research is an interventionist approach that involves the research team as well as the participants from the studied context to collaborate for the collection, processing and analyzing of the research data.(Bourassa, Philion et Chevalier, 2007). Results are obtained from the co-construction of the same activity by the researcher and the other players, which mark a bold distinction from classical scientific research(Reason et Bradbury, 2006). This approach is usually used in educational support, leadership development or in the integration of social parameters in urban planning projects. The originality of this work comes from the adaptation of this approach to the construction sector (Ben Rajeb, Senciuc et Pluchinotta, 2015).

In this study, the objective is to allow the group of players to pool its BIM activities' knowledge, to share and/or transfer skills (McCall Jr., 2004). To do so, this paper proposes an adaptation of a retrospective protocol method that comes from cognitive sciences called crossed auto-confrontation (Clot *et al.*, 2000). In addition to confronting participants with his perceptions of his own project tasks, this research is also a joint analysis by crossing several snapshots of a common process (between one player and another, but also between a researcher and actor with whom he collaborated for this data collection). Therefore, the memory of the participants is crystallized by the action and not only by a simple individual interview. Consequently, the researcher and the participants can co-model the project development process and its implementation in a BIM context. Moreover, by overlapping different maps produced by each stakeholder, we seek to map the overall flow of activities to identify and expose contradictions which are not visible from the mapping of a single stakeholder.

Research Design

This research project is part of a larger one involving two laboratories, the LUCID (ULg) in Liege and the GRIDD (ETS) in Montreal, which aims to develop change management methods focused in the adoption of new collaborative technologies adapted to the peculiar context of construction industry. In this particular study, collaborative research-action method was adapted to design process mapping adding an innovative approach to auto-confrontation.

The Context of Research

This project was selected because of its legal form and its complexity. As a public-private partnership (PPP) contract, subcontractors are typically invited to participate early in the design phase in order to reduce design errors and facilitate collaboration and communication throughout the whole process. The project consists of a 250M CAN$ medium-security detention centre composed of 300 individual cells and eighty beds in different dormitories. The complexity of the project stands on the complete unit separation due to security measures. Ergo, all the technical systems are duplicated to feed, as independent systems, the different wings. Considering this particular context, the general contractor paid special attention to the coordination of the mechanical, electrical and plumbing services (MEP) by using a BIM process.

This research aims to illustrate through the process mapping the BIM collaboration between the major participants in the coordination of the MEP during the different phases. The selected participants were the project manager of the architecture firm, the MEP engineering firm and the mechanical subcontractor. The general contractor had a specific employee, called MEP BIM coordinator, who was in charge of all of the MEP coordination between stakeholders in the overall process. The research started when the construction of the prison was ending in order to collect information about the whole process from the early design to the final product.

The Development of the Protocol

This research protocol was designed to guide the participant to model the various actions and the information exchange between the other stakeholders through the different project stages. To drive this modelling, the project process mapping was co-constructed between the participant and the researcher following a strict protocol. Three major aspects in process modelling were followed:

- The workflow between the various actors;
- The input and output of the information;
- The representation of this information in material objects or documents (Turk, 2000).

To successfully represent these concepts, the research protocol was based on the standard graphic of the Business Process Model and Notation (BPMN) since its notations include the functional aspects of the tasks and activities, the organizational division and the informational entities of documents (Object Management Group (OMG), 2011) into an integrated flow. To facilitate this collaborative method of modelling of information flows, our principal objective was to come up with a soft protocol where the participants would feel comfortable and at ease. Therefore, only the basic modelling elements of BPMN were adopted such as event, gateway, activity, sequenced flow and data objects (Object Management Group (OMG), 2011).

The protocol aims to extract data about these four main concepts: organizational and role division, tasks and activity, documents output and input and collaboration problems. These aspects were divided in four superposed layers. The first layer, named organization and phase division concern the principal project phases and the different stakeholders. Afterward, the participants combined the sequence of tasks and activities between the various identified actors in a second layer called workflow. They were asked to include gateways to identify the decision-making and the involvement of the different stakeholders. Between the phases, events were added to illustrate the causes of the beginning and the ending of the divided stages (Object Management Group (OMG), 2011). For the third layer dataflow, the participants were requested to specify the different documents as input or output between the activities.

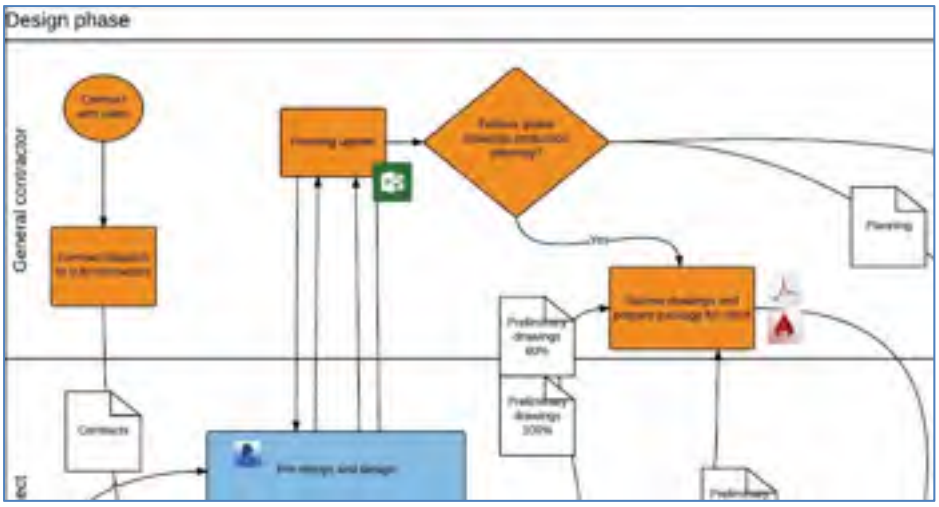


Figure-A VII-1 Partial BPMN processed map by the general contractor

The exercise started with an open discussion on the project to ease the participants and to help them recall the events of the project. Throughout the whole process, the participants were encouraged to explain what they were modelling, to show proofs of documents and to define the emergent conflicts and barriers. As a fifth layer, the problematic zone, the participants were using annotative text and group box (Object Management Group (OMG), 2011) to summarize collaboration problems throughout the process map.

Modelling with cross auto-confrontation was a very long and demanding procedure. The intervention per participant was approximately three to four hours. To assure the validity and reliance of the data, the exercises were divided in shorter meeting of approximately one and a half hour. As the participants were getting eased in the process, their involvement and collaboration were increased and thus outbidding further information.

Data Analysis

As the exercises were fully completed, the process maps were refined and readjusted to fit with a basic BPMN process mapping (example in figure 1). The stakeholders' roles were placed in the same order to facilitate comparison between the different maps. To assure the validity of the generated BPMN process map, the participants were invited to comment on the results and

to answer further questions emerging from the data analysis of the resulting map. To analyze the data, the different types of information were isolated per layer. The research team focused on isolating the perceptions, the semantic differences, the barriers, the contradictions between the perceptions and the ambiguity throughout the overall process.

The Findings

The comparison of the perceived process maps allowed the researchers to identify numerous problems, barriers and semantics ambiguities. The divergence of perceptions on the overall process was shown to be considerable. Consequently, for the purpose of the article, only the major identified problems to collaboration in this specific project will be presented.

Workflow and Dataflow Ambiguity

The results show that the participants had a good knowledge of their own activities, but had problems defining the activities of the other players. Consequently, participants could not easily identify which information they generated was used and how it was used by the others in order to complete their tasks. For instance, two players used large activity box tagged "Producing documents" or "Coordination meeting" as the only activities attributed to another player. They were unable to define precisely the corresponding flow of activities that composed this large interpretation. For instance, when questioned on 3D coordination, the architect said: "The 3D field coordination was the sole responsibility of the general contractor. I did not participate in it for the vast majority of the time" meaning that he took for granted that he did not have any good inputs to put forward since 3D field coordination is not his job.

Another player could not precisely tell from whom, between the subcontractor, the general contractor of the public partner, the information he had as input was coming from. His vision of the overall process was limited to the knowledge of his own role as a group member, as if each player was surrounded by an informational "fog of war". As Kiviniemi puts it, the dependencies of tasks and information exchanges in a process are not sufficiently

comprehended by the group members and it creates hindrances to a successful collaboration process (Kiviniemi, 2011).

As one would anticipate, several symptoms of fragmented work were also emerging from the analysis of the perceived flows. The maps proved to be reliable supports to represent the multiplicity of information that were created at the same time by different players and in different formats.

One could easily note that the actors did not acknowledge the influence of their task on the overall workflow and how it impacted the overall productivity at different stages. Each participant defined a different distribution of work for the four phases. As the professionals put the emphasis on the early phases (using two of four phases to describe the conception phase), the subcontractor and the general contractor put the emphasis on the construction phase, subdividing it into two distinct coordination phases. These discrepancies underline the significance each player grants to his own work and process. The ignorance of the others' processes limits the exchange of information and collaboration by misunderstanding the needs of the other stakeholders.

Traditional Process vs BIM Integrated Process

The activity beginning or ending a phase was usually related to a required document that was driving the whole process at that stage (i.e. plans, contracts or 3D models). The participants usually explained the process on how they were working and collaborating to emit the specific requirements for that phase. This type of perception can be related to the underlying problem of the traditional process of information exchange. It rests on requirements of documents for the completion of the design and construction phases and stages and not about the actual information needed (Kiviniemi, 2011). The participants did not question the validity and the need for optimization of the information processing for every step of their traditional process. For example, after a change in the design, the engineer would not communicate with the subcontractors for coordination and was producing directives with sketches, 2D drawings and

text. The subcontractor was explaining: “Since we got only 2D drawings from the engineer, we had to integrate the information in our own model”. The engineer was following the traditional fragmented and linear process to create uncoordinated information and to transfer it to the next stakeholders as a complete document. The subcontractor was losing a lot of time by remodeling, understanding and coordinating the change. Furthermore, when they were questioned about a task, participants were usually referring to the traditional process in which a specific document requires a specific type of information and activity of work.

Semantic Ambiguity

Efficiency of collaboration in a group is directly dependent on the capacity of the team to create shared mental models and exchange knowledge fluidly (Forgues, Koskela et Lejeune, 2009) through a common vision and language (Froese, 2006). However, the different maps based on each stakeholder’s perception were showing, when compared, large semantic ambiguities about the actions, mechanisms or data. These epistemic barriers were easily identified: participants did not even use the same taxonomy to make reference to the same information, the same tasks or the same phases. For instance, the architects refer as “conception” the stage of early design for the sketching of the geometry and the space layout. For the general contractor, “conception” is the entire phase of design before bidding. In addition, when the participants were formalizing the flows of other stakeholders, they did not use the same semantic definitions of the actions and mechanisms than the other participants. Such epistemic barriers compromise the successful resolution of conflicts or contradictions resulting from collaborative work.

Conclusion and Future Work

This method of collaborative research proposes a new technique to collect data with the use of formalization of processes. Co-construction of the process mapping stimulated the emergence of a shared vision on how the work of the different actors was linked through a complete process modelling. This approach allowed the identification of perception gaps that generate hindrances and conflicts through a collaborative project.

This study was based on a single project case. Hence, the aim of this first exploratory research was to investigate a new participative approach using co-construction process mapping. Since contradictions emerge from the analysis of the process maps, this approach seems to be conclusive. However, more cases should be studied to test the limits of the method.

This paper is a primary investigation in a major research project based on collaborative research action and co-construction of sense. The next step of the study is an optimization and combination of the perceived processes throughout a post-mortem driven by a co-construction method to confront the participants to the emerging contradictions between the traditional and the BIM process. The future research aims to adjust the process map and to suggest an optimized project process that is a step closer to the BIM goal of holistic collaboration.

ANNEXE VIII

TECHNIQUE DE CODAGE

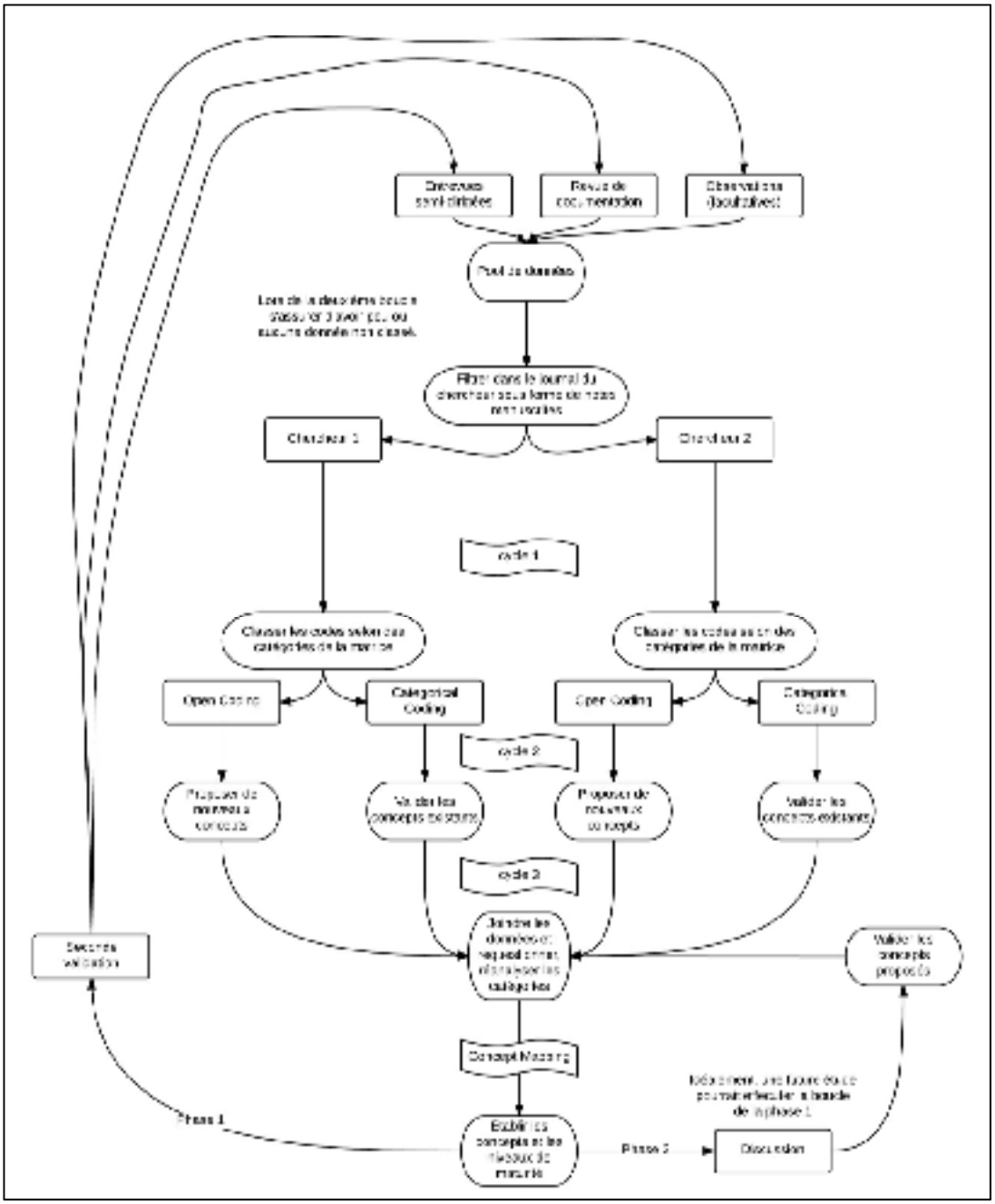


Figure-A VIII-1 Schéma résumant la séquence de codage utilisé pour générer les indicateurs et descripteurs

ANNEXE IX

PROTOCOLE D'ÉVALUATION DE LA MATURITÉ

Tableau-A IX-1 Questionnaire des entrevues

QUESTIONNAIRE GÉNÉRIQUE

1. Évitez les termes techniques et vulgarisés le plus possible. Le participant ne comprend pas nécessairement ce que vous entendez par implémentation BIM, par culture d'entreprise, mission ou vision. Essayer de vous familiariser avec ses termes avant les entrevues pour les vulgariser facilement.
2. Les entrevues sont semi-dirigées. Laissez place à la conversation, éloignez-vous des questions lorsque l'opportunité se présente afin découvrir de nouvelles informations
3. Toujours demander de pouvoir consulter un document lorsqu'il est mentionné
4. Demander au participant d'apporter (ou de mentionner) le document relatif au BIM le plus utilisé dans son rôle et d'expliquer pourquoi. Il peut apporter un document personnalisé (recommandé)

A	**1 à 14**	**Alignement stratégique**	**Questions**	**Questions supplémentaires**	**Exemples**	**Objectifs**
A. 1	1	Mission de l'entreprise	D'après vous, qu'elle est la mission de l'entreprise ?, En d'autres mots, comment définissez vous la raison d'être de l'entreprise	Comment définissez-vous la culture de l'entreprise?	Mission: Croissance durable : accroître la valeur pour la société et les actionnaires tout en réduisant les répercussions sur l'environnement. Culture: Faire toujours mieux	Mesurer l'intégraion du BIM dans la stratégie d'entreprise. Est-ce que la vision est: 1. documentée, 2. Instanciée? Processus: 3. Mesurés 4. Partagé? Alignement 5. Vérifiés?
	2		Quels sont les valeurs, fonctions et services de l'entreprise?		Les valeurs: La sécurité, le bien-être et le respect des gens, la protection de l'environnement ainsi que l'intégrité des individus et de l'entreprise constituent nos valeurs les plus importantes et nous ne les compromettrons jamais.	

Tableau-A IX-1 Questionnaire des entrevues (Suite)

A	1 à 14	Alignement stratégique	Questions	Questions supplémentaires	Exemples	Objectifs
A. 2	3	Objectifs de l'entreprise	Quelles sont les objectifs de l'entreprise pour atteindre cette visée ?	Ces objectifs sont-elles spécifiées selon les fonctions, services et valeurs mentionné précédemment?	Mettre l'entreprise sur le plan internationnal	
	4		Pour un des objectifs donné (en mentionné un), comment répondent-ils aux critères SMART: Spécifique, Mesurable, Atteignable, Pertinent (Relevant) et répertorier dans le temps?	Les objectifs sont-ils mis à jour régulièrement? À quand date les dernières mises à jour?	S: Racheter des entreprises dans des pays en développement M: Investir pour 20M $ A: 20M $ en banque et une dizaine d'entreprises cible R: Acheter ces entreprises augmenteront la valeur de l'entreprise à l'international T: Atteindre l'objectif avant 2020	
A. 3	5	Vision BIM	Quel est la vision BIM? En d'autres mots, qu'est ce que l'entreprise cherche en implémentant le BIM?		Être l'entreprise la plus avancée au Québec en BIM, qui conçoit des solutions BIM afin d'optimiser la performance des bâtiments	Vérifier si la vision BIM est cohérente avec la vision d'entreprise
A. 4	6	Objectifs BIM	Quelles sont les objectifs BIM pour atteindre cette visée ?	Ces objectifs sont-elles spécifiées selon les fonctions, services et valeurs mentionné précédemment?	Implémenté le BIM dans tous les départements d'ici 2020	Vérifier si les objectifs BIM sont cohérents avec les objectifs d'entreprise
	7		Pour un des objectifs donné (en mentionné un), comment répondent-ils aux critères SMART: Spécifique, Mesurable, Atteignable, Pertinent (Relevant) et répertorier dans le temps?	Les objectifs sont-ils mis à jour régulièrement? À quand date les dernières mises à jour?	S: Implémenté le BIM dans tous les départements M: 5 départements A: Le BIM est déjà implémenté dans un de leur département R: le BIM est bénéfique à tous les départements T: Atteindre l'objectif avant 2020	
A. 5	8	Support de la haute direction	L'entreprise a-t-elle un plan stratégique réflétant la mission, les visions et les objectifs mentionnés précédemment? Que comprend ce plan stratégique?	Est-ce possible d'avoir accès à ses documents, ou de les consulter en votre présence?		Mesurer le degré d'engagement de la haute direction dans l'implémentation du BIM. Jusqu'à quel point: 1. la haute direction est commise, 2. des personnes sont mobilisées pour implémenter le BIM (manager / comité)

Tableau-A IX-1 Questionnaire des entrevues (Suite)

	9		L'entreprise a-t-elle réalisé une étude de faisabilité et/ou feuille de route pour l'implémentation du BIM ?	Est-ce possible d'avoir accès à ses documents, ou de les consulter en votre présence?		Vérifier si la firme a étudié et documenté dans un plan d'affaire l'opportunité et la viabilité de l'implémentation
A.6	10	Gestionnaire BIM	Y a t'il un gestionnaire BIM dans l'entreprise?	D'après-vous en quoi consiste son rôle ?		
	11		Est-il impliqué surtout dans les projets ou dans l'organisation?	Comment intervient-il ? Quels sont ses tâches ?		
	12		Y at-il une personne dans la direction de l'entreprise qui est désignée pour collaborer étroitement avec le(s) gestionnaire(s) BIM (nommée commanditaire ou directeur BIM)?	Comment se concrétise cette collaboration ? En quoi consiste le rôle du commanditaire BIM		
A.7	13	Comité de planification BIM	Y a-t-il un comité BIM ou toutes autres formes d'organisation pour s'occuper de l'implémentation BIM?	Qui sont les membres de ce comité? (Membre de la haute direction??) Quel est le rôle du comité BIM? Quels types décisions sont discutés dans ce comité ? Quels sont les départements ou antennes représentés?		
	14		Faites-vous partie de ce comité ?	Si oui Êtes-vous concrétement désignés par l'entreprise ? Quels sont vos rôles ? Comment procédez-vous pour mettre en oeuvre cette implémentation ? > Quelles décisions peuvent-vous prendre pour implémenter le BIM ? > Collaborez-vous avec le gestionnaire BIM ? si oui, comment ? > Un représentant de la haute direction est-il systématiquement associé à vos réflexions ? Savez-vous si tous les départements sont-ils représentés ? Si quelques-uns ? Lesquels ?		

Tableau-A IX-1 Questionnaire des entrevues (Suite)

B	15 à 22	B. Alignement organisationnel	Questions	Questions supplémentaires	Exemples	Objectifs
B.1	15	Responsabilités BIM	Savez-vous s'il y a d'autres personnes, en dehors du gestionnaire BIM et du directeur BIM, qui sont impliquées dans cette implémentation ?	Quels sont les reponsabilités de ses rôles?	Coordonnateur BIM Expert BIM Champion BIM	
	16		En quoi votre rôle ou responsabilités sont rattachés au BIM?			
B.2	17	Structure organisationnelle	Pouvez-vous nous dessiner un exemple de la structure organisationnelle de l'entreprise?	Que pensez-vous de cette structure organisationnelle? Est-elle fonctionnelle? Comment le BIM a affecté ou va affecté cette structure?		S'assurer que la structure organisationnelle est partagée
	18		Où est situé le BIM dans l'organigramme dessiné?	Quels départements pratiquent le BIM dans l'entreprise? Avez vous un organigramme d'entreprise? Pouvons-nous le consulter?		
B.3	19	Formation et éducation	Dans l'entreprise, qui reçoit des formations reliées au BIM?	Ces formations impliquent uniquement l'usage de l'outil BIM(acquis par l'entreprise) ou est-ce relatif à toute la démarche BIM ?		
	20		Avez vous suivi une de ses formations? Si oui, expliquer votre impression?			
	21		Savez-vous qui s'occupe de ces formations ? (par un externe ou en interne) Rencontrer la personne qui s'occupe de ses formations. Demandez à assister à une de ses formations.	Au formateur Intégrent-elles les expériences acquises dans vos projet ? Cette formation est-elle documentée ? Des mises à jours sont prévues ? Savez-vous si ces formations peuvent aussi se faire à la demande ? Pouvons-nous avoir accès aux documents?		
B.4	22	Adhésion	D'après-vous, aujourd'hui, qui adhère à cette insertion du BIM au sein de l'entreprise ?	uniquement des personnes motivées, uniquement la haute direction, toutes les équipes de projet, le personnel du chantier ou des usines?		

Tableau-A IX-1 Questionnaire des entrevues (Suite)

C	23 à 34	Infrastructure	Questions	Questions supplémentaires	Exemples
C.1	23	Logiciel (software)	Quels sont les différents logiciels que vous utilisez dans vos projets impliquant le BIM ?	De manière générale, les logiciels utilisés sont-ils compatibles avec les logiciels des autres départements? Avec les autres intervenants dans un projet?	
	24		Est-ce que tous les logiciels utilisés dans les projets avec le BIM ont la performance voulue ?	Savez-vous s'il y a des ajouts, achats ou mises à jour des logiciels qui sont prévues par l'entreprise ? si oui, quand et en quoi ça consiste ?	Achat de nouveaux logiciels, mise à jour des logiciels, étude de divers logiciels, ajout de plug-ins pour augmenter leur performance
	25		Quels sont les problèmes que vous avez rencontrez en utilisant ces logiciels ?	Les logiciels sont suffisants pour pratiquer les usages BIM?	Problème de de compatibilité entre les logiciels, problème de mise à jour, logiciel non-intuitif etc.
C.2	26	Équipements technologiques (hardware)	Est-ce que tous les ordinateurs utilisés dans les projets avec le BIM ont la performance voulue ?	Savez-vous s'il y a des mises à niveau qui sont prévues par l'entreprise ? si oui, quand et en quoi ça consiste ?	
	27		Quels sont les équipements technologiques spécifiques pour le BIM ?	Utilisez-vous des technologies mobiles?	FTP, serveur, ordinateurs, collecticiels, portail de collaboration, etc. Ipad, tablette, drone, écran collaboratif
	28		Quand vous utilsez votre odinateur, quel genre de problèmes vous rencontrez ?	Les équipements technologiques sont suffissants pour pratiquer les usages BIM?	temps d'attente, crash (plantage), problème de réseau, backup, etc
C.3	29	Déploiement de l'infrastructure	A quel degré (ou en terme de pourcentages) estimez-vous l'utilisation du BIM dans l'entreprise ?	Qu'est ce qui fait en sorte qu'un projet démarre en BIM?	50% des projets de BIM
	30		Est-ce qu'il y a des personnes qui programment les logiciels pour automatiser certaines tâches dans le BIM ?		
	31		Est-ce que, aujourd'hui, l'entreprise applique le BIM à tous ces départements ou uniquement pour quelques uns ?		
C.4	32	Espace physique	Quels sont les espaces dédiés pour pratiquer le BIM?	Serait-ce possible d'en visiter?	
	33		Y a t'il des outils technologiques collaboratifs dans ses salles?	Sont-ils suffisant pour pratiquer les usages BIM? Comment l'entreprise procède pour renoueveler ou améliorer ces installations?	Salle immersive Écran collaboratif
C.5	34	ENTREPRENEUR Équipements technologiques sur le chantier	Est-ce qu'il y a des équipements technologiques sur les chantiers?	Quels sont leurs fonctions? Savez-vous s'il y a des mises à niveau qui sont prévues par l'entreprise ? si oui, quand et en quoi ça consiste ?	Contrôle, Suivi Coordination Gestion

Tableau-A IX-1 Questionnaire des entrevues (Suite)

D	35 à 41	Formalisation de modélisation	Questions	Questions supplémentaires	Exemples	Objectifs
D.1	35	Arborescence des composantes (MEB)	Êtes vous familiés avec le MEB (Model Element Breakdown)? En avez-vous utilisez dans les projets BIM?	Si oui Est-il mentionné dans le PGB (Plan de gestion BIM)? Est-ce que le MEB est basée sur un des standards reconnus par l'industrie ? Si oui, lequel ? Savez-vous si des mises à jour sont prévues selon les standards de l'entreprise ? Avez vous une matrice du MEB que nous pourrions consulter?	Uniformat Masterformat Modèle du NBIMS?	Mesurer le degré d'adoption des pratiques et normes reconnues par l'entreprise et s'assurer que les standards s'alignent avec l'industrie ou les autres intervenants
D.2	36	Niveau de détails (LOD)	Êtes vous familiés avec le LOD (Level of Development)? En avez-vous utilisez dans les projets BIM?	Si oui Est-il mentionné dans le PGB? Est-ce que le LOD est basée sur un des standards reconnus par l'industrie ? Si oui, lequel ? Savez-vous si des mises à jour sont prévues selon les standards de l'entreprise ? Est-il défini selon le MVD (Model View Definition) ou le IDM (Information Delivery Manual) ou tous autres standards pour faciliter la fabrication? Avez vous une matrice du LOD que nous pourrions consulter?	Modèle du AIA?	Se familiariser avec les termes abordés: PGB MEB LOD MVD IDM Standard ouvert BOM
D.3	37	Règles de modélisation	Des règles de modélisation ont-elles étés définies?	Si oui Sont-elles formalisées à l'ensemble de l'entreprise ou du département? Sont-elles mentionnées dans le PGB? Sont-elles révisées avec les autres intervenants pour faciliter les usages? Savez-vous si des mises à jour sont prévues selon les standards de l'entreprise ? Pourrions nous consulter vos documents formalisant ses règles de modélisation?	Protocole de modélisation fournit à l'ensemble de l'entreprise Wiki, chat, etc.	
D.4	38	Synchronisation des bases de données	Comment partagez vous les données entre les départements ou systèmes?	Comment l'information non géométrique est relié avec les modèles numériques ou les plate-formes de collaboration? Les bases de données (ou serveurs) sont-elles partagées entre tous les départements?	Serveurs reliées entre les succursales et départements Cloud Plug-ins	

Tableau-A IX-1 Questionnaire des entrevues (Suite)

E		Formalisation des relations contextuelles	Questions	Questions supplémentaires	Exemples	Objectifs
D.5	39	GESTIONNAIRE D'IMMEUBLE Données des établissements	Est-ce que vous répertoriez les données des établissements?	Est-ce qu'un standard a été développé à l'ensemble de l'entreprise ou de l'industrie? Est-ce que les données suivent les standards ouverts? Expliquez Pourrions nous consulter vos documents formalisant ses données?		
D.6	40	SOUS-TRAITANT Standardisation des objets	Quels objets géométriques sont utilisés dans les modèles numériques?	Est-ce une pratique standardisée? Collaborer vous avec les manufacturier pour concevoir des objets géométriques représentatifs du produit fini?	Bibliothèque générique Bibliothèque développé par l'entreprise Bibliothèque classé selon les manufacturiers et leurs modèles	
D.7	41	MANUFACTURIER Nomenclature (BOM)	Êtes vous familiés avec le BOM (Bills of material)?	Si oui Est-il mentionné dans le PGB (Plan de gestion BIM)? Est-ce que le BOM est basée sur un des standards reconnus par l'industrie ? Si oui, lequel ? Savez-vous si des mises à jour sont prévues selon les standards de l'entreprise ? Avez vous une matrice du BOM que nous pourrions consulter?		
E		Formalisation des relations contextuelles	Questions	Questions supplémentaires	Exemples	Objectifs
E.1	42	Usages intraorganisationnels	Quels sont vos usages(ou utilisation) BIM?	Parmi ses usages, lesquels sont appliqués à la majorité de vos projets BIM? Est ce que les usages sont répertoriés selon le phasage du projet? Ses usages sont-ils répertoriés dans le plan stratégique BIM? Est-ce que les usages évoluent selon les leçons apprises?	Conception : Programmation Execution: Coordination 3D Construction: Simulation	Voir s'ils distinguent les usages et processus intra et interorganisationnelle
E.3	43	Processus intraorganisationnels	Certains de vos procédures (démarches de travail) relatifs à l'usage du BIM dans l'agence ont-ils été documentés ou cartographiés quelque part ?	Si oui, lesquelles ? Les utilisez-vous ? Savez-vous qui les a défini ? Savez-vous s'ils sont souvent mis à jour? Pouvons nous consulter ces documents?		

Tableau-A IX-1 Questionnaire des entrevues (Suite)

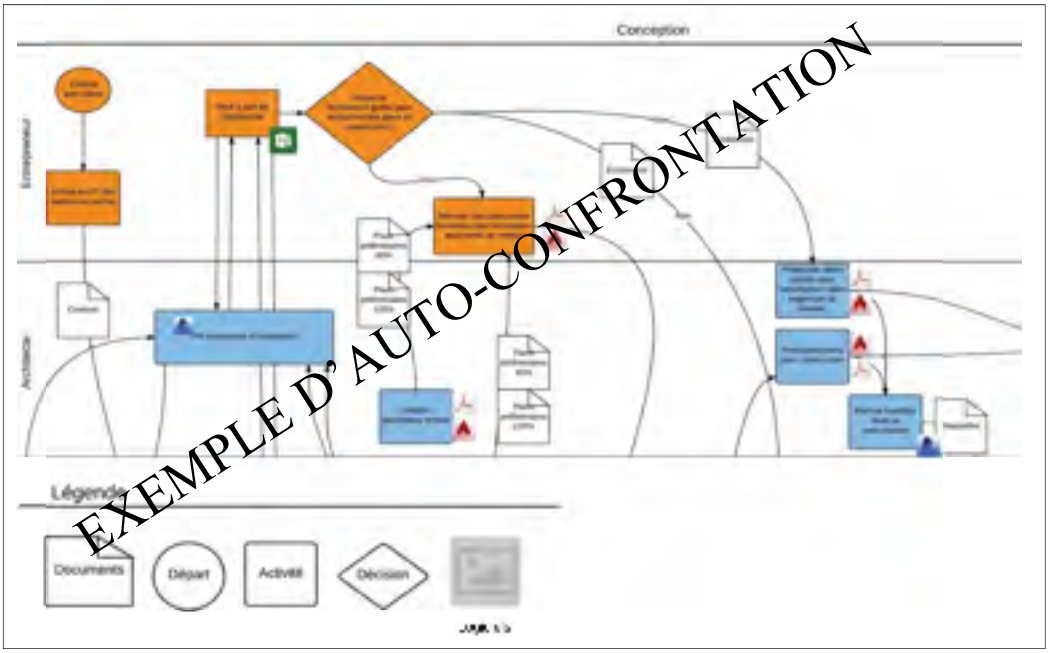
	44	Usages interorganisationnels	Avez-vous pratiqué certains usages dans le cadre de projet BIM qui ne faisait pas partie de vos méthodes organisaitonnelles?	Est-ce que ses usages étaient mentionnés dans le PGB? Est ce que les usages sont répertoriés selon le phasage du projet? Est-ce que les usages évoluent selon les leçons apprises?	Conception : Programmation Execution: Coordination 3D Construction: Simulation	
E.5	45	Processus interorganisationnels	Certains de vos procédures (démarches de travail) relatifs à l'usage du BIM dans un projet particulier ont-ils été documentés ou cartographiés quelque part ?	Si oui, lesquelles ? Les utilisez-vous ? Savez-vous qui les a définis ? Savez-vous s'ils sont souvent mis à jour? Pouvons-nous consulter ces documents?		Est ce que les flots de travail sont formalisé?
E.6	46	Aptitude à collaborer	Est-ce que l'équipe de projet partage les informations avec les autres équipes et entre départements (en interne) ?	Est ce que l'entreprise pousse à favoriser le partage de l'information et la collaboration entre les départements? et les autres intervenants?		
	47		Est-ce que l'équipe de projet partage les informations avec les autres intervenants?	Est ce que l'entreprise est ouvert à la colocalisation? Est ce appliqué pour tous ses projets d'envergure?		
E.7	48	Plan de gestion BIM (PGB)	Savez-vous si un plan de gestion BIM est produit pour chacun des projets ?	Quels intervenants sont inclus dans le PGB? Est ce que les échanges BIM sont formalisés en fonction des objectifs de l'entreprise? Est ce que le PGB est mis à jour de manière régulier selon les leçons apprises Pouvons nous consulter un exemple de PGB?		Mesurer si les échanges sont clairement formalisées entre les intervenants
E.8	49	ENTREPRENEUR Contrat BIM	Avez-vous modifiez les contrats pour faciliter les échanges BIM?	Si oui, Exigez vous le BIM dans vos contrats avec les autres intervenants? Les contrats sont-ils mis à jour régulièrement? Pouvons nous consulter un exemple de contrat BIM?		
E.9	50	MANUFACTURIER Gestion de l'achat	Comment l'entreprise gère le suivi de leurs intrants?	Utilisez-vous des systèmes GPS ou RFID? Comment l'information est géré? Est-elle intégrée dans la plate-forme BIM? Quels sont les failles du processus?		

ANNEXE X

PROTOCOLE D'AUTOCONFRONTATION

Protocole basé sur la co-construction de sens pour décrire l'activité
Protocole based on the co-construction of sense to describe the activity
Durée : 30-120 mn (dépendamment du sujet)
Timing : 30-60 mn (depending on the subject)

Définition de l'autoconfrontation
L'autoconfrontation est une méthode provenant des sciences cognitives définissant une méthodologie d'analyse de l'activité humaine consistant à confronter un ou plusieurs participants à une activité en les incitant à la commenter, en présence d'un interlocuteur. Cette autoconfrontation dans le cadre d'une recherche en BIM est convertie en une entrevue interactive permettant à l'interviewer d'illustrer un workflow particulier. Avant de diriger une autoconfrontation, choisissez un sujet pouvant la diriger. Par exemple, dans le cadre d'une analyse du processus de conception, divers intervenants ont dessiné le processus d'un projet. Ainsi en regroupant les résultats de l'autoconfrontation de l'ingénieur, de l'entrepreneur et du sous-traitant, un échantillon illustrant les contradictions et perceptions de chaque personne permet de dessiner une cartographie « réel ». Généralement, l'autoconfrontation en construction BIM est utilisée pour illustrer les usages et le workflow.



EXEMPLE D' AUTO-CONFRONTATION

Figure-A X-1 Exemple du résultat d'une carte d'autoconfrontation

Protocole d'autoconfrontation ***Self-confrontation protocol***

- Pratiquer *Practice*

> Expliquer le logiciel LucidChart.

Teach the software LucidChart

> Montrer les calques, les icônes, le zoom, la connexion entre les symboles, etc.

Show layers, symbols, zoom, connection, etc.

-Introduire *Introduce*

> Demander à l'interviewé de parler de manière informelle du projet sur lequel il a travaillé via le BIM.

Ask the interviewed person about the most recent BIM project he worked on.

> Ne pas lui demander directement de dessiner.

Don't let him draw yet.

> Faire appel à sa mémoire courte et le faire parler sur des éléments très concrets (programme, phase, m2, équipes concernées, type de tâche qui le concerne, les outils utilisés, son usage du BIM dans le projet, bibliothèque de familles utilisée, niveau de détail géré, etc.).

Call his short memory and question him about concrete elements (program, phases, m2, teams, tools, BIM uses, LOD, etc)

> Ces éléments vont servir soit comme nouveaux exemples pour nourrir la cartographie soit comme moyen pour mieux conduire l'interview à dessiner par la suite.

Those elements will serve you as new examples to nourish the process map and will help you to guide the interviewed person.

- Accompagner *Conduct*

> Aider la personne à formaliser ses dires sans chercher non plus à tout représenter

Help the person to formalise his words. Avoid to represent everything, keep it to the essential.

> Demander : Pouvez-vous nous aider à tracer un organigramme du projet auquel vous avez participé

Ask : Can you please help us to draw a flowchart of this project

Calque 1 Processus ***Layer 1 Process***

Pourriez-vous commencer par définir sur les onglets toutes les phases par lesquelles le projet a évolué ?

We are going to start with defining in the different pages all the phases of the project.

Pourriez-vous définir les intervenants sur l'onglet de verticale?

Identify the team on the vertical tabs

Pourriez-vous nous décrire (chronologiquement) les actions qui ont été réalisées pour cette phase précisément ? Classer les actions par intervenants.

Describe chronologically the actions realised in this precise phase. Class the actions per team member

À l'aide d'un losange, définissez quand des décisions relativement au projet ont été prises. Comment ses décisions ont été prises ?

Using a diamond shape, define the moments of decision in the project? Why and how these decisions were made.

Indiquez si d'autres actions ont été effectuées parallèlement à celles décrites

Indicate any other parallel actions

Calque 2 Workflow ***Layer 2***
Pourriez-vous décrire l'ensemble des documents qui ont été nécessaires pour la réalisation de telle ou telle action ?
Indicate all the required documents for the realisation of each action
Par qui chaque document a été produit ?
Class the documents per team member
Différenciez les documents entrants et ceux sortants
Class the document as an input or output

Calque 3 Dataflow ***Layer 3***
Pourriez-vous préciser l'ensemble des logiciels (ceux que vous connaissez) qui ont été nécessaires pour la réalisation de telle ou telle action ?
Precise the software used in the BIM project
Précisez le passage d'un logiciel à un autre
Define the passage between softwares and its interoperability
Précisez combien de maquettes ont été produites en conséquence
Precise the numbers of numerical models produced

Calque 4 Identification des zones à problèmes ***Problems identification Layer 4***
Quels sont les problèmes que vous avez rencontrés en utilisant ces logiciels ? (problème de compatibilité entre les logiciels, licence, échange, problème de mise à jour, etc.)
What were the problems that slowed this process (Interoperability, licence, exchanges, updates, etc.)
Identifiez-vous d'autres types de problèmes dans le processus que vous venez de décrire?
Define any other types of problems in this flowchart

-Conclure ***Conclude***
> Demander à l'interviewé s'il a d'autres éléments qu'il aimerait ajouter sur ce graphe
Ask if any other elements are missing from the graph
> Préciser que ce schéma sera mis au propre et ne sera pas présenté tel quel
Explain that this flowchart will be presented differently
> Nous allons mettre au propre ce dessin que vous nous avez proposé, pourrions-nous revenir vous consulter pour vous le montrer ? Environ 15 minutes.
Propose to clean and terminate the process map and program a meeting of 15 minutes for approval

Révision ***Revision***
Redessiner selon les cartographies du BPMN 2.0, PennState ou personnel. Demandez au directeur.
Redraw the flowchart according to the standards of BPMN 2.0, Pennstate or create a personal one. Question your director for precision.

LISTE DE RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Van Aken, Joan Ernst. 2004. « Management Research on the Basis of the Design Paradigm: The Quest for Field-Tested and Grounded Technological Rules ». *Journal of Management Studies*, vol. 41, nº 2, p. 219-246.

Van Aken, Joan Ernst. 2005. « Management Research as a Design Science: Articulating the Research Products of Mode 2 Knowledge Production in Management ». *British Journal of Management*, vol. 16, nº 1, p. 19-36.

Aksenova, Gulnaz, Souha Tahrani et Daniel Forgues. 2014. « Cultural-Historical Activity Theory to Introduce Transformations in Architecture and Construction : a Case Study ». *EGOS Colloquuim, 28th*, nº July, p. 26.

Arayici, Yusuf, Paul Coates, Arto Kiviniemi, Lauri Koskela, Mike Kagioglou, Colin Usher et Karen O'Reilly. 2009. « BIM implementation and Adoption Process for an Architectural Practice ». In *Managing IT in Construction / Managing Construction for Tomorrow*. (2009), p. 689-696. CRC Press. <http://usir.salford.ac.uk/9675/>.

Arayici, Yusuf, Farzad Khosrowshahi, Amanda Marshal Ponting et Sas Mihindu. 2009. « Towards Implementation of Building Information Modelling in the Construction Industry ». *Fifth International Conference on Construction in the 21st Century (CITC-V) « Collaboration and Integration in Engineering, Management and Technology » May 20-22, 2009, Istanbul, Turkey*.

Bach, James. 1994. « The Immaturity of CMM ». *American Programmer*, vol. 7, nº September, p. 13-18.

Bourassa, Michelle, Ruth Philion et Jacques Chevalier. 2007. « L'analyse de construits, une co-construction de groupe ». *Éducation Et Francophonie*, vol. 35, nº 2, p. 78-116.

Christopher, Martin. 2011. *Logistics & Supply Chain Management*, 4th éd. Edinburgh Gate : Prentice Hall Financial Times, 1-288 p.

Clot, Yves, Daniel Faïta, Gabriel Fernandez et Livia Scheller. 2000. « Entretiens en auto-confrontation croisée : une méthode en clinique de l'activité ». In *Education Permanente*. <http://pistes.revues.org/3833>. Consulté le 7 avril 2016.

CMMI. 2002. *Capability Maturity Model ® Integration (CMMI SM), Version 1.1*.

Computer Integrated Construction Research Group (CICRG). 2010. *BIM Project Execution Planning Guide Version 2.0*. University Park. <http://www.engr.psu.edu/ae/cic/>.

Computer Integrated Construction Research Group (CICRG). 2013. *BIM Planning Guide for Facility Owners Version 2.0*. University Park. <BIM.psu.edu>.

Computer Integrated Construction Research Program (CICRG). 2012. *Planning Guide for Facility Owners*. University Park. <BIM.psu.edu>.

Crawford, J Kent. 2006. « The Project Management Maturity Model ». *Information Systems Management*, vol. 23, nº 4, p. 50-58.

Crotty, Ray. 2012. *The Impact of Building Information Modelling: Transforming Construction*. Oxon : Spon Press, 232 p.

Deutsch, Randy. 2011. *BIM and Integrated Design: Strategies for Architectural Practice*, 1re éd. New Jersey : John Wiley & Sons, 272 p.

Dossick, Carrie S. et Gina Neff. 2010. « Organizational Divisions in BIM-Enabled Commercial Construction ». *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 136, nº 4, p. 459-467.

Dossick, Carrie Sturts et Gina Neff. 2011. « Messy Talk and Clean Technology: Communication, Problem-Solving and Collaboration Using Building Information Modelling ». *Engineering Project Organization Journal*, vol. 1, p. 83-93.

Dresch, Aline, Daniel Pacheco Lacerda et José Antônio Valle Antunes. 2015. *Design Science Research*. London : Springer International Publishing, 176 p.

Duncan, Andrew et Graham Aldwinckle. 2014. « BM6460 - How to Measure the Impact of Building Information Modelling on Your Business ». In *Autodesk University*. (2014).

Eastman, Chuck, Yeon-Suk Jeong, Rafael Sacks et Israel Kaner. 2010. « Exchange Model and Exchange Object Concepts for Implementation of National BIM Standards ». *Journal of Computing in Civil Engineering*, vol. 24, nº 1, p. 25-34.

Eastman, Chuck, Paul Teicholz, Rafael Sacks et Kathleen Liston. 2008. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. New Jersey : John Wiley & Sons., 1-490 p.

Egan, John. 1998. *Rethinking Construction - The Report of the Construction Task Force*. London.

Elvin, George. 2007. *Integrated Practice in Architecture: Mastering Design-Build, Fast-Track, and Building Information Modeling*, 1re éd. New Jersey : John Wiley & Sons, 272p.

Forgues, Daniel, Lauri Koskela et Albert Lejeune. 2009. « Information Technology as Boundary Object for Transformational Learning ». *Electronic Journal of Information Technology in Construction*, vol. 14, nº March, p. 48-58.

Forgues, Daniel, Sheryl Staub-French, Souha Tahrani et Hasan Burak Cavka. 2011. *Améliorer l'efficacité et la productivité du secteur de la construction grâce aux technologies de l'information*. Montréal.

Fraser, Peter, James Moultrie et Mike Gregory. 2002. « The Use of Maturity Models/Grids as a Tool in Assessing Product Development Capability ». *IEEE International Engineering Management Conference*, vol. 1, p. 244-249.

Froese, Thomas. 2006. « Emerging Information and Communication Technologies and the Discipline of Project ». *Intelligent Computing in Engineering and Architecture*, p. 230-240.

Froese, Thomas. 2010. « The Impact of Emerging Information Technology on Project Management for Construction ». *Automation in Construction*, vol. 19, nº 5, p. 531-538.

Groleau, Carole, Christiane Demers, Mireille Lalancette et Marcos Barros. 2012. « From Hand Drawings to Computer Visuals: Confronting Situated and Institutionalized Practices in an Architecture Firm ». *Organization Science*, vol. 23, nº 3, p. 651-671.

Gu, Ning et Kerry London. 2010. « Understanding and Facilitating BIM Adoption in the AEC Industry ». *Automation in Construction*, vol. 19, nº 8, p. 988-999.

Heifetz, R. A., Robyn Baylor, M Linsky et A Grashow. 2009. « The Practice of Adaptive Leadership: Tools and Tactics for Changing your Organization and the World. » *Harvard Bussiness Press*, nº 87, p. 62-69. <http://www.nclp.umd.edu>.

Henderson, John C. et Natarjan Venkatraman. 1993. « Strategic Alignment: Leveraging Information Technology for Transforming Organizations ». *IBM Systems Journal*, vol. 32, nº 1, p. 472-484.

Holzer, Dominik. 2007. « Are You Talking to Me? Why BIM Alone is not the Answer ». In *Fourth International Conference of the Association of Architecture Schools of Australasia*. (2007), p. 1-7.

Holzer, Dominik. 2012. « BIM's Seven Deadly Sins ». *International Journal of Architectural Computing*, vol. 9, nº 4, p. 463-480.

Jones, Martyn. 2005. « Supply chain management in construction ». In *Construction Project Management: An Integrated Approach*, sous la dir. de Fewings, Peter, 2e éd., p. 308-339.

New York : Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203006986>.

Kassem, Mohamad, Nahim Iqbal, Graham Kelly, Stephen Lockley et Nashwan Dawood. 2014. « Building Information Modelling: Protocols for Collaborative Design Processes ». *Journal of Information Technology in Construction*, vol. 19, p. 126-149.

Kassem, Mohamad, Bilal Succar et Nashwan Dawood. 2013. « A Proposed Approach To Comparing the BIM Maturity of Countries ». In *Proceedings of the CIB W78 2013: 30th International Conference*. (2013), p. 11.

Kerosuo, Hannele, Reijo Miettinen, Sami Paavola, Tarja Mäki et Jenni Korpela. 2015. « Challenges of the Expansive Use of Building Information Modeling (BIM) in Construction Projects ». *Production*, vol. 25, nº 2, p. 289-297.

Kiviniemi, Arto. 2011. « Distributed Intelligence in Design ». In *Distributed Intelligence in Design*, sous la dir. de John Wiley & Sons, Ltd, p. 125-135. Oxford : Blackwell Publishing Ltd.

Lamontage, Stéphanie. 2016. « Development of a Maturity Model for Effective Additive Manufacturing Integration in the Product Development Process ». École de Technologie Supérieure, 216 p.

Luftman, Jerry, Raymond Papp et Tom Brier. 1999. « Enablers and Inhibitors of Business-IT Alignment ». *Communications of the AIS*, vol. 1, nº 3es, p. 1-33. <http://dl.acm.org.ezp.waldenulibrary.org/citation.cfm?id=374122.374123>.

March, Salvatore T et Gerald F Smith. 1995. « Design and Natural Science Research on Information Technology ». *Decision support systems*, vol. 15, p. 251-266. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0167923694000412>.

Mayo, Glenda, Brittany Giel et Raymond Issa. 2012. « BIM Use and Requirements Among Building Owners ». In *Proceedings of the International Conference on Computing in Civil Engineering*. (2012), p. 17-20.

McCall Jr., Morgan W. 2004. « Leadership Development through Experience ». *The Academy of Management Executive*, vol. 18, nº 3, p. 127-130.

Miettinen, Reijo et Sami Paavola. 2014. « Beyond the BIM Utopia: Approaches to the Development and Implementation of Building Information Modeling ». *Automation in Construction*, vol. 43, nº April 2016, p. 84-91.

National BIM Standard. 2007. *National BIM Standard - United States ™ Version 2*.
Object Management Group (OMG). 2011. « Business Process Model and Notation (BPMN)

Version 2.0 ». *Business*, vol. 50, nº January, p. 170. <http://books.google.com/books?id=GjmLqXNYFS4C&pgis=1>.

Oliver, Sandy et Katy Sutcliffe. 2012. « Describing and Analysing Studies ». In *An Introduction to Systematic Reviews*, p. 289. London : SAGE Publications Ltd.

Paulk, Mark C., Bill Curtis, Mary Beth Chrissis et Charles V Weber. 1993. « Capability Maturity Model for Software, Version 1.1 ». nº February. <https://resources.sei.cmu.edu/asset_files/TechnicalReport/1993_005_001_16211.pdf>.

PMI. 2013. « The Organizational Project Management Maturity Model (OPM3) ». p. 27-47.

Poirier, Erik A, Daniel Forgues et Sheryl Staub-French. 2014. « Dimensions of Interoperability in the AEC Industry ». In *Construction Research Congress*. (2014), p. 1987-1996.

Pryke, Stephen. 2009. *Construction Supply Chain Management: Concepts and Case Studies*. Oxford : John Wiley & Sons., 230 p. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01446190903222361>.

Ben Rajeb, Samia, Alexandru Senciuc et Irene Pluchinotta. 2015. « ShareLab , Support for Collective Intelligence ». In *COLLA 2015 : The Fifth International Conference on Advanced Collaborative Networks, Systems and Applications*. (2015), p. 27-33.

Reason, Peter et Hilary Bradbury. 2006. « The Handbook of Action Research - Introduction ». *The Handbook of Action Research - Concise Paperback Edition*, p. 468.

Renken, Jaco. 2004. « Developing an IS/ICT Management Capability Maturity Framework ». *Proceedings of the 2004 Annual Research Conference of the South African Institute of Computer Scientists and Information Technologists on IT Research in Developing Countries*, p. 53–62. <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1035053.1035060>.

Sackey, Enoch, Martin M Tuuli et Andrew Dainty. 2013. « Bim Implementation : From Capability Maturity Models To Implementation Strategy ». *Sustainable Building Conference 2013*, nº 2013, p. 196-207.

Saunders, Mark, Philip Lewis et Adrian Thornhill. 2009. *Research Methods for Business Students*, 5e éd. Harlow : Prentice Hall Financial Times, 649 p.

Senge, Peter M. 2006. *The Fifth Discipline: The Art & Practice of The Learning Organization*, 2e éd. Santa Fe : Doubleday, 445 p.

Staub-French, Sheryl, Daniel Forgues, Ivanka Iordanova, Amir Kassaiah, Basel Abdulaal, Mike Samilski, Hasan Burak Cavka et Madhav Nepal. 2011. « Building information Modeling “Best Practices” Project Report ». p. 1-176.

Strauss, Anselm. 1978. « A Social World Perspective ». *Studies in Symbolic Interaction*, vol. 1, p. 119-28.

Strauss, Anselm et Juliet Corbin. 1998. « Introduction ». In *Basics of Qualitative Research: Techniques and Procedures for Developing Grounded Theory*, 2e éd., p. 3-14. Thousand Oaks : SAGE Publications Ltd. <https://doi.org/10.4135/9781452230153>.

Succar, Bilal. 2009. « Building Information Modelling Maturity Matrix ». *Handbook of Research on Building Information Modeling and Construction Informatics*, nº November, p. 65-103.

Succar, Bilal. 2010. « The Five Components of BIM Performance Measurement ». *Proceedings of CIB World Congress, Salford*, p. 287-300. <http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB18885.pdf>.

Succar, Bilal, Willy Sher et Anthony Williams. 2012. « Measuring BIM performance: Five metrics ». *Architectural Engineering and Design Management*, vol. 8, nº 2, p. 120-142.

Succar, Bilal, Willy Sher et Anthony Williams. 2013. « An Integrated Approach to BIM Competency Assessment, Acquisition and Application ». *Automation in Construction*, vol. 35, p. 174-189. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2013.05.016>.

Taylor, John E. et Phillip G. Bernstein. 2009. « Paradigm Trajectories of Building Information Modeling Practice in Project Networks ». *Journal of Management in Engineering*, vol. 25, nº 2, p. 69-76. <http://ascelibrary.org/doi/10.1061/%2528ASCE%25290742-597X%25282009%252925%253A2%252869%2529>.

Turk, Ziga. 2000. « Communication Workflow Approach to CIC ». *Computing in Civil and Building Engineering*, p. 1094-1101. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.198.8314&rep=rep1&type=pdf>.

Venkatraman, Natarjan. 1994. « IT-Enabled Business Transformation: From Automation to Business Scope Redefinition ». *Sloan management review*, vol. 35, nº 2, p. 73-87. <http://www.cs.jyu.fi/el/tjtse56_10/TJTSE56_Syllabus_files/Venkatraman - IT Enabled Business Transformation - From Automation to Business Scope Redefinition.pdf>.

Vrijhoef, Ruben et Lauri Koskela. 2000. « The Four Roles of Supply Chain Management in Construction ». *European Journal of Purchasing & Supply Management*, vol. 6, nº 3-4, p. 169-178.