

Un cadre d'évaluation empirique de modèles d'évaluation de la mise en œuvre du BIM au niveau organisationnel

par

Emmanuelle NONIRIT

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.

MONTREAL, LE 08 JANVIER 2021

ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE
UNIVERSITÉ DU QUÉBEC



Emmanuelle Nonirit, 2021



Cette licence [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) 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 :

M. Daniel Forgues, directeur de mémoire
Département de génie de la construction à l'École de technologie supérieure

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

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

Mme Christiane Papineau, membre du jury
Département de génie de la construction à l'École de technologie supérieure

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

LE 02 DÉCEMBRE 2020

À L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE

REMERCIEMENTS

Je tiens à adresser mes remerciements à toutes les personnes ayant participé à ce projet de recherche et m'ayant soutenue durant la rédaction de ce mémoire.

Tout d'abord, à messieurs Daniel Forgues et Érik Poirier pour m'avoir guidée et conseillée tout au long de ce projet ainsi que pour leur confiance, le partage de leur expérience et leurs encouragements. Mais aussi, pour avoir discuté et envisagé chacune de mes idées, même les plus inconventionnelles.

Je tiens à remercier monsieur Bilal Succar d'avoir partagé avec moi son expérience inestimable à propos des modèles d'évaluation de l'intégration du BIM. Ainsi que madame Eva-Charlotte Forgues pour ses réponses à chacune de mes questions à propos de son modèle d'évaluation.

Je souhaite aussi remercier le Groupe BIM du Québec, mes partenaires organisationnels. Les entreprises TBC et Provencher_Roy, mes partenaires industriels. Ainsi que le programme MITACS Accélération. Et j'aimerais souligner le support, la patience et la gentillesse de monsieur Sébastien Frenette, madame Geneviève Contant et madame Souha Tahrani qui m'ont non seulement accueillie et guidé dans leurs entreprises respectives, mais ont aussi donné beaucoup de leur temps et de leur expérience.

Un grand merci aussi à toute l'équipe du GRIDD. Aux professeurs Ivanka Iordanova et Ali Motamedi dont les commentaires constructifs m'ont permis de m'améliorer. À Isabelle Jutras pour sa patience et ses corrections minutieuses. Mais aussi à Hafsa, Romain et Mathieu.

Un grand merci aussi à madame Olga Navarro Flores, professeure à l'UQAM, qui par son enthousiasme communicatif m'a poussée à entreprendre une maîtrise.

Et pour finir, je tiens tout particulièrement à remercier ma famille pour leur soutien au quotidien et leur patience. Mes parents, sans qui cela n'aurait pas été possible. Mon frère, pour son courage et sa résilience. Mon compagnon pour m'avoir soutenue et avoir enduré des heures d'explications et de discussions sur mon sujet de recherche.

Un cadre d'évaluation empirique de modèles d'évaluation de la mise en œuvre du BIM au niveau organisationnel

Emmanuelle NONIRIT

RÉSUMÉ

Afin de guider l'implantation du BIM au niveau organisationnel, de nombreux modèles d'évaluation ont été développés pour que les utilisateurs puissent tirer le meilleur parti des processus, technologies et pratiques BIM. Ces modèles empruntent des voies différentes pour répondre aux divers besoins de l'industrie en matière d'informations, de planification, de progression et de bonnes pratiques BIM : ils sont non comparables, non cumulables et présentent des bases théoriques différentes. Nombre d'entre eux manquent de validation empirique par des chercheurs extérieurs à leur développement et la multitude de méthodes et de mesures existantes rendent complexe le choix d'un modèle approprié.

Plusieurs études ont été consacrées à la revue et à l'évaluation de modèles d'évaluation de l'intégration du BIM. Elles étaient soit des revues de modèles similaires selon les mêmes critères, soit des revues de modèles aux bases théoriques différentes, leurs critères devant être adaptés à chaque type de modèle. Contrairement aux évaluations théoriques, l'évaluation empirique offre la possibilité de mettre les modèles d'évaluation du BIM sur un pied d'égalité afin de les évaluer selon les mêmes critères en incluant une majorité de parties prenantes.

Cette recherche-action collaborative et participative présente la collaboration des pôles académiques, industriels et organisationnels pour la mise en place d'un cadre empirique permettant d'évaluer, au niveau organisationnel, les deux modèles d'évaluation pressentis afin d'aider à la diffusion et l'amélioration de l'intégration du BIM au Québec dans le cadre de l'Initiative Construction Québec 4.0. Les modèles de maturité SCBIMMM et de compétences MCBIMQ ont été évalués dans le cadre d'une étude de cas. Pour cela, nous avons développé un outil permettant de valider l'adéquation du modèle par rapport à son environnement et l'intention de ses développeurs. Il se base sur l'applicabilité de la méthodologie, la pertinence de la mesure et l'objectivité de l'évaluation pour permettre de déterminer si un outil d'évaluation du BIM est valable pour un contexte donné.

Cette recherche a permis plusieurs contributions à la théorie. Tout d'abord en apportant une nouvelle perspective au diagnostic des modèles d'évaluation de l'intégration du BIM. Ensuite par le développement d'un outil d'évaluation associant des valeurs inhérentes au domaine de l'évaluation du BIM et des concepts issus des sciences sociales. Puis, en fournissant une validation scientifique à deux modèles d'évaluation de l'implémentation du BIM au niveau organisationnel. Et enfin, en développant les concepts de validation appliqués à la recherche en technologies de l'information et en construction.

VIII

Cette recherche contribue aussi à la pratique en proposant des améliorations pour les modèles SCBIMMM et MCBIMQ utilisés pour l'Initiative Construction Québec 4.0.

Mots-clés : BIM, évaluation, modèle d'évaluation de la maturité BIM, modèle d'évaluation des compétences BIM

A meta-framework for the empirical validation of the performance of BIM implementation within organizations

Emmanuelle NONIRIT

ABSTRACT

In order to guide the implementation of BIM at the organizational level, numerous evaluation models have been developed to help users get the most out of BIM processes, technologies and practices. These models take different paths to meet the industry's various needs for information, planning, progression, and BIM best practices: they are non-comparable, non-cumulative, and have different theoretical bases. Many of these models lack empirical validation by researchers external to their development and the multitude of existing methods and metrics make it complex to choose an appropriate model for a given situation.

In recent years, several studies have been devoted to the review and evaluation of BIM integration assessment models. These evaluations were either reviews of similar models using the same criteria, or evaluations of models with different theoretical bases adapting their evaluation criteria to each type of model. However, in contrast to theoretical evaluations, empirical evaluation offers the opportunity to put BIM evaluation models on an equal basis to evaluate them according to the same criteria by including most stakeholders.

This collaborative and participatory action-research presents the collaboration of academic, industrial and organizational poles for the implementation of an empirical framework to evaluate, at the organizational level, the two evaluation models that are being considered to help disseminate and improve the integration of BIM in Quebec as part of the Construction Quebec 4.0 Initiative. The SCBIMMM maturity and MCBIMQ competency models were evaluated in the context of a case study. To assess them we developed an empirical evaluation tool to validate the suitability of the model in relation to its environment and purpose. This evaluation tool is based on the applicability of the methodology, the relevance of the measurement and the objectivity of the evaluation to determine whether a BIM evaluation tool is valid for a given context.

This research has led to several contributions to theory. First of all by bringing a new perspective to the diagnosis of BIM integration assessment models. Second, by the development of an evaluation tool that combines values inherent to the field of BIM evaluation and concepts from the social sciences. Then by providing a scientific validation of two BIM implementation assessment models at the organizational level. And finally by developing validation concepts applied to information technology research and construction.

This research also contributes to practice by proposing improvements to the SCBIMMM and MCBIMQ models used for the Construction Québec 4.0 Initiative.

Keywords: BIM, assessment, BIM maturity assessment model, BIM competency assessment model

TABLE DES MATIÈRES

Page

1.12.1	L'évaluation du point de vue positiviste et du point de vue constructiviste	36
1.13	L'élaboration de modèles d'évaluation ou de tests	38
1.14	Fidélité et validité du test	39
1.15	Discussion	42
CHAPITRE 2	MÉTHODOLOGIE	45
2.1	Choix du type de recherche	45
2.1.1	Contexte de la recherche	45
2.1.2	Objectifs de la recherche	46
2.1.3	Paradigme de la recherche	46
2.1.4	Type de recherche	47
2.2	Phases de la recherche	48
2.2.1	Le diagnostic	49
2.2.2	La planification des actions	50
2.2.3	Les actions	51
2.2.3.1	Déroulement des entrevues	52
2.2.3.2	La revue de documentation pour TBC et Provencher_Roy	54
2.2.3.3	Analyse de la maturité	56
2.2.3.4	Évaluation des compétences BIM	57
2.2.4	Évaluation des actions	58
2.2.5	Formalisation des apprentissages	59
2.2.5.1	Les connaissances acquises par l'organisation	60
2.2.5.2	Connaissances scientifiques amenées par la réflexion pendant le processus	60
2.2.6	Processus de validation de la recherche	60
2.2.6.1	La validation des connaissances et du processus d'évaluation	61
2.2.6.2	La validation des artefacts produits au cours de la recherche	63
CHAPITRE 3	DÉVELOPPEMENT D'UN OUTIL D'ÉVALUATION POUR LA SÉLECTION D'UNE MÉTHODE D'ÉVALUATION DU BIM	65
3.1	La validation empirique de modèles d'évaluation du BIM	66
3.2	Classification des critères développés par Succar, Sher et Williams (2012)	68
3.3	Bases de validation empirique d'une évaluation spécifique au BIM	70
3.3.1	Évaluer les méthodes d'évaluation, notions de psychométrie	73
3.3.1.1	Le construit, la sous-représentation du construit et la variance non reliée au construit	73
3.3.1.2	Notions de validité et de fidélité psychométriques associées aux critères du modèle d'évaluation du BIM	76
3.3.2	Cohérent, synthétique, atteignable	79
3.3.2.1	La cohérence de la mesure	79
3.3.2.2	Un outil de jugement synthétique	80
3.3.2.3	Atteignable	82

3.3.3	Applicable, flexible, informatif, utilisable.....	83
3.3.3.1	Applicable.....	84
3.3.3.2	Flexible.....	85
3.3.3.3	Informatif.....	86
3.3.3.4	Utilisable.....	87
3.3.4	Précis, neutre, spécifique et universel.....	88
3.3.4.1	Précision.....	88
3.3.4.2	Neutralité.....	89
3.3.4.3	Spécifique.....	90
3.3.4.4	Universel.....	91
3.4	Fonctionnement de l'outil d'évaluation empirique.....	92
3.5	Description des résultats.....	94
3.5.1	Mesure, accessibilité et objectivité.....	94
3.5.2	Fiabilité, adaptabilité et ergonomie.....	95
3.5.3	Forces et faiblesses du modèle évalué.....	95
CHAPITRE 4	ÉVALUATION EMPIRIQUE D'UN MODÈLE DE COMPÉTENCES ET D'UN MODÈLE DE MATURITÉ BIM.....	97
4.1	Procédure d'évaluation.....	97
4.2	Résultats du modèle SCBIMMM.....	99
4.2.1	Résultats du modèle SCBIMMM selon le point de vue de l'évaluateur.....	99
4.2.1.1	Qualité de la mesure du modèle SCBIMMM.....	100
4.2.1.2	Accessibilité du modèle SCBIMMM.....	101
4.2.1.3	Objectivité du modèle SCBIMMM.....	102
4.2.2	Résultats du modèle SCBIMMM du point de vue de l'évalué.....	105
4.2.2.1	Qualité de la mesure du modèle SCBIMMM du point de vue de l'évalué.....	105
4.2.2.2	Accessibilité du modèle SCBIMMM du point de vue de l'évalué.....	106
4.2.2.3	Objectivité du modèle SCBIMMM du point de vue de l'évalué.....	106
4.2.3	Résultats combinés du modèle SCBIMMM.....	108
4.2.4	Recommandations pour le modèle SCBIMMM.....	112
4.2.4.1	Variation des questions et récolte de données objectives.....	112
4.2.4.2	Applicabilité du test à tout type d'organisations.....	112
4.2.4.3	Diffusion du modèle et des ressources associées.....	113
4.3	Résultats du modèle MCBIMQ.....	113
4.3.1	Résultats du modèle MCBIMQ du point de vue de l'évaluateur.....	113
4.3.1.1	Qualité de la mesure du modèle MCBIMQ du point de vue de l'évaluateur.....	114
4.3.1.2	Accessibilité du modèle MCBIMQ du point de vue de l'évaluateur.....	115
4.3.1.3	Objectivité du modèle du point de vue de l'évaluateur.....	116
4.3.2	Résultat du modèle MCBIMQ du point de vue de l'évalué.....	119

4.3.2.1	Qualité de la mesure du modèle MCBIMQ du point de vue de l'évalué	120
4.3.2.2	Accessibilité du modèle MCBIMQ du point de vue de l'évalué.....	120
4.3.2.3	Objectivité du modèle MCBIMQ du point de vue de l'évalué.....	120
4.3.3	Résultats combinés du modèle MCBIMQ	122
4.3.4	Recommandations pour le modèle MCBIMQ	126
4.3.4.1	Accessibilité du modèle aux non-experts en BIM	126
4.3.4.2	Applicabilité et flexibilité du modèle pour les petites et moyennes organisations.	126
4.3.4.3	Précision de la pré-évaluation.....	126
4.4	Résumé de l'évaluation empirique des modèles d'évaluation de l'intégration du BIM SCBIMMM et MCBIMQ.....	127
4.5	Validation de l'évaluation.....	128
4.5.1	Validation de l'évaluation selon les critères fondamentaux développés par Guba et Lincoln (1989).....	128
4.5.1.1	Crédibilité de l'évaluation.....	128
4.5.1.2	Transférabilité du test	129
4.5.1.3	Confiance	129
4.5.1.4	Vérifiabilité	129
4.5.2	Critères de qualité de l'évaluation n'ayant pas de correspondance selon le paradigme positiviste	130
4.5.3	Critères pour la validité de l'outil de jugement	131
CHAPITRE 5	DISCUSSION	133
5.1	Validation empirique de modèles d'évaluation du BIM.....	133
5.2	Évaluation grâce à l'outil d'évaluation empirique.....	135
5.3	Résultats de l'évaluation des modèles d'évaluation de l'intégration du BIM	137
5.4	Revue par les pairs	139
5.5	Avis d'expert et changements à apporter à l'outil de jugement.....	139
5.5.1	Processus de développement de l'outil	140
5.5.2	Méthodologie, items et résultats	140
5.5.3	Remarques générales	141
5.6	Limitations de la recherche	142
5.7	Limitations de l'outil d'évaluation empirique	142
5.8	Limitations du processus d'évaluation.....	143
CONCLUSION	145
ANNEXE I	RAPPORT : ÉVALUATION EMPIRIQUE DE MODÈLES D'ÉVALUATION DU BIM	149
ANNEXE II	QUESTIONNAIRES DE RÉTROACTION.....	179
ANNEXE III	RÉSULTATS DES ÉVALUATIONS EMPIRIQUES	195

ANNEXE IV	GUIDE D'UTILISATION DE L'OUTIL D'ÉVALUATION EMPIRIQUE DES MODELES D'ÉVALUATION DU BIM.....	207
ANNEXE V	MATRICE D'ÉVALUATION SCBIMMM.....	247
LISTE DE RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES		253

LISTE DES TABLEAUX

	Page
Tableau 1.1	Modèles d'évaluation du BIM connus existants.....10
Tableau 1.2	Modèles d'évaluation du BIM au niveau organisationnel et leurs buts11
Tableau 1.3	8 Modèles de maturité les plus utilisés15
Tableau 1.4	Modèles de maturité utilisant l'échelle de Likert16
Tableau 1.5	Matrices de maturité descriptives17
Tableau 1.6	Modèles d'évaluation de l'intégration du BIM revus et évalués dans le rapport29
Tableau 2.1	Caractéristiques principales des deux modèles.....49
Tableau 2.2	Planification des actions chez TBC et Provencher_Roy.....51
Tableau 2.3	Déroulement des entrevues chez TBC, Provencher_Roy et Aedifica53
Tableau 2.4	Catégories de répondants chez TBC et Provencher_Roy53
Tableau 2.5	Documents analysés pour la revue documentaire.....55
Tableau 2.6	Critères du paradigme positiviste et du paradigme constructiviste62
Tableau 3.1	Indicateurs de cohérence et leur justification.....80
Tableau 3.2	Indicateurs d'avancement82
Tableau 3.3	Indicateurs d'atteignabilité.....83
Tableau 3.4	Indicateurs d'applicabilité du modèle85
Tableau 3.5	Critères de flexibilité.....86
Tableau 3.6	Indicateurs d'informativité87
Tableau 3.7	Indicateurs d'utilisabilité88
Tableau 3.8	Indicateurs de précision89

Tableau 3.9	Indicateurs de neutralité.....	90
Tableau 3.10	Indicateurs de spécificité.....	91
Tableau 3.11	Critères d'universalité.....	92
Tableau 3.12	Pondération de l'échelle de Likert.....	93
Tableau 4.1	Point de vue de l'évaluateur SCBIMMM.....	104
Tableau 4.2	Point de vue des évalués sur le modèle SCBIMMM	107
Tableau 4.3	Résumé des résultats du modèle SCBIMMM.....	108
Tableau 4.4	Point de vue de l'évaluateur MCBIMQ.....	118
Tableau 4.5	Point de vue de l'évalué MCBIMQ.....	121
Tableau 4.6	Résumé des résultats du modèle MCBIMQ.....	122

LISTE DES FIGURES

	Page
Figure 1.1	Thematic Framework of BIM implementation assessment3
Figure 1.1	Relation entre les trois composantes d’une matrice de maturité descriptive17
Figure 1.2	Fonctionnement de l’évaluation de la maturité à partir de la matrice SCBIMMM23
Figure 1.3	Processus d'évaluation CDDB32
Figure 1.4	Comparatif des critères de qualité du modèle d’évaluation de l’intégration du BIM33
Figure 1.5	Comparatif des critères pour les modèles d’évaluation du BIM.....34
Figure 1.6	Représentation schématique des éléments constituant un acte d'évaluation36
Figure 1.7	Validités et leurs dépendances40
Figure 2.1	Cycle de la recherche action48
Figure 2.2	Analyse des entrevues à l'aide du logiciel Nvivo56
Figure 2.3	Regroupement des critères de qualité du modèle58
Figure 3.1	Composantes d'un modèle d'évaluation du BIM.....67
Figure 3.2	Application des critères du modèle d’évaluation BIM à l’action d’évaluer70
Figure 3.3	Base d'évaluation empirique des modèles d’évaluation du BIM.....71
Figure 3.4	Interaction entre tests réalité et construit74
Figure 3.5	Construit, sous-représentation du construit et variance non reliée au construit.....75
Figure 3.6	Alignement et validité du construit du test75
Figure 3.7	Répartition des notions de psychométrie77

Figure 3.8	Correspondance entre le score et le construit	81
Figure 4.1	Avis de l'évaluateur pour le modèle SCBIMMM	100
Figure 4.2	Avis des évalués pour le modèle SCBIMMM	105
Figure 4.3	Résultats évaluateur et évalués du modèle SCBIMMM	109
Figure 4.4	Résultats résumés du modèle SCBIMMM	111
Figure 4.5	Avis de l'évaluateur pour le modèle MCBIMQ	114
Figure 4.6	Avis de l'évalué pour le modèle MCBIMQ	119
Figure 4.7	Résultats évaluateurs et évalués du modèle MCBIMQ	123
Figure 4.8	Résultats résumés du modèle MCBIMQ	125

LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

BIM	Building information Modeling ou Modélisation des informations du bâtiment
GBQ	Groupe BIM du Québec
KPI	Key Performance Indicator
MCBIMQ	Modèle de Compétences BIM du Québec
SCBIMMM	Supply Chain Building Information Modeling Maturity Matrix
OBIMA	Owner BIM Assessment
BIMCAT	Building information Modeling Competency Assessment Tool
PEB	Plan d'Exécution BIM

INTRODUCTION

L'industrie de la construction n'a pas subi de changements majeurs depuis plusieurs siècles (Forgues et Lejeune, 2015). Ce secteur vital délivre une faible performance par rapport aux autres secteurs de l'industrie canadienne (Ruparathna et Hewage, 2015). C'est pourquoi, à ce jour, la principale préoccupation des acteurs de l'industrie est d'augmenter la productivité et l'efficacité des entreprises notamment par une démarche de modernisation des outils et des pratiques (Miettinen et Paavola, 2014).

La modélisation des données du bâtiment ou BIM est une technologie de rupture et l'un des développements les plus prometteurs de l'industrie (Eastman et al., 2011a). En effet la valeur ajoutée du BIM pour l'industrie de la construction a été reconnue dans le cadre d'études théoriques et pratiques (Davies et Harty, 2013; Migilinskas et al., 2013). Le BIM faciliterait les processus collaboratifs, permettrait une meilleure efficacité, une réduction des erreurs et une plus grande qualité du livrable (Sebastian et Van Berlo, 2011).

Cependant, le BIM n'est pas seulement une avancée technologique. Succar (2010) le décrit comme un ensemble interlié de politiques, de processus et de technologies. Élément multidimensionnel, évolutif et complexe (Miettinen et Paavola, 2014), le BIM change en profondeur la construction non seulement au niveau du processus de production, mais également les relations d'affaires et arrangements contractuels (Migilinskas et al., 2013). C'est pourquoi dans un contexte industriel fragmenté et travaillant en silo (Cox et Ireland, 2002), ce changement technologique, procédural et organisationnel présente de nombreux risques et défis (Azhar, 2011; Smits, van Buiten et Hartmann, 2016).

Implanter le BIM demande de la part des organisations un investissement initial considérable en matière de matériel informatique et de formation (Olatunji, 2011). Cependant, les retours sur investissement ne rencontrent pas toujours les espérances (Smits, van Buiten et Hartmann, 2016). En effet, d'après Smits, van Buiten et Hartmann (2016) une implantation réussie du BIM ne dépend pas seulement de l'implantation technologique, mais aussi d'une intégration

en profondeur du BIM au niveau des processus organisationnels. Les technologies du BIM sont efficaces lorsqu'associées aux processus d'affaires adéquats. D'autre part, d'après Succar, Sher et Williams (2012) une implantation réussie du BIM nécessite une vision et une évolution en harmonie des ressources disponibles. Et pour développer ces ressources, les équipes et les organisations implantant le BIM doivent pouvoir évaluer leurs compétences, visualiser leurs succès et comprendre leurs échecs (Succar, 2010). C'est pourquoi, afin d'améliorer la performance et l'efficacité de l'implantation du BIM, il est important de développer des mesures adaptées (Sebastian et Van Berlo, 2011).

La transition vers le BIM a renforcé le besoin des organisations à évaluer leur performance et le retour sur investissement du déploiement des technologies qui lui sont associées (Poirier, Staub-French et Forgues, 2015). Donc, pour guider et formaliser l'implantation du BIM, de nombreux modèles ont été développés (Arayici et al., 2009). Ces modèles présentent une grande diversité de mesures et de méthodologies. D'après Abdirad (2017), ils peuvent être classés d'après leur principal domaine d'évaluation.

Si une partie des modèles est spécifique à un domaine ou à un intervenant de la chaîne d'approvisionnement de la construction, (OBIMA, BIMCAT...), de nombreux outils sont développés afin de devenir des standards pour l'évaluation de l'implémentation du BIM au sein de l'industrie (Sebastian et Van Berlo, 2011). Or, la plupart des outils d'évaluation de l'implantation du BIM ont été développés dans un contexte précis afin de répondre à des besoins donnés (Chengke et al., 2016). C'est-à-dire qu'ils ont chacun leur propre échelle et méthodologie de mesure les rendant uniques et difficilement comparables (Chengke et al., 2016; Wu et al., 2018).

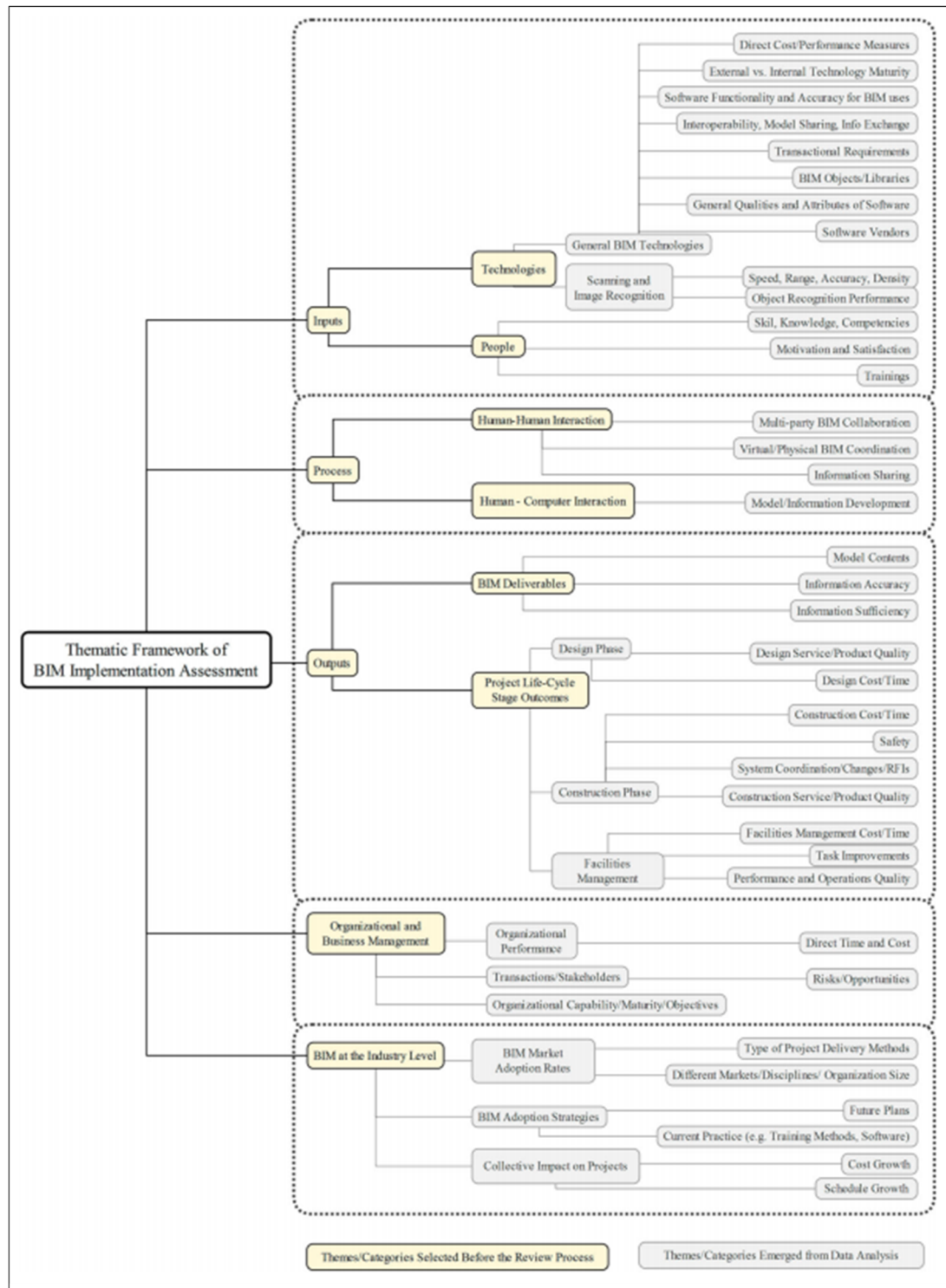


Figure 1.1 Thematic Framework of BIM implementation assessment
Tirée de Abdirad et Pishdad-Bozorgi (2014)

La Figure 1.1 présente les différents cadres pouvant être utilisés pour la mise en place d'un moyen d'évaluation du BIM. La plupart des modèles intègrent dans leur analyse plusieurs de ces thèmes selon les besoins de leurs développeurs et de leurs utilisateurs. La diversité de méthodes d'évaluation BIM et des domaines à évaluer complexifient la comparaison et le choix de ces modèles.

Dans le cas d'un déploiement à grande échelle et afin de définir un modèle standard pour l'industrie, deux méthodes sont possibles :

Premièrement, étudier les modèles existants et développer un nouveau modèle (Giel et Issa, 2014; Siebelink, Voordijk et Adriaanse, 2018).

Deuxièmement, évaluer les modèles existants afin de les améliorer. En effet, les outils d'évaluation manquent de support scientifique servant à les valider (Sebastian et Van Berlo, 2011). Les outils actuellement utilisés au sein de l'industrie sont évalués au cours de leur développement, mais leur validation empirique et l'étude de leurs impacts sur les organisations sont peu répandues (Wu et al., 2018).

Problématique :

Afin d'aider au choix d'un modèle d'évaluation servant à mesurer l'implantation du BIM au Québec, deux modèles existants ont été proposés. Le modèle SCBIMMM développé par Eva-Charlotte Forgues en 2017 dans le cadre de la chaire de recherche GRIDD et le modèle d'évaluation des compétences MCBIMQ développé par Succar (2013) et adapté par le groupe BIM du Québec en 2018. Il s'agit de déterminer si ces modèles sont viables pour une implantation à grande échelle au niveau de l'industrie québécoise.

L'objectif principal de cette recherche consiste à réaliser une évaluation empirique de ces modèles au moyen d'une étude de cas. Celle-ci permettra tout d'abord de déterminer quels critères ont le plus d'impact quant à l'adoption de modèles de maturité au sein de l'industrie,

puis de proposer des améliorations aux modèles étudiés et enfin de leur fournir une validation empirique.

Pour ce faire il s'agira de :

- Dégager, par l'analyse des données récoltées les facteurs pouvant favoriser l'acceptation et l'usage d'un modèle d'évaluation;
- formuler des pistes d'amélioration pour les modèles étudiés;
- ouvrir la réflexion quant à la mise en place d'un système d'évaluation du BIM standardisé.

Pour atteindre ces objectifs, la méthodologie de recherche sélectionnée est celle de la recherche-action. Cette méthode combine les objectifs de la « recherche appliquée » et de la « recherche fondamentale » en contribuant à la fois à la recherche d'une solution à une problématique et à la création de nouvelles connaissances théoriques (Azhar, Ahmad, Sein, 2010). La recherche-action se définit par un processus cyclique à cinq phases précédé de la définition d'un cadre de recherche. Ces cinq phases sont : le diagnostic, la planification, les actions, l'évaluation et la définition des connaissances.

Le premier chapitre de ce mémoire correspond à la phase de diagnostic, il s'agira de circonscrire les connaissances nécessaires à cette recherche par une revue de littérature. Le second chapitre traitera de la méthodologie utilisée pour récolter les données nécessaires. Il abordera d'abord la recherche-action puis des études de cas réalisées et enfin, il présentera la méthodologie développée pour évaluer le modèle SCBIMMM et le modèle de compétences MCBIMQ adapté par le Groupe BIM du Québec. Le troisième chapitre développera la procédure d'évaluation mise en place pour l'évaluation empirique des modèles. Le quatrième chapitre correspond à la phase d'évaluation, il couvrira le traitement des données et des résultats obtenus lors de la recherche. Enfin, le cinquième chapitre sera une discussion concernant la recherche et les modèles d'évaluation du BIM, y seront présentées les limitations de cette recherche et les propositions de recherches futures.

CHAPITRE 1

REVUE DE LITTÉRATURE

1.1 Aperçu du BIM et du contexte actuel

1.1.1 Situation de l'industrie de la construction

Le modèle actuel dans lequel évolue l'industrie de la construction a survécu sans subir de changements majeurs pendant plusieurs siècles (Forgues et Lejeune, 2015). Ce secteur vital pour l'économie canadienne (Ruparathna et Hewage, 2015) délivre une pauvre performance par rapport aux autres industries. Le problème se situe à deux niveaux. Dans le flux d'informations c'est-à-dire de l'expression des besoins du client jusqu'à la construction du produit final (Crotty, 2013), mais aussi au niveau du fonctionnement actuel de la chaîne d'approvisionnement de la construction. Celle-ci est fragmentée et les intervenants de la chaîne travaillent toujours en silo. Enfin, la productivité n'est pas facilitée, car les projets sont réalisés dans un climat d'antagonisme et de manque de confiance entre les différents intervenants (Cox et Ireland, 2002). Cependant, afin de palier à ces problématiques, l'industrie souhaite intégrer à ses pratiques les nouvelles technologies de l'information, et le BIM semble être l'avancée la plus prometteuse (Frenette, Forgues et Tahrani, 2014).

1.1.2 Le Building Information Modeling

Le Building Information Modeling (BIM) est un ensemble de technologies et de processus (Succar, 2010). Il peut être minimalement décrit comme la représentation numérique d'un bâtiment par un modèle tridimensionnel orienté objet ou encore comme une base de données du projet (Miettinen et Paavola, 2014). Le BIM représente une avancée majeure et un changement de paradigme pour l'industrie de la construction (Eastman et al., 2011b). Il répond aux problématiques actuelles de l'industrie de la construction, notamment en augmentant la qualité de l'information transmise, et en facilitant les mécanismes et les procédures par lesquels cette information est transmise (Crotty, 2013). Le BIM promet une amélioration de la

performance des projets en matière de coûts, de temps et de qualité (Becerik-Gerber et Rice, 2010; Succar, Sher et Williams, 2012). Toutefois le BIM est un phénomène multidimensionnel, évolutif et complexe (Miettinen et Paavola, 2014). Afin de répondre aux attentes de l'industrie et être utilisé à son plein potentiel, le BIM nécessite une intégration poussée des technologies au niveau des processus de production des organisations (Davies et Harty, 2013). En effet, une implémentation fructueuse du BIM nécessite une compréhension globale des interactions entre les technologies et les processus (Succar, Sher et Williams, 2012).

1.2 Défis de l'implantation du BIM

L'implantation du BIM est un changement majeur pour l'industrie de la construction. Adopter le BIM présente de nombreux défis, non seulement au moment de l'implémentation, mais également sur le long terme.

Lors de l'implémentation, les problématiques le plus souvent abordées sont la gestion du changement d'une part et le poids financier de l'acquisition du matériel, des logiciels et de la formation d'autre part (Eadie et al., 2014; Olatunji, 2011; Ozorhon et Karahan, 2016; Vass et Gustavsson, 2017). De leur côté, Vass et Gustavsson (2017) soulèvent d'autres problématiques liées au contexte dans lequel l'implémentation est réalisée. Premièrement de nombreuses méthodes existent pour implémenter le BIM et celles-ci peuvent différer d'un gestionnaire à l'autre, rendant difficile l'avancement de l'implémentation des technologies et des nouveaux processus. Deuxièmement les attentes conflictuelles entre les différents intervenants et acteurs d'un projet peuvent compromettre l'implémentation en fragmentant les efforts. Dans un contexte multidisciplinaire, les besoins des différents corps de métiers amenés à collaborer sur les projets sont souvent éloignés, leurs attentes face au BIM le sont aussi ce qui peut entraîner une complexité supplémentaire dans la gestion des priorités. Troisièmement, une définition commune et un langage commun du BIM ne sont pas encore communément standardisés, ceux-ci pourraient permettre une meilleure communication et donc une meilleure collaboration (Kreider, 2013; Vass et Gustavsson, 2017).

De plus, après la mise en place des premiers projets, d'autres aspects sont à définir pour faciliter une implémentation du BIM à long terme au sein d'une industrie. Eadie et al. (2014) citent par exemple les aspects contractuels quant à la propriété et au partage des modèles, mais aussi les doutes quant aux retours sur investissement. Un cadre légal doit être établi afin de protéger la propriété intellectuelle et les responsabilités des intervenants. Ces défis démontrent la nécessité de mettre en place des mesures et des cadres fiables et adaptables à long terme pour mesurer l'implémentation et la performance du BIM au sein de l'industrie. La mise en place de ces cadres peut passer notamment par la mise en place de mesures adaptées.

1.3 Mesurer l'implantation et la performance du BIM

Les recherches visant à développer des modèles d'évaluation du BIM sont nombreuses (Abdirad, 2017). Les modèles développés évaluent différents niveaux organisationnels, et peuvent donc être appliqués autant à l'industrie d'un pays qu'à un individu. Ils ont été développés soit dans un contexte précis pour répondre aux besoins d'un utilisateur particulier (Chengke et al., 2016), soit pour devenir un standard d'évaluation au sein d'une industrie (Sebastian et Van Berlo, 2011; Succar, Sher et Williams, 2012). Le Tableau 1.1 présente brièvement certains des modèles développés pour l'évaluation de la performance ou de l'implémentation du BIM.

Les modèles employés, le SCBIMMM et le BIM excellence, se distinguent par le fait qu'ils permettent d'évaluer le BIM au niveau organisationnel, c'est donc cette échelle qui sera étudiée.

Tableau 1.1 Modèles d'évaluation du BIM connus existants
Adapté de Forgues (2017), Bougroum (2016), Poirier (2018)

Nom	Année	Évalués	Type	Développement
BIM-CMM	2007	Projet et organisation	Maturité	NBIMS-CMM
BIM Excellence	2009	Organisation	Compétences	Succar
BIM Proficiency Matrix	2009	Organisation	Maturité	Indiana University
BIM Maturity Matrix	2009	Toutes échelles	Maturité	Succar
BIM Quick Scan	2009	Organisation	Compétences	Sebastian et Van Berlo
VICO BIM Score	2011	Organisation	Capacités	VICO inc.
CPIx BIM assessment form	2011	Projet	Compétences	CPIc group UK
Organizational BIM Assessment	2012	Organisation	Maturité	Pennsylvania State University
VDC Scorecard	2012	Projet	Maturité	CIFE
OBIMA	2012	Organisation	Maturité	CIC-Research group
The owner's BIMCAT	2013	Organisation	Compétences	Giel et Issa
Arup BIM Maturity Measure	2014	Organisation	Maturité	Arup
Building information modeling cloud score (BIMCS)	2014	Organisation	Maturité	Du et al., 2014
BRE BIM Certification Scheme	2015	Organisation	Certification	BRE science centre
BIM Metric	2015	Opérations	Coût-Bénéfice- Maturité et usages	LRA,MAP-maac et LIST
Dstl BIM maturity assessment tool	2016	Projet	Maturité	Dstl
SCBIMMM	2017	Organisation	Maturité	Eva-Charlottes Forgues
Maturity matrix : Self assessment questionnaire	2018	Organisation	Maturité	Project 13 – Institution of Civil Engineers
Bim maturity assessment tool (BMAT)	2018	Projet	Maturité	University of Cambridge
MCBIMQ	2018	Organisation	Compétences	Groupe BIM du Québec
BIM supporters BIM compass	2019	Organisation	Maturité	BIM Supporters
SFT's BIM compass	2019	Organisation	Maturité	Scottish Futures Trust
BIM Online maturity assessment	N-A	Organisation	Maturité	National Federation of Builders
Supply chain BIM capabilty assessment	N-A	Organisation	Maturité	Wates
BIM maturity assessment tool	N/A	Organisation	Maturité	Department for Transport

1.4 Objectifs des mesures au niveau organisationnel

Afin d'augmenter leur performance ainsi que la qualité de leurs projets, de plus en plus d'acteurs de l'industrie implantent ou souhaitent dans un avenir proche implanter le BIM. Or, suite à ce changement de fonctionnement, l'amélioration de la performance attendue n'est pas toujours atteinte (Smits, van Buiten et Hartmann, 2016) ou correctement mesurée. Mesurer l'implantation du BIM peut servir trois principaux objectifs. Le premier est de diriger son implémentation technologique et procédurale au niveau organisationnel (Forgues, 2017) en réalisant une évaluation interne à l'organisation, le deuxième est d'aider à la décision quant à la collaboration entre acteurs de l'industrie et à établir des standards (Alaghbandrad, 2015), le troisième est de fournir une certification minimum. Le Tableau 1.2 suivant introduit quelques modèles d'évaluation du BIM au niveau organisationnel ainsi que les buts qu'ils poursuivent que ce soit à l'interne ou à l'échelle de l'industrie.

Tableau 1.2 Modèles d'évaluation du BIM au niveau organisationnel et leurs buts

	Année	Type	Diriger l'implémentation	Aider à la décision	Certification minimum
SCBIMMM - Forgues	2017	Maturité	X	X	
MCBIMQ- GBQ	2018	Compétences	X	X	X
VDC-BIM Scorecard	2013	Likert			X
OBIMA-CIC Research group	2012	Maturité	X	X	
BIM QuickScan – Van Berlo et al	2009	Compétences		X	
BIMCMM (I-CMM et NIBS)	2007	Maturité		X	X

La plupart des modèles utilisés pour mesurer l'implantation du BIM au sein d'une organisation servent d'aide à la décision. En effet, dans le cadre du projet, réunir des organisations ayant un niveau similaire d'intégration du BIM peut permettre une meilleure communication des informations entre les différentes parties prenantes. En second lieu, ces évaluations sont utilisées pour fournir un moyen de certification minimum. Ce type de certification permettrait, sans énoncer de score ou de niveau, de garantir le minimum d'intégration du BIM nécessaire

pour mener à bien un projet d'envergure, par exemple en collaboration avec un organisme public. Enfin, le but affiché principalement par les groupes de recherche est de guider l'implémentation du BIM au sein de l'organisation. Ces modèles souhaitent fournir un guide pour une implémentation à la fois globale et efficace du BIM au sein de l'organisation.

1.4.1 Diriger l'implémentation et mesurer l'évolution de la performance

Le BIM est un processus complexe. Afin qu'il soit intégré à son plein potentiel, il faut une compréhension générale de son fonctionnement et des interactions entre processus et technologies (Succar, Sher et Williams, 2012). Le *Building Information Modeling* ne nécessite pas seulement l'apprentissage de nouveaux logiciels, mais aussi de revoir les flux de production, de savoir comment former les employés, comment leur assigner de nouvelles responsabilités et enfin, de changer la façon dont la construction est modélisée (Arayici et al., 2011; Bernstein et Pittman, 2004; Eastman et al., 2011b). De nombreux modèles proposent d'aider au déploiement et à l'implémentation du BIM au sein des organisations de façon à ce que celle-ci soit progressive et générale.

1.4.2 Aider à la décision

Pour Alaghbandrad (2015) l'aide à la décision est le second but affiché des modèles de maturité et des modèles d'évaluation des compétences BIM. La construction se fait actuellement dans un contexte de projet basé sur la collaboration pluridisciplinaire de firmes et de personnes ayant des intérêts et des aspirations différentes. L'industrie est particulièrement fragmentée (Eagan, 1998) et une équipe de projet, afin d'être efficace, doit être constituée de façon à ce que l'information soit transmise avec le moins de pertes possible entre les différents intervenants. (Crotty, 2013). Évaluer les capacités BIM est un moyen de sélectionner les firmes participant au projet plus efficacement (Alaghbandrad, 2015).

1.5 La spécialisation des modèles existants

Tel que mentionné, les modèles d'évaluation du BIM peuvent servir plusieurs buts. Étant donné la quantité d'intervenants impliqués dans la chaîne d'approvisionnement de la construction, le contexte d'application des modèles diffère grandement. Les modèles utilisés doivent correspondre à leurs buts et au contexte pour lequel ils ont été spécifiquement développés. Ceux-ci sont donc soit grandement spécialisés (Chengke et al., 2016) soit complexes, afin de pouvoir s'adapter à toute la chaîne d'approvisionnement (Forgues, 2017). Ceci tend vers une multiplication des modèles d'évaluation du BIM. Cependant, afin d'observer l'évolution de l'implantation du BIM au sein de l'industrie de la construction, il faut un modèle qui puisse non seulement être utilisé par tous les intervenants de la chaîne d'approvisionnement (Forgues, 2017), mais également un modèle qui puisse être compréhensible et efficace.

1.6 Les modèles de maturité BIM

1.6.1 Définition de la maturité et de l'aptitude

Le terme « *capabilities* », lorsqu'associé à la notion de maturité, désigne l'aptitude d'une personne ou d'une organisation à comprendre ou réaliser une tâche. La maturité peut désigner l'état d'un talent étant parvenu à son plein développement ou encore d'un écosystème étant parvenu à un équilibre. Évaluer la maturité d'une organisation permet de quantifier le stade de développement qu'elle a atteint à l'usage de ses aptitudes organisationnelles. Les modèles de maturité ont été proposés et développés comme outil servant à évaluer et à améliorer les processus organisationnels, mais aussi à mesurer les progrès réalisés (Rosemann et Bruin, 2005). Ils sont utilisés dans plusieurs domaines tels que le développement logiciel, le design de produit, ou encore l'innovation (Fraser, Moultrie et Gregory, 2002). Le premier modèle de maturité a été développé par Crosby en 1979, le *Quality Management Maturity Grid* (QMMG) sert alors d'outil de suivi des coûts afférents au manque de qualité (Renken, 2004). Cependant, la base commune des modèles de maturité est le *Capability Maturity Model* (CMM) développé par le Software Ingeniering Institute de l'université Carnegie Mellon, ce modèle sert à la

certification des fournisseurs qui doivent démontrer qu'ils maîtrisent les aptitudes requises afin de fournir un produit de qualité. Dans le cadre d'une organisation, un niveau de maturité représente ses capacités en fonction de classes précises et de domaines d'application (Rosemann et Bruin, 2005).

1.6.2 Fonctionnement des modèles de maturité

Le but principal d'un modèle de maturité est de mettre en place des phases de maîtrise d'un processus en détaillant chaque phase, ainsi que les relations entre celles-ci (Kuznets, 1965; Röglinger, Pöppelbuß et Becker, 2012). Selon Röglinger, Pöppelbuß et Becker (2012), un modèle de maturité peut servir une fonction descriptive, prescriptive ou comparative. La fonction est descriptive si le modèle est utilisé comme moyen d'évaluation, prescriptive s'il sert à définir une situation désirée et comparative s'il sert à comparer les niveaux de maturité que ce soit à l'interne ou à l'externe. D'après Fraser, Moultrie et Gregory (2002), les matrices de maturité peuvent se diviser en trois groupes : les matrices descriptives telles que le QMMG, les modèles cumulatifs tels que le CMM et enfin les questionnaires avec l'échelle de Likert.

1.6.3 Modèles de maturité BIM existants

Plusieurs modèles de maturité BIM ont été développés, chacun étant spécifique à un contexte (Chengke et al., 2016). Ceux-ci peuvent être classés de différentes façons, selon le type de modèle de maturité, selon l'échelle à laquelle ils évaluent l'usage du BIM ou encore par le style d'évaluation. Le Tableau 1.3 présente les huit modèles de maturité les plus utilisés dans l'industrie à ce jour.

Tableau 1.3 Huit modèles de maturité les plus utilisés
Adapté de Giel et Issa (2014), Forgues (2017) et Chengke et al. (2016)

Modèle	Auteur	Évalué	Date	Type	Évaluation par	Pays	Usage
BIM Maturity Matrix	Succar	Tous	2010	Matrice	Pointage	Australie	Externe et Interne
Macro Maturity Matrix	Succar et Kassem	Marché	2015	Matrice	Pointage	Australie	Évaluation Externe
BIMCMM	I-CMM et NIBS	Projet et organisation	2007	Matrice et cumulatif	Certification	USA	Évaluation Externe
BIM Quickscan	Van Berlo et al	Organisation	2009	Likert	Pourcentage	Pays-Bas	Auto-Évaluation
VDC and BIM scorecard	CIFE	Organisation	2013	Likert	Pourcentage	USA	Évaluation Externe
Organisationnal BIM assesment	CIC Research group	Organisation (clients)	2012	Matrice	Pointage	USA	Auto-évaluation
BIM Proficiency Matrix	Indiana university	Projet	2009	Matrice	Certification	USA	Évaluation Externe
BIM Maturity Mesure	Arup	Projet	2012	Matrice	Pointage	USA	Auto-évaluation

Les modèles de maturité BIM peuvent être divisés en deux principaux groupes : ceux servant à évaluer les parties prenantes au cours d'un projet et ceux servant à évaluer les organisations à l'interne (Chengke et al., 2016). Ces modèles sont très différents les uns des autres, que ce soit par les méthodes d'évaluation ou encore par les résultats fournis. Il peut donc être complexe de faire un choix afin d'utiliser le modèle le plus approprié.

1.6.4 Modèles de maturité utilisant l'échelle de Likert

Une échelle de Likert est un outil de mesure discrète servant à qualifier des phénomènes complexes en établissant une échelle graduelle entre termes opposés tels que « Jamais » à « Toujours » ou encore « Mauvais » à « Excellent ». Ce type d'échelles a été développé par Rensis Likert en 1930 afin d'évaluer l'attitude des personnes (Leedy et Ormrod, 2005). Plusieurs modèles de maturité BIM utilisent des échelles de Likert afin d'évaluer l'implantation du BIM au niveau individuel ou organisationnel. Ce type de modèle est particulièrement utilisé pour l'analyse comparative des entreprises (Forgues, 2017). Le Tableau 1.4 suivant présente trois modèles de maturité utilisant une échelle de Likert.

Tableau 1.4 Modèles de maturité utilisant l'échelle de Likert

Modèle	Auteur	Évalué	Date	Type	Évaluation par	Pays	Usage
BIM Quickscan	Van Berlo et al	Organisation	2009	Likert	Pourcentage	Pays-Bas	Évaluation Externe
VDC and BIM scorecard	CIFE	Organisation	2013	Likert	Pourcentage	USA	Évaluation Externe
BIM Competency Index	Succar	Individuel	2013	Likert	Moyenne	Australie	Auto-évaluation

Le BIM Quickscan est un modèle de maturité ayant été réalisé pour évaluer l'implémentation du BIM aux Pays-Bas. Pour Sebastian et Van Berlo (2011), les modèles de maturité BIM développés précédemment ont comme faiblesse de se concentrer soit sur le modèle soit sur l'organisation. D'après Chengke et al. (2016), les modèles VDC Scorecard et BIM Quickscan ont pour force leur flexibilité. Toutefois, les modèles de par leurs formats et leurs moyens de diffusion (en ligne ou réalisé par un consultant), peuvent être plus ou moins fiables selon que l'évaluation soit réalisée par l'entreprise ou par un évaluateur externe. Ainsi, d'après Chengke et al. (2016), les résultats du BIM Quickscan peuvent être moins fiables en auto-évaluation qu'appliqués par un évaluateur externe indépendant.

1.6.5 Modèles de maturité descriptifs

D'après Pöppelbuß et Röglinger (2011), une matrice de maturité a un but descriptif si elle sert à l'évaluation des capacités d'une entité en fonction de certains critères. Les matrices de maturité descriptives (Tableau 1.4) sont utilisées comme outils de diagnostic. (Kohlegger, Maier et Thalmann, 2009; Pöppelbuß et Röglinger, 2011). Basées sur le *Quality Management Maturity Grid* (QMMG) les matrices de maturité de type descriptif adoptent une forme similaire.

Tableau 1.5 Matrices de maturité descriptives

Modèle	Auteur	Évalué	Date	Type	Évaluation par	Pays	Usage
BIM Maturity Matrix	Succar	Tous	2010	Matrice	Pointage	Australie	Externe et Interne
Macro Maturity Matrix	Succar et Kassem	Marché	2015	Matrice	Pointage	Australie	Évaluation Externe
BIMCMM	I-CMM et NIBS	Projet et organisation	2007	Matrice et cumulatif	Certification	USA	Évaluation Externe
Organisationnal BIM assesment (OBIMA)	CIC Research group	Organisation (clients)	2012	Matrice	Pointage	USA	Auto-évaluation
BIM Proficiency Matrix	Indiana university	Projet	2009	Matrice	Certification	USA	Évaluation Externe
BIM Maturity Mesure	Arup	Projet	2012	Matrice	Pointage	USA	Auto-évaluation

Les matrices de maturité descriptives se présentent sous forme de tableau comme le montre la Figure 1.1 ci-dessous. Chaque catégorie évaluée (Organisation, Gestion, Information...), prédéterminée par le concepteur, est divisée en indicateurs. Ceux-ci sont ensuite associés à des descripteurs. Les descripteurs décrivent une situation dans laquelle peut se situer l'organisme évalué, déterminant le niveau de l'indicateur associé.

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

Figure 1.1 Relation entre les trois composantes d'une matrice de maturité descriptive
Tirée de Forgues (2017 p. 13)

1.7 Les modèles de compétence

1.7.1 Notion de compétence

La notion de compétence est utilisée dans la gestion pour l'évaluation de la performance. Cependant, il y a une certaine confusion dans sa définition et il n'existe pas de consensus entre les chercheurs (Succar, Sher et Williams, 2013). Hayes (1979) cité par Moore, Cheng et Dainty (2002) définit la compétence comme une combinaison d'habiletés et d'intentions. Il l'évalue en termes de nombre de possibilités entre la connaissance générique, le motif, le rôle social et les habiletés d'une personne. Plus tard, Woodruff (1991) cité par Moore, Cheng et Dainty suggère que le terme soit utilisé de deux façons. Premièrement, l'habileté prouvée d'une personne à réaliser une tâche selon les standards préétablis pour occuper un poste. Deuxièmement, l'ensemble des comportements qu'une personne doit maîtriser afin d'accomplir cette tâche. D'autre part, Streblor et al, 1997, résument les compétences en ces termes « standards minimums de performance » permettant aux organisations de réaliser leurs évaluations (Hoffmann, 1999).

Selon la définition des compétences comme étant la correspondance à des standards, l'usage d'un modèle de compétences peut avoir plusieurs objectifs au sein des organisations. Tout d'abord, de fournir une mesure de la performance minimale acceptable au sein de cette organisation. Ensuite, d'améliorer les standards préalablement existants au sein de l'organisation. Il s'agit de s'assurer que les employés sont compétents et peuvent produire une meilleure qualité. Puis, de gérer le changement. Il s'agit alors d'évaluer le processus d'apprentissage des personnes au sein de l'organisation. Enfin il peut servir à niveler la performance entre différentes parties de la compagnie (Hoffmann, 1999).

1.7.2 Fonctionnement des modèles de compétences

Un modèle de compétences résume et décrit les compétences nécessaires à la réalisation d'une tâche ou à l'occupation d'un poste. Le modèle peut aussi décrire les relations entre les différentes compétences et y inclure différents niveaux (Prifti et al., 2017).

D'après Succar, Sher et Williams (2013) une compétence se définit par ces trois composantes :

- la connaissance conceptuelle ou théorique;
- l'habileté ou connaissance appliquée;
- les traits personnels : attitude, comportement, caractéristiques physiques.

De plus, toujours selon Succar, Sher et Williams (2013), une compétence ne peut pas être appréciée de façon binaire, mais doit être évaluée selon un spectre semblable à une échelle de Likert. Par exemple : de « néant » à « expert » où néant dénoterait une absence de compétences et expert une connaissance exhaustive du sujet, ainsi que des habiletés et une expérience de haut niveau.

Plusieurs méthodes sont possibles lors du développement d'un modèle de compétences. Succar, Sher et Williams (2013) listent cinq méthodes pour récolter, définir et valider les compétences à intégrer au sein d'un modèle :

- analyser les fiches de postes;
- analyser les rôles au sein des guides;
- consulter les publications et la littérature académique;
- adapter les inventaires de compétences et les critères d'accréditation existants;
- réaliser des entrevues avec des experts du domaine.

Ces méthodes peuvent être utilisées séparément ou faire partie d'un tout. Par exemple, il est possible de procéder en deux étapes : premièrement la définition des activités clés nécessaires à l'accomplissement d'une tâche donnée, deuxièmement la définition des compétences indispensables à l'accomplissement de ces tâches (Matook et Maruping, 2014). La récolte d'information se fait par des entrevues de professionnels du milieu et l'analyse des postes concernés par le modèle. Par contre Giel et Issa (2014) procèdent autrement, en optant pour un développement en trois étapes :

- comparaison des modèles de maturité existants, détection de leurs points communs;
- sondage sur les facteurs déterminants lors de l'évaluation des compétences;
- développement du modèle en fonction des facteurs et des points communs mentionnés.

1.7.3 Modèles de compétences BIM

Le premier modèle de compétence BIM a été développé par Succar en 2013. Bien qu'il ait d'abord développé en 2010 un cadre conceptuel servant à mesurer le BIM (Succar, 2010), Succar l'a étendu ensuite en 2013 en développant premièrement *l'Individual Competency Index* (ICI) servant à évaluer les utilisateurs du BIM que ce soit dans un contexte professionnel ou académique. Puis, il a développé le modèle BIM excellence. Il s'agit d'un programme d'amélioration pouvant être adapté de l'individu à l'organisation (Giel et Issa, 2014). Après avoir synthétisé les modèles de maturité disponibles pour l'évaluation du BIM chez les propriétaires, Giel et Issa (2014) ont développé le modèle BIMCAT (BIM Competency Assessment Tool). Il s'agit d'un outil spécifique aux propriétaires, il sert à établir une base pour l'implantation du BIM au sein de ces organisations. Le développement du BIMCAT se base sur une comparaison des similarités entre les modèles de maturité existants afin d'en extraire les compétences nécessaires à l'implémentation du BIM chez les propriétaires et déterminer un cadre pour leur évaluation.

1.8 Critiques apportées aux modèles de maturité et aux modèles de compétences

Les modèles de maturité et de compétences possèdent chacun leurs forces et leurs faiblesses (Poirier, 2018). Chaque type a été étudié et critiqué que ce soit dans le cadre du BIM ou des équivalents dans l'industrie. Cependant, certains parallèles peuvent être faits entre les modèles de maturité ou de compétences développés dans l'industrie manufacturière et les modèles spécifiques au BIM développés actuellement.

1.8.1 Critiques des modèles de maturité

Les modèles de maturité sont utilisés comme outils afin d'évaluer ou de permettre l'intégration de phénomènes complexes. D'après Röglinger, Pöppelbuß et Becker (2012), les modèles de maturité ont subi plusieurs critiques. Ils citent notamment King et Kraemer (1984) et McCormack et al. (2009) qui les voient comme des guides qui simplifient la réalité et manquent de fondement empirique, ou encore Teo et King (1997) pour qui les modèles de maturité ne

prennent pas en compte les autres voies possibles de maturation que celles qu'ils préconisent. Une autre critique des modèles de maturité abordée par Röglinger, Pöppelbuß et Becker (2012) touche à la fois les modèles de maturité BIM et les modèles de maturité utilisés dans les autres domaines, leur similitude et leur multitude. D'après Chengke et al. (2016), les modèles de maturité BIM sont spécialisés en fonction de leur application projetée. Toutefois la multitude d'applications possibles, de sujets à évaluer et de types d'usages possibles fait en sorte que plusieurs modèles similaires, mais spécifiques sont créés avec peu de support empirique (Chengke et al., 2016; Forgues, 2017).

1.8.2 Critique des modèles de compétence

Les modèles de compétences sont basés sur l'idée de lister les aptitudes nécessaires à la réalisation d'une tâche. Étant donné la complexité des situations auxquelles sont appliqués ces modèles, ceux-ci ont été critiqués sur plusieurs aspects. L'un des aspects les plus importants dans le domaine de l'implantation de nouvelles technologies est la gestion du changement. Jamil (2015) citant Caldwell (2008) explique que les modèles de compétences sont incompatibles avec un domaine en constante évolution, car ils pourraient faire obstacle à la flexibilité des organisations en nuisant au développement de nouvelles aptitudes. Une autre critique s'appuie sur la difficulté à définir certaines compétences (Jamil, 2015). Ces compétences associées à la motivation par exemple sont difficiles à cerner et donc à évaluer par la suite (Vazirani, 2010).

1.9 Modèles étudiés dans le cadre de la recherche

Les modèles étudiés dans le cadre de la présente recherche sont le modèle SCBIMM développé par Forgues (2017) pour la chaire de recherche GRIDD et le modèle de compétences développé par Succar sur la base du BIME et adapté par le Groupe BIM du Québec. Le premier (SCBIMMM) se base sur le modèle de maturité *Owner Building Information Modeling Assessment* (OBIMA). Il s'agit d'une matrice de maturité de type descriptif évaluant le BIM au niveau organisationnel. Le second est une adaptation du modèle BIME destiné à évaluer au niveau organisationnel de l'industrie québécoise.

1.9.1 SCBIMMM

L'objectif principal du modèle SCBIMMM est de pouvoir être appliqué à tous les intervenants de la chaîne d'approvisionnement de la construction au niveau organisationnel (Forgues, 2017). Il répond ainsi à la critique de Chengke et al. (2016) concernant la surspécialisation des modèles et leur non-adaptabilités. Il évalue les intervenants selon cinq catégories principales :

- l'alignement stratégique;
- l'alignement organisationnel;
- l'infrastructure;
- la formalisation de la modélisation;
- la formalisation des relations contextuelles.

Il se présente sous la forme d'une matrice contenant treize indicateurs génériques et cinq indicateurs spécifiques répartis dans les différentes catégories. **Voir Annexe V.** Pour récolter l'information nécessaire, ce modèle utilise trois méthodes.

Premièrement une revue de documentation. Celle-ci sert à obtenir une première vision générale de l'entreprise, son nombre d'employés, sa vision, sa documentation autour du BIM. Deuxièmement des entrevues individuelles semi-dirigées à trois niveaux décisionnels au sein de l'organisation. Celles-ci sont basées sur des questionnaires réalisés pour répondre aux indicateurs spécifiques à la matrice. Il s'agit d'une discussion où l'on a la possibilité de constater les possibles écarts de discours entre la direction, la gestion et la production. Troisièmement des entrevues en groupe basées sur les indicateurs de la matrice. Ces périodes de travail permettent de déterminer la situation désirée de l'organisation et les façons d'y parvenir.

Le modèle SCBIMMM fournit un niveau de maturité basé sur la moyenne des indicateurs à chaque catégorie ainsi qu'un niveau de maturité général de l'organisation dans un premier temps. Puis, dans un second temps, présente un niveau de maturité visé et les objectifs déterminés pour l'atteindre. La Figure 1.2 résume le processus d'évaluation de la maturité à l'aide du modèle SCBIMMM expliqué ci-dessus.

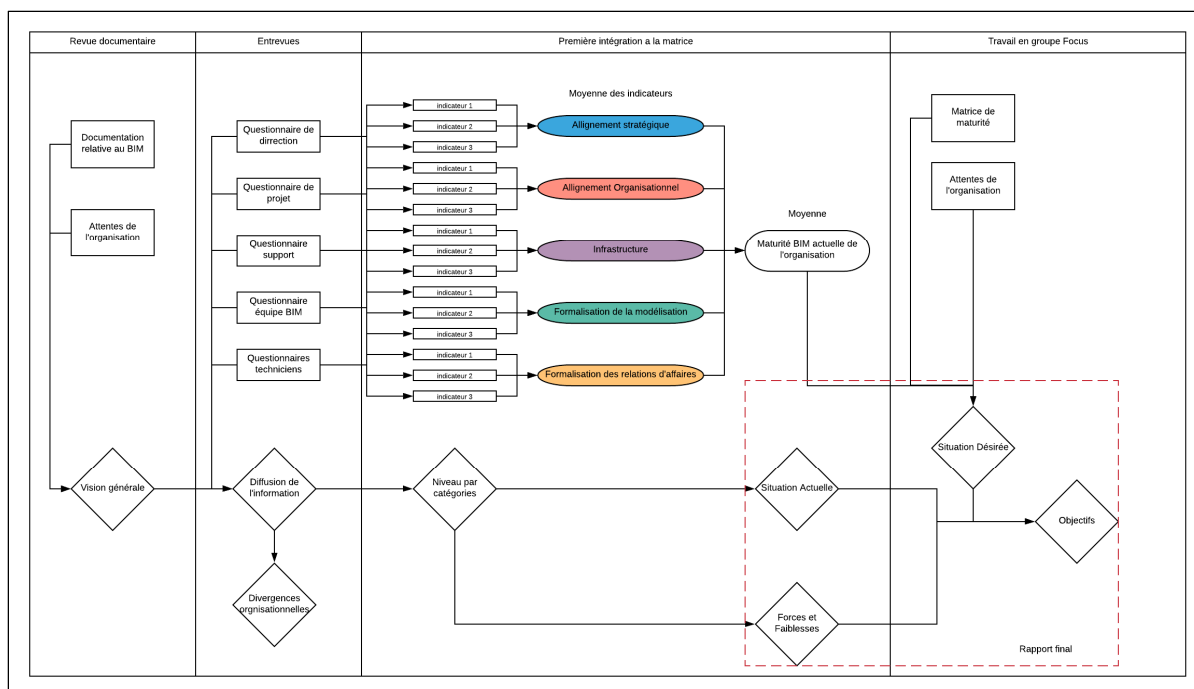


Figure 1.2 Fonctionnement de l'évaluation de la maturité à partir de la matrice SCBIMMM

1.9.2 Modèle de compétences BIME adapté pour l'industrie québécoise

Le modèle BIM excellence (BIME) a été développé sur la base des travaux de Succar en 2013 (Poirier, 2018). Il s'agit du seul modèle de compétences BIM non spécifique à une discipline.

Le modèle BIM excellence présente une approche modulaire se basant sur six composants :

- le dictionnaire du BIM : Présentant une base et un langage standardisé autour du BIM;
- une plateforme de partage des connaissances servant à communiquer les avancées en cours;
- un modèle de compétences servant à la fois au développement et à l'évaluation des compétences individuelles;
- un modèle d'amélioration des performances basé sur le modèle de maturité BIMMM développé par Succar (2010);
- une matrice servant à évaluer l'adoption globale du BIM;
- une solution en ligne servant à regrouper les solutions développées dans le cadre du BIME.

Ce modèle a été adapté par le Groupe BIM du Québec dans le cadre de l'initiative pour la construction 4.0 pour l'intégration du BIM à l'échelle de l'industrie québécoise. Il est appliqué en dix étapes :

1. L'entreprise s'inscrit au programme de diagnostic ICQ 4.0 au moyen de leur site.
2. La candidature de l'entreprise est examinée et éventuellement approuvée par le GBQ.
3. Prise de contact avec l'entreprise et envoi d'instructions concernant le diagnostic.
4. Contrat entre l'entreprise et le Groupe BIM du Québec concernant la tenue du diagnostic.
5. Portrait de l'organisation : Une fiche en ligne permet de décrire les principales caractéristiques de l'organisation, sa taille, son domaine d'activité, etc.
6. Autodiagnostic en ligne : La personne la plus au fait de la situation du BIM au sein de l'organisation remplit un questionnaire disponible en ligne. Ce questionnaire permet d'avoir une vision générale de la situation autour du BIM. Le questionnaire aborde 123 items de compétences pouvant être acquises par l'organisation.
7. L'évaluation sur site : Une évaluation est conduite par un intervenant extérieur à l'organisation sur la base de l'autodiagnostic. Il s'agit de comparer les résultats de l'auto-évaluation avec une évaluation externe.
8. Développement d'une stratégie : Écriture d'une feuille de route et optimisation des processus :
 - a. Création d'un profil de compétences;
 - b. Cartographie des processus et inventaire des usages BIM;
 - c. Principales cibles de l'organisation et développement d'une feuille de route.
9. Présentation des solutions développées et de la feuille de route.
10. Rétroactions de la part de l'organisation évaluée.

1.10 Nécessité d'évaluation des modèles sur le terrain

Face à la multitude de modèles spécifiques développés pour évaluer l'implantation du BIM à différents niveaux organisationnels, certains auteurs ont cherché à réaliser des évaluations ou des comparaisons des modèles existants, au niveau de leurs buts et de leurs usages. C'est notamment le cas de Chengke et al. (2016) qui réalisent une revue des modèles de maturité

existants. Le but de cette recherche étant d'aider au choix d'un modèle de maturité, les chercheurs ont donc comparé les modèles selon leur structure générale, leurs questions et la logique de leur développement. Ce type de recherche se justifie notamment par un manque de validation empirique des modèles. Pour Sebastian et Van Berlo (2011), chaque modèle créé tend à devenir un standard pour l'industrie, mais une des faiblesses est le manque de validation scientifique de son processus et de ses résultats.

La vocation des modèles étudiés est de servir de modèle standard pour l'évaluation du BIM au Québec. Ces modèles doivent donc répondre aux caractéristiques déterminées par Succar (2010) et être :

- **précis** : Clairs, non falsifiables et vérifiables afin de fournir une vision juste de la situation des organisations;
- **applicables** : Pouvant être utilisés pendant toutes les phases du cycle de vie du projet;
- **atteignables** : Les étapes doivent être progressives pour une meilleure gestion du changement;
- **cohérents** : On doit pouvoir obtenir deux fois les mêmes résultats pour une même organisation;
- **cumulatifs** : L'évaluation doit permettre une progression logique;
- **flexibles** : Pouvant être utilisés par toute la chaîne d'approvisionnement sans en désavantager certains;
- **informatifs** : Ils doivent guider l'amélioration et diriger l'avancement;
- **neutres** : Ne favorisant aucun type de modèle, propriétaire, libre ou commercial;
- **spécifiques** : Sont définis pour servir un but spécifique à l'industrie;
- **utilisables** (User-Friendly) : Doivent être intuitifs de façon à être compris par le plus grand nombre;
- **universels** : Doivent pouvoir s'appliquer également à tout type de marchés ou régions.

Malgré l'intention des développeurs de faire correspondre leur modèle à ces critères, d'après Chengke et al. (2016), la plupart d'entre eux souffrent d'un manque de simplicité. Les questions manquent de détails et sont difficilement compréhensibles pour des non-experts en

BIM. D'autre part, pour une meilleure fiabilité, les diagnostics basés sur des modèles complexes devraient être conduits par un consultant.

Si la plupart des modèles sont évalués lors de leur développement par des travaux avec des groupes d'experts par exemple pour le BIMCAT (Giel et Issa, 2014), par des entrevues tests (Siebelink, Voordijk et Adriaanse, 2018) , ou encore par des projets pilotes, les limites de la recherche s'arrêtent souvent au développement sans validation empirique. Or, les chercheurs développant ces modèles expliquent que les futures recherches devraient être consacrées à l'amélioration de ceux-ci après des études de terrain. (Forgues, 2017; Giel et Issa, 2014). D'après les auteurs, il faut donc évaluer l'outil de diagnostic BIM en le confrontant à son contexte. Toutefois, cette évaluation pose les enjeux suivants :

- comment évaluer selon le même système de valeur des objets théoriques totalement différents;
- comment conduire une évaluation pertinente d'un objet théorique aussi contextuellement ancré que le diagnostic BIM;
- comment attribuer un système de valeur à un objet théorique aussi évolutif que le diagnostic BIM.

Or, les modèles de diagnostic BIM, quels qu'ils soient possèdent des points communs sur lesquels peuvent reposer les fondements de leur évaluation. Tout d'abord, il s'agit de méthodes servant à mener une évaluation ensuite, ils se placent tous dans le même domaine de connaissances qui, même s'il est évolutif, peut être défini par ses experts.

1.11 Recherches actuelles sur l'évaluation de modèles d'évaluation du BIM

Des recherches ont déjà porté sur l'évaluation et la comparaison de modèles d'évaluation du BIM existants. Parmi les évaluations, deux rapports et articles scientifiques ressortent :

- Overview of BIM maturity measurement tools par Chengke et al. (2016);
- CDDB : Building information modelling : Evaluating Tools for Maturity and Benefits Measurement Kassem et al. (2020).

Ces deux recherches adoptent des méthodologies différentes pour l'évaluation des modèles et seule la seconde, réalisée par CDDb intègre l'avis des acteurs de l'industrie.

1.11.1 Évaluation de modèles d'évaluation du niveau de maturité BIM par Chengke et al. (2016)

Pour leur aperçu des outils de mesure de la maturité BIM, Chengke et al. (2016) mettent en place une méthodologie en cinq étapes. La première étape est la sélection des outils. Les auteurs répertorient les articles scientifiques, rapports, pages web et revues d'experts concernant le sujet afin d'inventorier les modèles publiés. La seconde étape consiste à relever la documentation qui réfère à ces modèles. Les chercheurs répertorient les recherches antérieures et la littérature entourant ces modèles et vérifient que chaque modèle soit un modèle distinct et reconnu par l'industrie. La troisième étape consiste en une reclassification des items des modèles en cinq catégories :

- les processus;
- la technologie;
- l'organisation ;
- les standards;
- l'humain.

Le nombre de questions présentes dans ces catégories permet d'établir les points sur lesquels la mesure met l'accent pour évaluer l'intégration du BIM. Les chercheurs procèdent ensuite à une revue des questions en extrayant les thèmes principaux abordés pour chaque catégorie de questions.

La quatrième étape consiste à examiner le contenu de l'outil, son développement et sa structure. L'étude du contenu est majoritairement réalisée en parallèle de la revue des questions. Il s'agit principalement d'une comparaison des notions abordées par chaque outil dans chaque catégorie de question et de la pertinence de ces notions par rapport au domaine.

La revue de la structure des outils est une comparaison de ces derniers par rapport aux points suivants :

- classification et hiérarchie;
- flexibilité;
- étendue de la mesure;
- littérature et guides supportant l'outil.

Enfin la cinquième étape est la revue des mécanismes d'évaluation. Cette étape dresse un état des forces et faiblesses des modèles étudiés selon leur facilité d'usage, l'étendue de leur évaluation, leur flexibilité, leur validation scientifique et leur habilité à l'évaluation comparative. Cette revue est présentée sous la forme d'un tableau indiquant, pour chaque modèle, ses principales forces et faiblesses ainsi que leurs justifications.

Cette recherche a servi de base aux auteurs pour le développement d'un nouveau modèle d'évaluation du BIM.

1.11.2 Évaluation de modèles d'évaluation de l'intégration du BIM par Kassem et al. (2020)

Le rapport réalisé par Kassem et al. (2020) est une revue de 25 modèles d'évaluation de l'intégration du BIM, dont 15 outils d'évaluation de la maturité, quatre méthodes d'évaluation de la maturité, 3 outils d'évaluation du bénéfice et trois méthodes d'évaluation du bénéfice. Le Tableau 1.6 suivant résume les modèles revus.

Tableau 1.6 Modèles d'évaluation de l'intégration du BIM revus et évalués dans le rapport
Adapté de Kassem et al. (2020)

Outil	Propriétaires - Développeurs	Type	Applications
BIM Excellence Online Platform	Change Agents AEC	Outil d'évaluation de la maturité	Organisation, Projet
BIM Online Maturity Assessment	National Federation of Builders (NFB)/CITB	Outil d'évaluation de la maturité	Organisation
BIM Supporters' BIM Compass	BIM Supporters	Outil d'évaluation de la maturité	Organisation
CPlx BIM Assessment Form	Construction Project Information Committee	Outil d'évaluation de la maturité	Organisation
Maturity Matrix: Self-Assessment Questionnaire	Project 13 – Institute of Civil Engineers	Outil d'évaluation de la maturité	Organisation
NBIMS Capability Maturity Mode	National Institute of Building Sciences	Outil d'évaluation de la maturité	Organisation
Organizational BIM Assessment	Pennsylvania State University	Outil d'évaluation de la maturité	Organisation
SFT's BIM Compass	Scottish Futures Trust	Outil d'évaluation de la maturité	Organisation
Supply Chain BIM Capability Assessment	Wates	Outil d'évaluation de la maturité	Organisation
Vico BIM Scorecard	Vico Software (now part of Trimble)	Outil d'évaluation de la maturité	Organisation
BIM Maturity Assessment Tool (BMAT)	University of Cambridge	Outil d'évaluation de la maturité	Projet
BIM Maturity Measure	ARUP/Institute of Civil Engineers	Outil d'évaluation de la maturité	Projet
BIM Working Group BMAT	Public Sector Working Group	Outil d'évaluation de la maturité	Projet
Dstl BIM Maturity Assessment Too	Dstl	Outil d'évaluation de la maturité	Projet
VDC Scorecard	Centre for Integrated Facility Engineers	Outil d'évaluation de la maturité	Projet
Owner's BIMCAT (Competency Assessment Tool)	Giel & Issa (2014)	Méthode d'évaluation de la maturité	Organisation
BIM Maturity Assessment Tool (BMAT)	Department for Transport	Méthode d'évaluation de la maturité	Organisation
Building Information Modeling Cloud Score (BIMCS)	Du et al. (2014)	Méthode d'évaluation de la maturité	Organisation
Organizational BIM Assessment Profile	Pennsylvania State University	Méthode d'évaluation de la maturité	Organisation
BIM Return on Investment Tool	Scottish Futures Trust	Outil d'évaluation du bénéfice	Projet
BIM Value	NATSpec	Outil d'évaluation du bénéfice	Organisation, Projet
BIM Benefits	University of Cambridge	Outil d'évaluation du bénéfice	Projet
BIM Level 2 Benefits Management Strategy	PricewaterhouseCoopers	Méthode d'évaluation du bénéfice	Projet
TfL BIM Benefits Management Strategy	Transport for London	Méthode d'évaluation du bénéfice	Projet
ROI Analysis	Giel & Issa (2013)	Méthode d'évaluation du bénéfice	Organisation

Kassem et al. (2020) différencient les outils et les méthodes d'évaluation. L'une des différences est la présence d'un support (questionnaire en ligne, matrice Excel) pour les outils, tandis que les méthodes n'apportent que de la documentation. La première étape de l'étude est semblable à celle de Chengke et al. (2016), elle consiste en une revue documentaire pour déterminer quels outils et méthodes d'évaluation de la maturité ou du bénéfice BIM sont publiés, connus et utilisés au sein de l'industrie britannique. La seconde étape consiste en la réalisation de cartes d'information à propos des modèles évalués. Quatre types de cartes d'information sont utilisées dans le rapport, une pour chaque type d'outil ou de méthode. Les cartes d'information contiennent une grande quantité de données classées sur le modèle telles que:

- l'auteur, le pays d'origine, la date et un lien vers le modèle;
- l'usage du modèle et le secteur auquel il peut s'appliquer;
- la définition de la maturité ou du bénéfice adopté;
- une catégorisation des items du test;
- les besoins en matière de compétences de l'évaluateur.

Les cartes d'information permettent aussi de réaliser une évaluation du modèle selon les critères suivants :

- la précision et l'applicabilité de la mesure;
- l'atteinte des objectifs de référence et la progression logique vers les objectifs de référence;
- la flexibilité et cohérence de l'évaluation;
- la neutralité des mesures;
- l'utilisation des résultats de l'évaluation pour fournir un retour d'information en vue d'une amélioration;
- l'utilisabilité du modèle dont l'ergonomie, l'esthétique et le support disponible (mesuré par une échelle de Likert);
- l'effort fourni afin de compléter l'évaluation.

Cette évaluation est réalisée par les chercheurs et les critères utilisés ressemblent fortement à ceux énoncés par Succar, Sher et Williams (2012). Ces cartes d'information servent à réaliser une première évaluation individuelle des méthodes et des outils.

La troisième étape consiste en une évaluation croisée des modèles. Afin de recueillir des données concernant la perception des modèles par les acteurs de l'industrie, Kassem et al. (2020) conduisent trois ateliers impliquant 37 experts de l'industrie provenant de secteurs et d'organisations diverses ainsi que huit entrevues semi-dirigées. Les ateliers portaient sur la compréhension de l'usage des modèles au sein de l'industrie et plus particulièrement des conséquences de l'utilisation des modèles, de leurs lacunes et des exigences de l'industrie par rapport à ces modèles. Les entrevues semi-dirigées ciblaient des experts n'ayant pas pu participer aux ateliers et tournaient autour des sujets abordés en atelier. Les informations récoltées pendant les ateliers et les entrevues ont été complétées par un sondage en ligne totalisant 184 réponses. En plus d'augmenter les résultats de la recherche documentaire, ce sondage a permis d'estimer le niveau d'adoption des outils et des méthodes de bénéfices et de maturité BIM au sein de l'industrie. A partir de ces différentes sources de données et des cartes d'informations, les chercheurs ont réalisé une évaluation croisée pour chaque type d'outil. Pour les outils de maturité BIM, la comparaison se fait en quatre étapes :

- le regroupement des items des tests en thématiques communes permettant de déterminer ce sur quoi le test met l'emphasis lors de l'évaluation;
- une revue des indicateurs pris en compte et mesurés lors de l'évaluation par les modèles;
- une revue de la portée et de l'objectif de l'évaluation et comparaison de leurs clartés au sein de la documentation (comparaison des outils destinés au projet et aux outils destinés aux organisations séparément);
- une revue des outils par rapport à la norme ISO 19650-2 2018.

Pour les outils d'évaluation du bénéfice BIM, l'analyse comparative se fait en trois étapes :

- une comparaison des étapes du projet pour lesquels les bénéfices sont pris en compte;
- une comparaison des différents bénéfices pris en compte par les outils;
- une comparaison des différentes approches des outils quant à l'évaluation du bénéfice.

Ces analyses croisées ont permis d'énoncer les forces et faiblesses de chaque type d'outil.

Pour finir, en plus de l'analyse individuelle des modèles réalisée à partir des cartes d'informations, Kassem et al. (2020) proposent une analyse générale des modèles leur permettant de donner des recommandations quant à leurs utilisations et leur développement.

La Figure 1.3 ci-dessous résume le processus de recueil d'informations de Kassem et al. (2020).

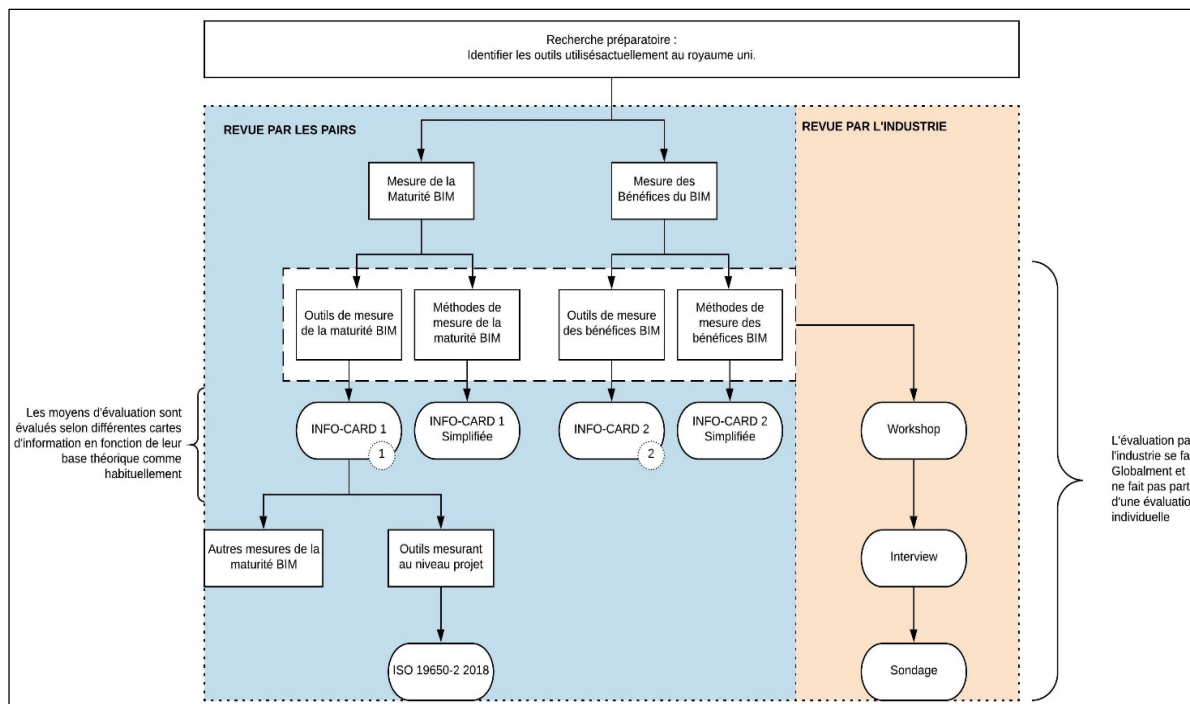


Figure 1.3 Processus d'évaluation CDDB
Adaptée de Kassem et al. (2020)

1.11.3 Comparaison des critères d'évaluation utilisés par Succar, Sher et Williams (2012), Chengke et al. (2016), Bougroum (2016) et Kassem et al. (2020)

Les auteurs ayant réalisé des modèles d'évaluation de l'intégration du BIM, ou des comparaisons, revues ou évaluations de modèles d'évaluation de l'intégration du BIM, utilisent différents critères pour attester de la qualité d'un modèle donné. Comme expliqué au paragraphe 1.10 ci-dessus, les critères les plus utilisés sont ceux de Succar, Sher et Williams (2012), ils sont aussi parmi les critères les plus exhaustifs. Bougroum (2016) et Chengke et al. (2016) avec respectivement sept et cinq critères de qualité des modèles sont assez synthétiques dans leur évaluation. Comme présenté dans la Figure 1.4 ci-dessous, la majorité de leurs critères peuvent être rapportés aux critères développés par Succar, Sher et Williams (2012). Cependant, certains critères sont plus spécifiques que d'autres.

Bougroum (2016) préconise par exemple la présence de mesures autant qualitatives que quantitatives de façon à limiter la subjectivité des mesures uniquement qualitatives ou encore

le fait de se baser uniquement sur des données quantitatives. Ce critère peut se rapporter à la cohérence et à l'informativité du modèle selon le système de critères de Succar, Sher et Williams (2012).

Chengke et al. (2016) préconisent l'établissement d'une échelle comparative. Toutefois, ce critère est peu inclusif pour les modèles n'ayant pas l'analyse comparative comme objectif.

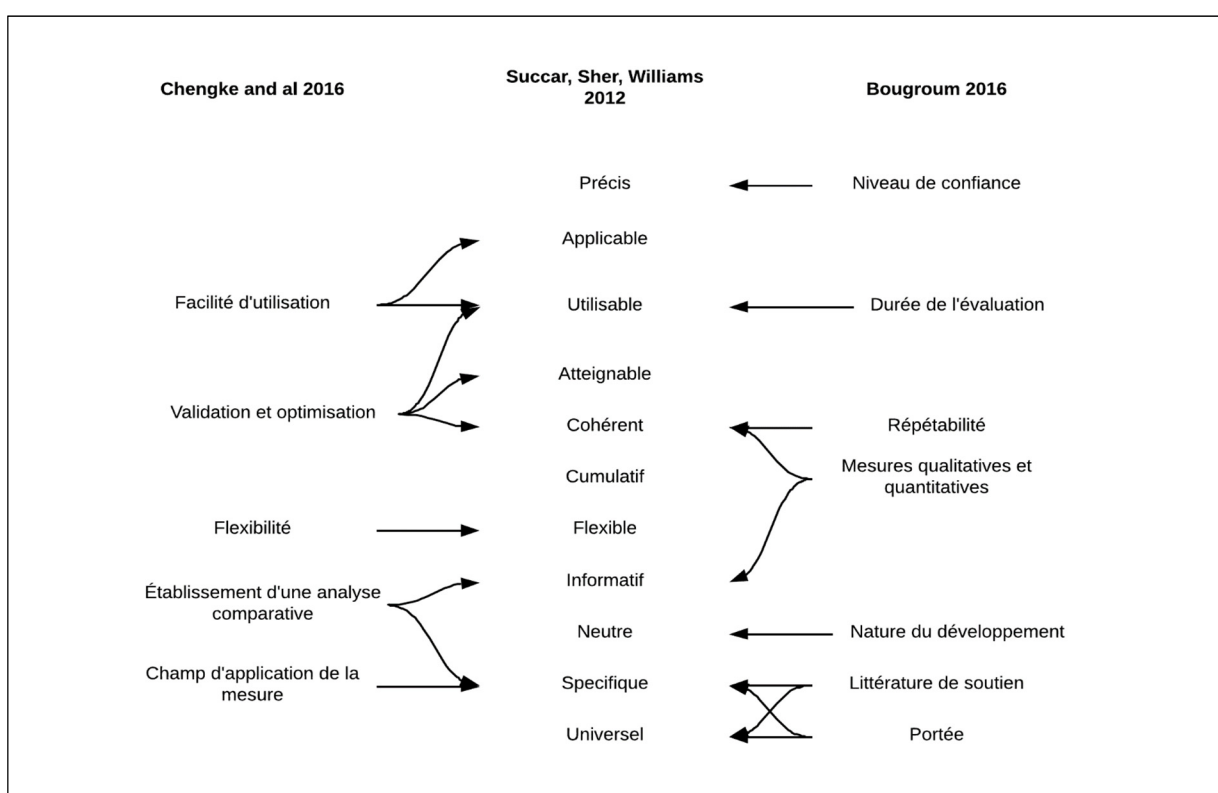


Figure 1.4 Comparatif des critères de qualité du modèle d'évaluation de l'intégration du BIM
Adaptée de Succar, Sher et Williams (2012), Bougroum (2016); Chengke et al. (2016)

Kassem et al. (2020) utilisent deux ensembles de critères comme le montre la Figure 1.5 ci-dessous, le premier permet d'évaluer les outils d'évaluation de la maturité BIM et le second permet d'évaluer les outils d'évaluation du bénéfice BIM. Au niveau des critères pour les outils de maturité, la granularité de l'évaluation ne figure pas dans les critères proposés par Succar, Sher et Williams (2012). Ce critère peut potentiellement se rapporter à la précision de

l'évaluation, toutefois, la notion de granularité apporte le concept de niveaux de précision en fonction du contexte et de la nécessité d'un certain détail dans l'information qui n'est pas présente dans les critères de Succar, Sher et Williams (2012).

Concernant les critères pour l'évaluation des outils d'évaluation du bénéfice, deux critères différents. Premièrement, la présence d'études démontrant l'application du modèle qui peut être rapporté à l'applicabilité du modèle selon les critères de Succar, Sher et Williams (2012). Cependant, ce critère intègre la notion de preuves qui n'est pas présente dans le critère d'applicabilité. Deuxièmement, le critère monétisation de la notion de bénéfice qui lui est très spécifique aux modèles d'évaluation du bénéfice, mais qui pourrait être rapporté à l'informativité du modèle.

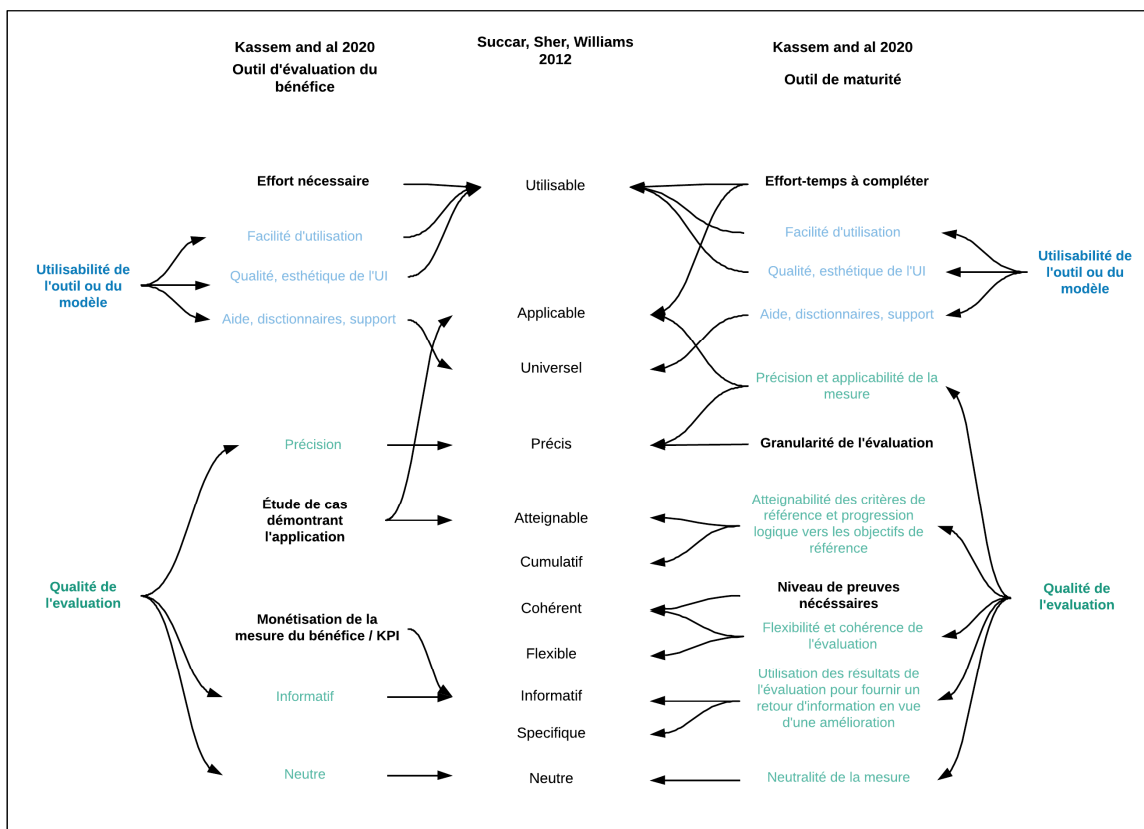


Figure 1.5 Comparatif des critères pour les modèles d'évaluation du BIM
Adaptée de Succar, Sher et Williams (2012) et Kassem et al. (2020)

1.12 Précisions sur la notion d'évaluation

Les modèles de diagnostic BIM sont des modèles d'évaluation, leur base commune est la volonté d'améliorer la performance BIM, de réussir son implémentation ou tout simplement de placer l'évalué sur une échelle de référence. Toute évaluation, dès que l'on sort du simple jugement de valeur subjectif, permet de se baser sur la même structure.

L'évaluation est une pratique qui diffère de la mesure, même si les deux sont indissociables. Pour Campanale et Raïche (2008) l'évaluation serait une mesure de la performance rapportée à d'autres mesures telles que la moyenne ou la norme. De leur côté, Aubret et Gilbert (2003, p.30) dans *L'évaluation des compétences* donnent une définition très claire de l'acte d'évaluer : « Évaluer c'est situer sur des échelles de valeur déterminées des objets évaluables, s'approprier des systèmes de référence pour quantifier des référés. ». Donc l'acte d'évaluer d'après la vision de Campanale et Raïche (2008), comme d'Aubret et Gilbert (2003), est dépendant à la fois de la mesure et de son contexte.

Les modèles d'évaluation de l'intégration du BIM sont soumis aux mêmes fondements que tout autre type d'évaluation. Il s'agit de confronter la situation d'une organisation à un système de référence qui diffère en fonction du modèle et de ce que l'on appellera son « construit ». De plus, d'après Aubret et Gilbert (2003) les objets psychologiques évalués et les systèmes de référence des évaluations sont issus d'élaborations personnelles ou collectives rendant toute évaluation relative. Afin de déterminer si une évaluation est pertinente, il faut donc pouvoir observer trois ensembles : les objets à évaluer (construit), le système de référence et les règles d'attribution de la valeur. La Figure 1.6 ci-dessous d'Aubret et Gilbert (2003) résume la mise en place d'une évaluation. La situation (objet évalué) est abstraite à des indicateurs observables auxquels est attribuée une valeur en fonction de règles établies par la mesure. La situation est ensuite comparée à son contexte grâce à une échelle mise en place à partir des normes, systèmes de valeurs et référentiels existants.

Il est donc possible d'évaluer des systèmes de diagnostic en se reposant sur la relation entre les éléments qui composent un processus d'évaluation.

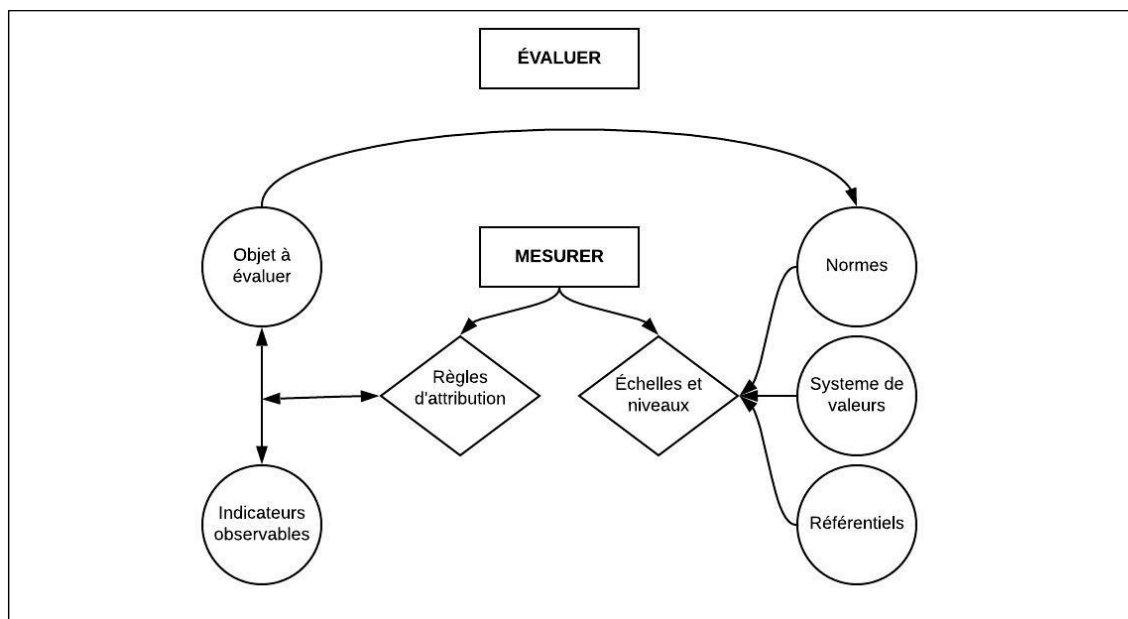


Figure 1.6 Représentation schématique des éléments constituant un acte d'évaluation
Tirée d'Aubret et Gilbert (2003, p. 31)

1.12.1 L'évaluation du point de vue positiviste et du point de vue constructiviste

L'évaluation est l'une des trois formes d'investigation formelles avec la recherche et l'analyse critique (Guba et Lincoln, 2001). Dans le domaine de la recherche deux paradigmes majeurs s'opposent quant à la création de connaissances : la vision positiviste qui est la plus répandue au sein de la communauté scientifique et la vision constructiviste (Brière, Lieutenant-Gosselin et Piron, 2018). D'après Brousselle et al. (2011), le choix du paradigme dans lequel se place l'évaluateur dépend de sa vision de la relation entre les faits et les valeurs. Si les positivistes affirment qu'il existe une neutralité valorielle amenée par l'utilisation de la méthode scientifique permettant à l'évaluateur de juger objectivement les faits (Brière, Lieutenant-Gosselin et Piron, 2018; Brousselle et al., 2011), les néo-positivistes affirment que l'évaluateur peut avoir une position objective tout en reconnaissant que l'influence des valeurs, des parties prenantes et de l'évaluateur lui-même amène une certaine subjectivité (Brousselle et al., 2011).

On reconnaît dans l'histoire quatre générations distinctes en matière d'évaluation (Brousselle et al., 2011; Guba et Lincoln, 1984) :

- la première génération caractérisée par la mesure et définie par l'élaboration de tests standardisés et de mécanismes de collecte de données systématiques;
- la seconde génération caractérisée par la description et définie par un changement de statut de l'évaluateur qui n'est plus simplement celui qui mesure, mais aussi celui qui analyse, décrit, comprend et structure afin de trouver les forces et faiblesses de ce qu'il évalue;
- la troisième génération caractérisée par le jugement et le rôle de juge de l'évaluateur;
- la quatrième génération caractérisée par la négociation entre l'évaluateur et les parties prenantes pour mener au consensus.

(Brousselle et al., 2011)

La vision constructiviste, établie par Guba et Lincoln (1989) comme « l'évaluation de quatrième génération » tend à se libérer des failles des précédents types d'évaluation notamment une tendance au managérialisme, une incapacité à tenir compte du pluralisme des valeurs et un engagement excessif envers le paradigme scientifique de la recherche. Le managérialisme représente la relation inéquitable entre le gestionnaire commanditaire de l'évaluation et l'évaluateur étant donné que le commanditaire n'est pas remis en question et à toute latitude quant au déroulement de la collecte d'informations et au niveau de la diffusion des résultats.

Le manque de considération pour la pluralité des valeurs part du postulat que : si les résultats de l'évaluation sont considérés comme objectifs, l'évaluateur ne peut en rien être tenu responsable de l'interprétation qui en est faite par des personnes aux valeurs différentes. Et si les résultats de l'évaluation ne sont pas considérés comme objectifs, puisque les faits sont considérés en relation avec l'ensemble de valeurs qu'apporte l'évaluateur, alors, l'acte d'évaluer, de rechercher devient un acte politique (Guba et Lincoln, 1989).

Le paradigme scientifique de la recherche est critiqué par Guba et Lincoln (1989) comme tendant à dépouiller de son contexte ce qui est évalué et à remplacer celui-ci par des conditions

strictement contrôlées, de façon à obtenir des résultats généralisables. Seulement, ces résultats obtenus dans un environnement contrôlé sont peu applicables dans un contexte local puisque de nombreux facteurs ayant été retranchés pour la recherche sont alors présents.

La vision constructiviste amène l'interdépendance entre l'évaluation, son contexte, ses parties prenantes et son usage et amène une manière différente de jauger la qualité d'une évaluation.

1.13 L'élaboration de modèles d'évaluation ou de tests

La décision de réaliser un test ou un modèle d'évaluation vient de trois facteurs principaux, quel que soit son développeur. Tout d'abord, cela peut être pour combler un besoin très concret, c'est le cas des tests les plus répandus. Ensuite, pour solidifier ou compléter une base théorique. Les tests développés pour cette raison servent principalement à la recherche. Enfin, pour réviser ou réadapter un test existant dans le but de s'adapter à un besoin changeant (Hogan, 2017). Dans le domaine des tests devant prouver des aptitudes et pour l'élaboration de méthodes d'évaluation impliquant des humains, la psychométrie a étendu son influence comme outil de création de mesures scientifiques (André, Loye et Laurencelle, 2015). Ses concepts de fiabilité et de validité sont maintenant utilisés en médecine, en génie, en évaluation de l'adulte, en gestion, entrepreneuriat et administration (André, Loye et Laurencelle, 2015; Cook et Beckman, 2006). À l'origine, la psychométrie désigne l'étude de la construction et de l'utilisation d'échelles de mesure des caractéristiques mentales telles que l'intelligence, la mémoire ou encore le langage (Universalis, 2010). Cependant, sa définition s'est élargie à la branche de la psychologie étudiant la construction et l'utilisation des tests (LAROUSSE, 2019). Dans le domaine de la gestion des projets de construction et du BIM, la psychométrie n'est que rarement citée. Forgues (2017) cite les modèles de maturité à échelle de Likert comme des modèles psychométriques. Succar, Sher et Williams (2013) citent les indices psychométriques concernant l'attitude, la motivation et le comportement lors de la classification des compétences BIM. Toutefois, la validation psychométrique est reprise dans le domaine de l'innovation notamment pour réaliser des questionnaires évaluant l'utilisabilité subjective

d'interfaces (Lewis, 1995). Il s'agit d'un cas où la psychométrie est utilisée pour appréhender un construit multidimensionnel et dépendant des usages qui sont fait de l'outil.

En psychométrie, deux concepts majeurs sont généralement repris, il s'agit de la fiabilité et de la validité du test.

1.14 Fidélité et validité du test

La fidélité et la validité psychométriques sont des concepts qui ont évolué au cours du temps. Buckingham et al. (1921) cité par André, Loye et Laurencelle (2015) posent une première définition de la validité et de la fidélité en ces termes : La détermination de ce que teste la mesure pour la validité et la consistance de cette mesure pour la fidélité. Or, si la validité est tout d'abord uniquement dépendante du test, il est ensuite admis qu'elle dépend aussi du contexte dans lequel le test est réalisé. Pour Hogan (2017, p.74), la validité d'un test « constitue la démonstration empirique qu'un test mesure ce qu'il est sensé mesurer » et cette définition réunit à la fois le contexte et le contenu.

Le classement traditionnel des types de validité définit par l'édition de *Standards for educational and psychological testings* (1985) cité par Hogan (2017) reporte trois types de validité. La validité de contenu qui concerne la relation entre le test et le domaine de connaissances dans lequel il s'inscrit, la validité critériée qui correspond à la relation entre test et critères d'évaluation, et la validité concomitante qui concerne la correspondance entre les résultats au test et d'autres variables. La validité concomitante englobe alors deux autres types de validité que sont la validité prédictive et la validité de construit. La première cherche à déterminer la valeur d'autres critères à partir des résultats du test, par exemple la réussite académique à partir d'un test d'entrée. La seconde, qui est aussi appelée validité conceptuelle, permet de réunir toute preuve établissant que le test mesure bien son construit.

La fidélité quant à elle est tout d'abord définie comme séparée de la validité cependant elles sont interdépendantes et leur relation est étudiée dans le cadre de la validité critériée. Afin de

résumer les définitions et relations des différents types de validité, André, Loye et Laurencelle (2015) offrent un tableau récapitulatif repris ci-dessous (Figure 1.7).

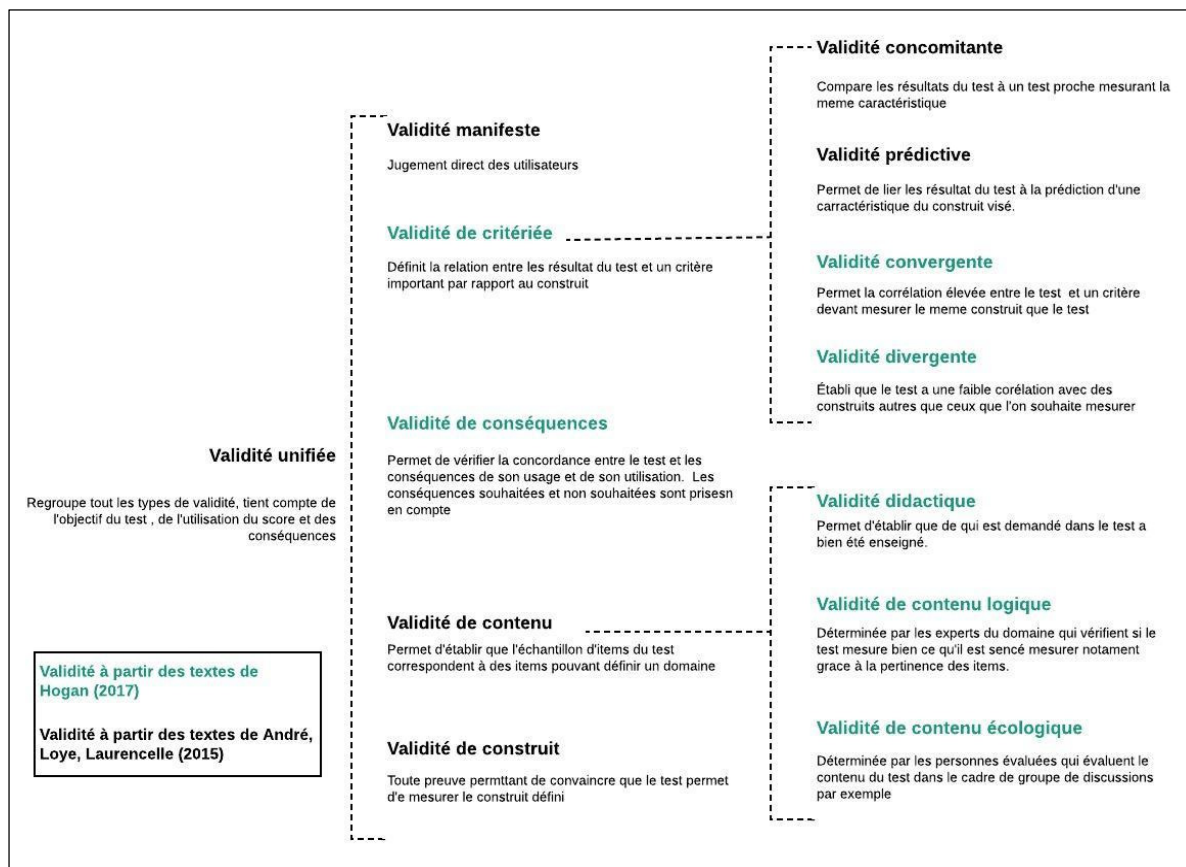


Figure 1.7 Validités et leurs dépendances
Adaptée de Hogan (2017) et André, Loye et Laurencelle (2015)

Comme expliqué dans la Figure 1.7, la validité unifiée qui intègre l'utilisation du test, ses valeurs et ses conséquences, a été introduite par Messick (1989) (Shepard, 1993). De cette validité dépendent les autres.

La validité manifeste tout d'abord est un jugement direct justifié par les utilisateurs du test (André, Loye et Laurencelle, 2015). Il ne faut pas la confondre avec la validité d'apparence comme définie par Hogan (2017) qui elle tient au fait qu'un test semble mesurer le construit souhaité, mais sans preuve.

Ensuite la validité critériée permet d'étudier la relation entre le test et les critères importants pour le construit. Selon Shepard (1993), elle englobe la validité prédictive et la validité concomitante. La validité prédictive s'appuie sur des données post-évaluation notamment quand le test est utilisé pour prédire une performance par exemple. La validité concomitante, toujours selon Shepard (1993), peut être utilisée lors du remplacement d'un test, les résultats du test développés sont alors comparés à ceux d'un test dont le construit est proche. Les validités convergentes et divergentes sont associées par Hogan (2017) à la validité critériée. La validité convergente établit la corrélation entre le test et un critère important du construit que celui-ci doit mesurer, tandis que la validité divergente établit l'indépendance entre les résultats du test et un critère non lié au construit du test.

La validité de contenu est définie par André, Loyer et Laurencelle (2015) comme servant à vérifier que les items du test correspondent bien à un échantillon des items pouvant servir à définir un domaine. La validité de contenu comprend d'après Hogan (2017) la validité didactique ainsi que la validité de contenu logique et écologique. Celles-ci sont définies ainsi : La validité didactique cherche à prouver qu'il est possible d'apprendre ce qui est demandé dans le test. La validité de contenu logique est établie par les experts du domaine qui admettent que les items du test peuvent circonscrire le construit, tandis que la validité de contenu écologique est établie par les personnes devant subir le test qui déterminent selon eux si le test mesure bien le construit qu'il est sensé mesurer.

La validité de construit est selon Hogan (2017) l'une des validités difficiles à appréhender au premier abord. Elle a été introduite par Cronbach et Meehl (1955) comme une application de la méthode scientifique de façon à confirmer ou infirmer les résultats des tests (Shepard, 1993). Pour André, Loyer et Laurencelle (2015) elle consiste à « repérer et à circonscrire le concept, la qualité et l'attribut reflété par la mesure en situant cette mesure dans un ensemble d'analogues sémantiques ».

Enfin, la validité de conséquences couvre les conséquences souhaitées et non souhaitées des usages, résultats et interprétations des résultats d'un test (Hogan, 2017). En effet, si les

conséquences souhaitées du test sont intégrées dans la documentation prévue par les développeurs, les résultats inattendus ne sont visibles qu'après l'étude de celui-ci. Cette validité et sa place dans le domaine psychométrique font encore débat (Hogan, 2017).

1.15 Discussion

Afin de survivre et d'évoluer, les acteurs de l'industrie de la construction doivent améliorer la performance et la productivité du domaine (Park, Thomas et Tucker, 2005). Le BIM semble être l'avancée la plus prometteuse dans ce sens. Cependant il s'agit d'un ensemble de technologies et de processus (Succar, Sher et Williams, 2012), évolutif, multidimensionnel et complexe (Miettinen et Paavola, 2014). Pour permettre une intégration et une collaboration BIM fructueuses, des méthodes d'évaluation ont été développées.

Parmi les méthodes d'évaluation du BIM, les modèles de maturité et de compétences BIM sont des guides mis en place pour aider à l'implémentation du BIM. Certains ont été développés pour servir de standards à l'industrie et d'outils pour évaluer l'implémentation du BIM, ses bénéfices et son avancement. Or, il en existe une multitude, chacun étant spécifique aux buts initiaux des personnes les ayant développés. La recherche concernant les modèles d'évaluation du BIM semble se concentrer en deux points : lister et comparer les modèles en matière d'indicateurs et de pertinence théorique et développer de nouveaux modèles à partir de modèles existants. Cette démarche mène à une surspécialisation de modèles non cumulables et non comparables appliqués aux différents acteurs de l'industrie.

Dans le contexte actuel de l'industrie de la construction québécoise 4.0, les objectifs sont les suivants : réaliser des diagnostics et des plans de déploiement numériques adaptés et mettre en place des améliorations du numérique en construction. Le développement d'un nouveau modèle d'évaluation du BIM spécifique n'a pas été la solution préconisée par le Groupe BIM du Québec, celui-ci a plus tôt favorisé le test de modèles existants et l'adaptation d'un modèle favorable à son contexte. Les modèles de maturité et de compétences possèdent chacun leurs forces et leurs faiblesses (Poirier, 2018), ils ont été majoritairement évalués dans le cadre de

leur développement (Chengke et al., 2016), mais la plupart manquent de validation empirique (Sebastian et Van Berlo, 2011) nécessaire à une diffusion efficace. Or, les précédents provenant du développement de modèles d'évaluation de la performance dans d'autres industries soulignent le problème du développement de modèles nombreux, similaires, construits sur les mêmes bases, mais uniques et non compatibles (Röglinger, Pöppelbuß et Becker, 2012).

Plusieurs études ont été menées afin d'avoir une vision globale des modèles d'évaluation du BIM existants (Abdirad et Pishdad-Bozorgi, 2014; Chengke et al., 2016; Kassem et al., 2020; Mom et Hsieh, 2012) soit dans le but de développer un outil plus performant soit dans le but d'aider au choix d'un outil. Pour appliquer un modèle d'évaluation du BIM à une industrie, deux solutions sont possibles. Premièrement, faire une revue des modèles existants, pointer leurs forces et leurs faiblesses et à partir de ces recherches, réaliser son propre modèle répondant spécifiquement à ses besoins. Toutefois, avec cette solution l'on parvient à un nouveau modèle unique. Deuxièmement il est possible d'évaluer l'application de modèles existants et de les améliorer afin qu'ils correspondent aux standards requis. Cette deuxième méthode demande un travail de validation empirique des modèles. Cependant, le modèle produit est une version améliorée et donc possiblement comparable à un modèle existant.

Chaque modèle évalué pour être un standard au sein de l'industrie devrait répondre aux caractéristiques spécifiées par Succar (2010) que sont la fiabilité, l'applicabilité, le fait d'être atteignable, la consistance, le fait d'être cumulatif, flexible, informatif, neutre, spécifique, utilisable et potentiellement universel. Ce sont des points nécessaires au développement d'une bonne mesure. Toutefois, certains points sont plus importants que d'autres une fois sortis du contexte académique. Pour que les acteurs de l'industrie adoptent ces mesures, il faut que celles-ci soient aptes à un usage de terrain à grande échelle en y intégrant les préoccupations pratiques que sont le temps, le coût et la valeur ajoutée apportée par l'usage du modèle. Ce sont ces aspects que viendra combler une étude empirique des modèles d'évaluation du BIM.

Les recherches visant au développement de modèles existants sont soit des comparaisons théoriques, soit des études de cas où un modèle en particulier est évalué. Seule l'étude réalisée

par Kassem et al. (2020) inclut à la fois l'avis de chercheurs et d'industriels. Or, les modèles doivent évoluer avec l'intégration du BIM. Ils ne doivent pas être statiques, mais être adaptés, évalués et affinés au moment de leur développement, mais aussi au contact et avec l'aide de l'industrie. Lors du développement de modèles d'évaluation du BIM, l'industrie est intégrée soit sous forme de panel d'experts, soit dans le cadre d'une étude de cas. C'est toutefois à l'usage du modèle que celui-ci peut être évalué.

Dans le cadre du choix d'un modèle pour l'évaluation de l'implémentation du BIM à l'échelle d'une région comme souhaite l'initiative de la Construction 4.0, le modèle choisi doit être utile à long terme, non falsifiable et fiable. Compte tenu de la diversité des organisations à évaluer tout au long de la chaîne d'approvisionnement, le modèle doit être préalablement appliqué à différents intervenants pour en vérifier la pertinence et en valider l'usage. Ainsi, il est approprié de définir et de développer une méthode permettant de souligner les forces et faiblesses de l'application d'un modèle d'évaluation du BIM. Ce type de recherche permettra de soulever les possibles défauts et bénéfices qui ne sont visibles que sur le terrain. En prenant la place de l'évaluateur, le chercheur pourra obtenir des informations relatives aux attentes des organisations face à l'usage des modèles, à leur perception quant à ceux-ci ou encore par rapport aux résultats obtenus suite à leur usage.

Cette recherche sera réalisée en collaboration avec le Groupe BIM du Québec et en association avec deux acteurs de l'industrie. Deux modèles d'évaluation du BIM seront étudiés et appliqués à ces organisations. Ces modèles seront ensuite évalués selon plusieurs critères provenant de la littérature et de l'expérience sur le terrain. Suite à cela, des améliorations seront proposées pour une meilleure application des modèles à l'industrie.

CHAPITRE 2

MÉTHODOLOGIE

2.1 Choix du type de recherche

Comme abordé dans le premier chapitre de ce mémoire, cette recherche répond premièrement au manque de validation empirique des modèles d'évaluation du BIM et deuxièmement à un contexte industriel propice. La définition du paradigme de recherche doit donc prendre en compte les caractères temporels et contextuels dans lesquels s'inscrit la problématique. Cette recherche a donc été construite de façon à réunir les acteurs pouvant bénéficier des connaissances développées. Les prochaines sections présentent le contexte dans lequel a été construite la présente recherche.

2.1.1 Contexte de la recherche

Cette recherche a été réalisée dans le cadre de l'Initiative de la Construction Québec 4.0. Celle-ci a pour but de promouvoir l'utilisation des nouvelles technologies de l'information pour la construction au Québec. Le BIM est l'avancée la plus prometteuse en matière de technologie de la construction; cet ensemble de politiques, processus et technologies est applicable à tout le cycle de vie du bâtiment permettant une progression commune des acteurs de l'industrie. Le ministère de l'Économie et de l'Innovation qui souhaite pousser dans cette voie a mandaté le Groupe BIM du Québec afin de favoriser et mesurer l'implantation du BIM au sein de l'industrie.

Deux modèles d'évaluation du BIM ont été envisagés pour mesurer la progression de l'implantation du BIM au niveau provincial. Il s'agit du SCBIMMM, développé par Eva-Charlotte Forgues en 2017 dans le cadre de la chaire de recherche sur les nouvelles technologies de l'information en construction, et du modèle MCBIMQ développé par le docteur Bilal Succar en 2018 et adapté par le Groupe BIM du Québec pour l'utilisation au Québec. Dans l'optique d'appliquer l'un de ces modèles au niveau provincial, ceux-ci

nécessitent une validation empirique afin de les éprouver et de les améliorer en les confrontant au contexte québécois.

2.1.2 Objectifs de la recherche

Afin de répondre à la problématique, cette recherche poursuit trois objectifs :

- dégager par l'analyse des données récoltées les facteurs pouvant favoriser l'acceptation et l'usage d'un modèle d'évaluation;
- formuler des pistes d'amélioration pour les modèles étudiés;
- ouvrir la réflexion quant à la mise en place d'un système d'évaluation du BIM standardisé.

Les buts de cette recherche nécessitent une collaboration entre les pôles académiques, industriels et gouvernementaux afin d'une part, de récolter les données qualitatives nécessaires et, d'autre part de les analyser afin de les synthétiser en connaissances applicables à la fois pour la recherche et pour l'industrie. C'est pourquoi, afin d'y répondre le type de recherche mis en place est la recherche-action collaborative.

2.1.3 Paradigme de la recherche

Dans le cadre de cette recherche, le chercheur ne se place pas en observateur, mais contribue activement à l'amélioration de son objet d'étude. Cette situation correspond à la théorie critique comme définie par Guba et Lincoln (1994). Le but de la recherche peut alors être de critiquer ou transformer une situation donnée. Ici le chercheur et l'objet d'étude sont liés et instaurent un dialogue afin de construire et formaliser des connaissances dont ils retirent un bénéfice commun. D'après Bonny (2015), la place du chercheur dans une recherche action-collaborative est celle d'un examinateur scientifique de la pratique faisant l'objet de la recherche. Les praticiens quant à eux collaborent activement à la démarche scientifique en engageant notamment une réflexion sur leur pratique.

2.1.4 Type de recherche

Parmi les types de recherches qualitatives, la recherche participative et partenariale est un modèle répandu au Québec. Si elle est plus utilisée dans des domaines tels que les sciences sociales, son utilité pour les sciences appliquées est de plus en plus reconnue (Gillet et Tremblay, 2017). D'après Tremblay et Rochman (2017) le but des alliances entre organismes communautaires et établissements universitaires est de permettre la production de nouvelles connaissances, outils et méthodes afin d'élaborer de meilleures stratégies concernant l'intervention, l'action, l'offre de programmes gouvernementaux ou encore les politiques répondant aux besoins d'un contexte en évolution. On peut dégager plusieurs concepts importants, tout d'abord l'alliance ou le partenariat, ensuite la production de nouvelles connaissances ou co-construction des connaissances, que l'on peut rapprocher du dialogue et de l'épistémologie transactionnelle instaurée dans la théorie critique, et enfin l'action ou l'intervention dans un contexte en évolution.

La nature du partenariat constitue un aspect important de la définition de la recherche. Pour Bonny (2015) le partenariat peut être compris à deux niveaux :

- un niveau institutionnel et contractuel visant à définir les termes de la collaboration (accès aux données, lieux et modalités d'enquête, confidentialité, propriété intellectuelle);
- un niveau relationnel visant à définir l'engagement des « praticiens » (partenaires industriels ou institutionnels) et des chercheurs pour une partie ou la totalité du processus de recherche.

La nature du partenariat construit entre chercheur et partenaire industriel pour la résolution d'une problématique pratique commune définit le type de recherche participative et collaborative mise en place. Parmi les recherches participatives et collaboratives, Bonny (2015) en distingue quatre types:

- une collaboration étroite en amont et en aval du cœur de la recherche (recherche collaborative);
- une investigation conjointe centrée sur une dimension pratique (recherche-action collaborative);

- les chercheurs comme tiers intervenants par rapport à un système d'acteurs (recherche intervention);
- une coopération visant une symétrie des partenaires en tant que co-chercheurs et co-sujets (recherche-action coopérative).

La recherche-action collaborative axée sur la dimension pratique fait partie des types de recherche utilisés dans les sciences de la gestion et les sciences appliquées telle que l'ingénierie. D'après Azhar, Ahmad et Sein (2009), ce type de recherche réunissant à la fois les objectifs de la recherche fondamentale et de la recherche appliquée est nécessaire à la recherche en génie de la construction afin de développer des solutions à des problématiques pratiques et contextuellement ancrées.

2.2 Phases de la recherche

La recherche-action possède un processus cyclique en cinq phases au sein d'un cadre de recherche. L'environnement de recherche est le protocole auquel se soumettent les chercheurs et les partenaires dans un projet de recherche. Les cinq phases de la recherche-action définies par Baskerville 1999, cité par Azhar, Ahmad et Sein (2009) sont les suivantes : le diagnostic, la planification des actions, l'évaluation des actions réalisées et la définition des connaissances comme indiqué dans la Figure 2.1. Le processus de la recherche-action doit être cyclique et évolutif afin de permettre l'amélioration continue de la situation.

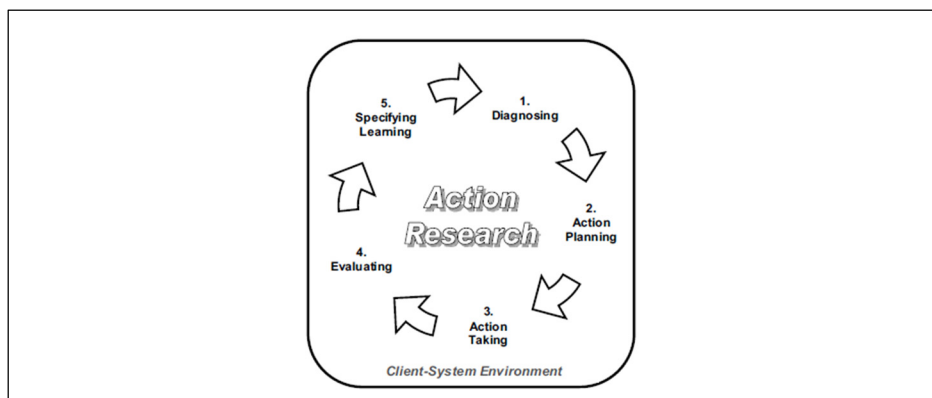


Figure 2.1 Cycle de la recherche action
Adaptée de Azhad, Amhad, Sein (2009) Adaptée de Baskerville (1999)

2.2.1 Le diagnostic

Le diagnostic a pour but de cerner de façon holistique et non réductrice la problématique abordée (Azhar, Ahmad et Sein, 2009). Celle-ci concerne les deux modèles pressentis pour l'évaluation de l'implantation du BIM au niveau provincial. Les modèles SCBIMMM et MCBIMQ ont des similarités facilitant leur évaluation commune et des différences majeures dans leur application, celles-ci sont résumées dans le Tableau 2.1 ci-dessous.

Tableau 2.1 Caractéristiques principales des deux modèles

	SCBIMMM	MCBIMQ
Type d'évaluation	Maturité	Compétences
Nombre de catégories	5	8
Catégories	Alignement stratégique, alignement organisationnel, infrastructure, formalisation de la modélisation, formalisation des relations d'affaires.	Gestion, administration, fonctionnement, opérations, infrastructures, implémentation, support, recherche et développement.
Moyens d'évaluation	Entrevues semi-dirigées, revue de documentation, cartographie des processus, entrevues en groupe.	Questionnaire en ligne, entrevue avec un responsable BIM, entrevue en groupe
Résultats	Niveau de maturité actuel et désiré. Objectifs de déploiement.	Niveau de compétences actuel et plan de déploiement.
Échelle organisationnelle	Entreprise	Entreprise

Étant donné que les deux modèles se basent sur des évaluations différentes, l'un concerne la maturité et l'autre la compétence, les comparer n'est pas possible. Par contre, les catégories évaluées par chaque modèle sont similaires ainsi que le niveau organisationnel auquel ils s'appliquent. Il est donc possible de réaliser une évaluation empirique de ces deux modèles d'évaluation du BIM selon les mêmes critères.

Afin de tester empiriquement l'application de ces deux modèles, l'étude de cas semble le moyen le plus approprié. Le chercheur prend alors la place de l'évaluateur afin de comprendre et de déceler les forces et faiblesses du modèle lors de son application sur le terrain. L'avis des personnes évaluées est aussi nécessaire afin de déterminer l'applicabilité à grande échelle de cette méthode d'évaluation.

2.2.2 La planification des actions

La planification des actions passe par l'organisation de réunions de planification avec les responsables BIM des entreprises faisant l'objet d'une étude de cas. Il s'agit de déterminer les conditions dans lesquelles se déroulera l'étude de cas, mettre en place un échéancier, établir une liste de participants et déterminer sur quels aspects sera axée l'évaluation.

Tableau 2.2 Planification des actions chez TBC et Provencher_Roy

	Provencher_Roy	TBC
Évaluation	Évaluation de la maturité et des compétences BIM du département Architecture de l'entreprise.	Évaluation de la maturité et des compétences BIM générales de l'entreprise.
Réunions de planification	3 réunions de 30 mn	1 réunion de 30 mn
Modalité des réunions	Première réunion : Directeur BIM, chercheure et directeur de mémoire Deuxième réunion : Directeur BIM, Directeur Financier, Chercheure et Directeur de mémoire Troisième réunion : Directeur BIM, Groupe de planification BIM, Directeur Financier, Chercheure, Directeur de mémoire.	Directeur de département, Gestionnaire BIM, Chercheure, Directeur de mémoire.
Durée de l'évaluation	3 semaines	1 semaine
Revue de documentation	Sur place en entreprise	En ligne majoritairement
Personnes sélectionnées	21 personnes présélectionnées par le Directeur BIM.	9 personnes présélectionnées par la gestionnaire BIM

2.2.3 Les actions

Les actions mises en œuvre sont les études de cas réalisées chez Provencher-Roy Architectes Associés et TBC. Elles peuvent se diviser en trois phases :

- les entrevues;
- l'analyse;
- les résultats.

Les évaluations se sont déroulées en parallèle pour ces deux entreprises. Une troisième étude de cas concerne le bureau d'architecture Aedifica, son évaluation de la maturité grâce au modèle SCBIMMM a précédé cette recherche tandis que son évaluation des compétences grâce au modèle MCBIMQ s'est déroulée en parallèle aux deux autres. Il y a donc moins

d'informations disponibles concernant les détails de l'évaluation de la maturité d'Aedifica. Toutefois, contrairement aux deux autres organisations testées, Aedifica a eu un délai suite à cette évaluation, celui-ci leur a permis de prendre du recul par rapport au processus et à ses conséquences.

2.2.3.1 Déroulement des entrevues

Les participants ont été présélectionnés par leur responsable BIM. Le but était d'avoir une vision générale de la situation de l'entreprise au niveau du déploiement du BIM. Les personnes sélectionnées avaient donc des niveaux différents de connaissance du BIM en fonction de leur domaine. Les entrevues ont ensuite été réalisées sur une base du volontaire. Les participants recevaient un premier courriel leur expliquant en quoi consiste le projet de recherche avec un lien pour s'inscrire via le site de prise de rendez-vous Doodle. Suite à la prise de rendez-vous, un courriel de confirmation était envoyé afin de confirmer l'heure et le lieu du rendez-vous. Ensuite, un dernier courriel de rappel était envoyé la veille de la rencontre. Le résumé des conditions d'entrevues est exposé au Tableau 2.3 suivant. Au Tableau 2.4 sont présentés les répondants chez Provencher_Roy et TBC. Chez Aedifica, étant donné le caractère privé de l'évaluation de la maturité d'entreprise, cette information n'a pas été communiquée.

Tableau 2.3 Déroulement des entrevues chez TBC, Provencher_Roy et Aedifica

	Provencher_Roy	TBC	Aedifica
Nombre d'entrevues	19	9	11
Durée	Entre 35 mn et 1h30	Entre 28 mn et 1h30	Entre 20mn et 2h
Prise de rendez-vous	Rencontre 1:1 : Utilisation de l'application Doodle pour la prise de rendez-vous puis envoi d'un courriel de confirmation.	Rencontre 1:1 : Utilisation de l'application Doodle pour la prise de rendez-vous puis envoi d'un courriel de confirmation.	Rencontres 1 :1
Nombre d'heures d'entrevues	14,6 h	7,3 h	14h

Tableau 2.4 Catégories de répondants chez TBC et Provencher_Roy

Provencher_Roy			TBC		
Catégories	Répondants	Refus	Catégories	Répondants	Refus
Équipe BIM	4	0	Dessinateurs	3	0
Chefs de Projets	4	0	C. de Projets	3	0
Techniciens	4	1	Contremaîtres	3	0
Architectes	4	0			
Associés	3	1			

Chez Provencher-Roy les rendez-vous ont été étalés sur trois semaines entre 9h et 18h. Une durée d'une heure était prévue pour chaque entrevue avec un écart de 30 mn entre chaque rencontre pour pallier d'éventuels retards. Le système de prise de rendez-vous a permis aux personnes présélectionnées de trouver un créneau convenant à leurs responsabilités professionnelles afin de participer aux entrevues. Celles-ci ont principalement été des discussions basées sur les questionnaires du modèle SCBIMMM.

Pour TBC, les entrevues se sont tenues à leurs bureaux à Montréal et à Québec et se sont étalées en tout sur quatre demi-journées. Au sein de cette entreprise, la prise de rendez-vous a été un peu moins flexible étant donné la nécessité de réaliser toutes les entrevues à Québec le même jour. Toutefois, le système de prise de rendez-vous – confirmation s’est avéré assez efficace. Comme le modèle de maturité ne contenait pas de questionnaires spécifiques pour les contremaîtres, c’est le questionnaire relatif au projet qui a été utilisé.

Enfin pour Aedifica, les entrevues se sont tenues à leurs bureaux de Montréal étalées sur deux semaines. Les répondants n’ont pas été sélectionnés par rapport à leurs niveaux de responsabilité, mais plutôt de façon à obtenir un échantillonnage représentatif de l’organisation en matière de connaissances et de responsabilités par rapport au BIM.

2.2.3.2 La revue de documentation pour TBC et Provencher_Roy

La revue de documentation a été conduite pendant la même période que les entrevues. La chercheure a eu accès aux dossiers de l’équipe BIM afin de consulter ceux qui lui seraient utiles. Les documents présentés dans le Tableau 2.5 suivant ont été retenus pour l’évaluation.

Pour TBC la revue de documentation s’est faite hors de l’entreprise. Les documents ont été demandés au responsable BIM qui les a faits parvenir par courriel et dépôt en ligne. Les documents retenus pour l’analyse sont présentés dans le Tableau 2.5 suivant.

Enfin pour Aedifica, la revue de la documentation s’est déroulée sur deux semaines principalement sur le site de l’entreprise.

Tableau 2.5 Documents analysés pour la revue documentaire

	Provencher_Roy	TBC
Alignement stratégique	<ul style="list-style-type: none"> • définition des postes recherchés; • présentation PPT feuille de la route BIM. 	<ul style="list-style-type: none"> • définition des postes recherchés; • feuille de route BIM.
Alignement organisationnel	<ul style="list-style-type: none"> • définition des départements et des succursales; • organigramme BIM • site internet; • intranet. 	<ul style="list-style-type: none"> • définition des départements et des succursales; • organigramme de l'entreprise; • site internet.
Infrastructures	<ul style="list-style-type: none"> • description du matériel par le service informatique; • liste des logiciels installés par défaut; • liste des logiciels installés à la demande; • liste des équipements technologiques spécifiques au BIM. 	<ul style="list-style-type: none"> • description du matériel par le service informatique; • liste des logiciels installés par défaut; • liste des logiciels installés à la demande; • liste des équipements technologiques spécifiques au BIM.
Formalisation de la modélisation	<ul style="list-style-type: none"> • modèle BIM d'un projet en cours; • protocole BIM; • présentation PPT des formations disponibles; • PGB; • matrice d'interopérabilité; • matrice MEB; • matrice LOD; • protocole de santé des modèles; • formulaire de demande de familles. 	<ul style="list-style-type: none"> • modèle BIM d'un projet en cours; • protocole BIM;
Formalisation des relations d'affaires	<ul style="list-style-type: none"> • cartographie du processus de coordination BIM; • entente concernant la propriété intellectuelle des maquettes; • déroulement de réunions de projet pour les coordonnateurs BIM (Gabarit). 	<ul style="list-style-type: none"> • cartographie du processus de coordination BIM.

Pour Aedifica, les documents les plus pertinents pour la revue ont été les Plans d'Exécution BIM (PEB) et les énoncés de la mission de l'entreprise.

2.2.3.3 Analyse de la maturité

Les données principales récoltées lors de la période à Provencher-Roy proviennent des entrevues. Il s'agit d'entrevues semi-dirigées basées sur les questionnaires du modèle de maturité SCBIMMM. Le but des entrevues était de recueillir des informations concernant le BIM au sein de l'entreprise, mais également de recueillir les perceptions de chaque niveau organisationnel afin de les comparer entre elles.

Comme schématisé dans la Figure 2.2, les entrevues ont d'abord été anonymisées puis transcrites et classées par niveau organisationnel au sein du logiciel d'aide à la recherche qualitative Nvivo. Des nœuds ont ensuite été créés pour chaque indicateur de la matrice permettant de classer les réponses des personnes interrogées à propos de ces indicateurs. Enfin, afin d'obtenir l'opinion de chaque niveau organisationnel à propos de chaque indicateur, nous avons réalisé des requêtes permettant de choisir un indicateur et un niveau organisationnel et d'obtenir les informations des entrevues.

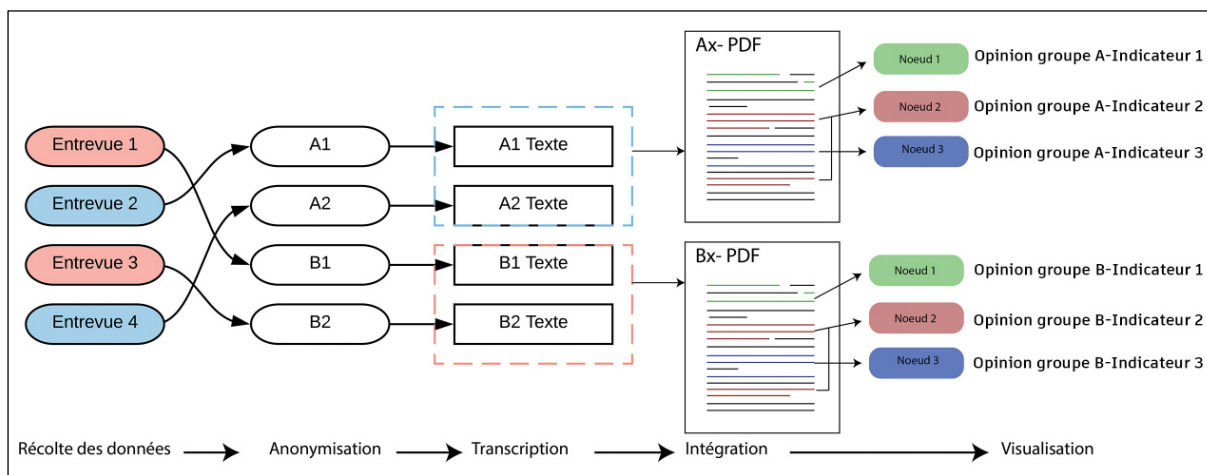


Figure 2.2 Analyse des entrevues à l'aide du logiciel Nvivo

La situation décrite par chaque niveau organisationnel concernant chaque indicateur a ensuite été comparée aux situations décrites par la matrice d'évaluation de façon à établir un niveau de maturité pour chaque niveau organisationnel. Ces niveaux ont ensuite été représentés

graphiquement de façon à pouvoir observer les divergences de perception des niveaux de maturité au sein de l'organisation.

L'analyse de la maturité chez TBC a suivi la même procédure que celle utilisée pour Provencher-Roy. Les entrevues ont d'abord été transcrites puis classées par groupe et anonymisées avant d'être intégrées au logiciel Nvivo pour la recherche qualitative. L'analyse des points de vue et des niveaux de maturité BIM des différents postes a été légèrement différente, car il ne s'agissait pas de niveaux décisionnels ayant différentes visions de l'implémentation du BIM, mais plutôt de départements ayant une utilisation différente des outils BIM.

2.2.3.4 Évaluation des compétences BIM

Afin de réaliser l'évaluation de leurs compétences BIM, le responsable BIM de Provencher_Roy doit passer par l'ICQ 4.0. Cette évaluation comprend dix étapes comme décrites au paragraphe 1.9.2.

Deux organisations sur trois ont complété leur pré-évaluation grâce à l'outil en ligne du modèle MCBIMQ. Les résultats et la documentation complète fournis par le modèle ont ensuite été transmis à la chercheure. La documentation comprenait le profil de compétences des évalués fournis par le modèle, les questionnaires et la documentation qui leur avait été communiquée avant et après l'évaluation. Les résultats complets étaient compilés dans une matrice Excel présentant les questions et leurs réponses, le profil de compétences des organisations, la feuille de route générée à l'aide du modèle, ainsi que les usages BIM implantés au sein de l'organisation.

Seule la partie pré-évaluation de l'évaluation des compétences BIM a été réalisée. Une intervention en entreprise ayant déjà eu lieu pour l'évaluation de la maturité, les répondants n'ont pas souhaité recommencer le processus pour l'évaluation des compétences BIM dans un si court laps de temps.

2.2.4 Évaluation des actions

L'évaluation des actions passe par l'élaboration d'un moyen d'évaluation empirique des modèles d'évaluation du BIM. Les prérequis les plus complets pour le développement d'un modèle d'évaluation du BIM sont ceux énoncés par Succar, Sher et Williams (2012).

Afin de développer un moyen d'évaluation empirique des modèles étudiés, ces critères peuvent être classés en trois groupes :

- les critères qui assurent l'intégrité de la mesure;
- les critères qui permettent l'usage du modèle à grande échelle;
- les critères d'objectivité du modèle.

La Figure 2.3 représente le groupement des critères pour l'évaluation du modèle.

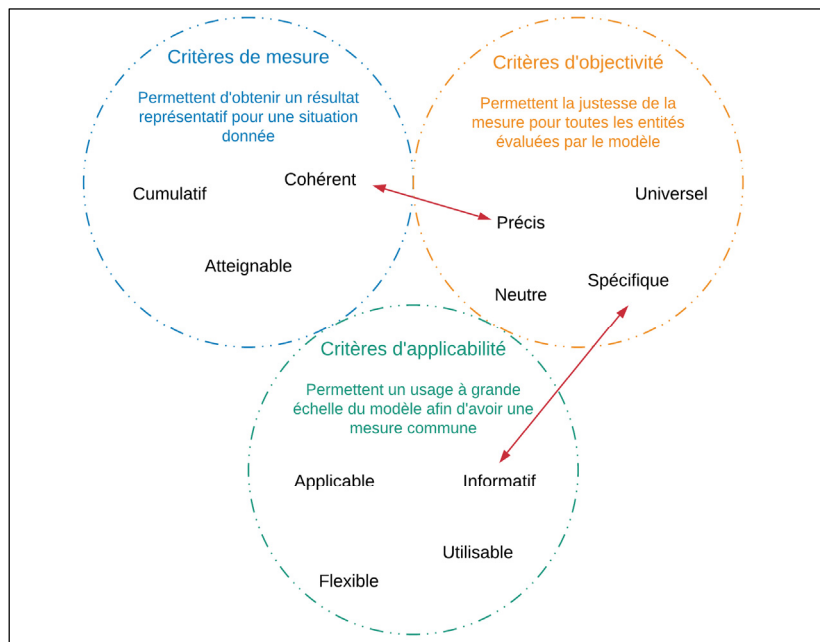


Figure 2.3 Regroupement des critères de qualité du modèle
Adaptée de Succar, Sheer, Williams (2012)

Une fois groupé, chaque critère a été décomposé en quatre questions pertinentes à leur examen à la fois par l'évaluateur et par les personnes faisant l'objet de l'évaluation. Ainsi un

questionnaire général de quarante-quatre questions a été mis en place pour l'évaluation empirique des modèles. Parmi les questions, vingt-deux questions sont destinées à des personnes faisant l'objet d'une évaluation par les modèles de maturité et de compétences BIM et vingt-deux questions sont adressées à de l'évaluateur.

Les questionnaires sont basés sur une échelle de Likert à 5 possibilités, la personne remplissant le formulaire peut évaluer les affirmations sur une échelle allant de « Non » à « Parfaitement ». Les réponses sont ensuite rapportées à un score allant de 0 à 4 points pour chaque affirmation. Ensuite, la moyenne de chaque indicateur est calculée. Le tout est présenté graphiquement de façon à pouvoir observer quels aspects sont à améliorer dans le modèle évalué. Le développement de l'outil de jugement servant à l'évaluation des modèles est expliqué au chapitre 3, tandis que le chapitre 4 détaillera les résultats de cette évaluation.

2.2.5 Formalisation des apprentissages

Dans le cadre de cette recherche, la définition des connaissances se fait par une co-construction des connaissances avec les partenaires. Les connaissances formalisées doivent à la fois servir la recherche et l'industrie. D'après Azhar, Ahmad et Sein (2009) celles-ci peuvent se diviser en trois groupes, dont deux contribuent à l'avancée de la pratique et une à l'avancée des connaissances académiques :

- les connaissances pratiques acquises par l'organisation;
- les connaissances additionnelles si l'échange n'est pas un succès;
- les connaissances scientifiques gagnées par la réflexion engagée pendant le processus.

D'après Liu (1997), il ne faut pas considérer la définition des connaissances dans la recherche-action comme résultant d'une expérience unique, mais comme une suite chronologique d'épreuves de validation empirique qui élaborent des connaissances de plus en plus significantes et précises des situations et des processus impliqués. Les connaissances développées lors de cette recherche dépendent et résultent des recherches précédemment effectuées dans le domaine.

2.2.5.1 Les connaissances acquises par l'organisation

Les connaissances qui seront acquises par le Groupe BIM du Québec au cours de cette recherche concerneront l'application des modèles sur le terrain. D'une part l'opinion des personnes ayant été confrontées à l'évaluation par les modèles pressentis pour l'évaluation de l'évolution de l'intégration du BIM au Québec et, d'autre part, les problématiques relevées par l'évaluateur lors de son application des modèles évalués. Cette évaluation fera l'objet d'un rapport à l'usage du Groupe BIM du Québec.

2.2.5.2 Connaissances scientifiques amenées par la réflexion pendant le processus

Les contributions potentielles en connaissances scientifiques au cours de cette recherche concernent premièrement les perspectives d'amélioration des modèles évaluées empiriquement et deuxièmement la méthode d'évaluation empirique des modèles d'évaluation du BIM. Si cette recherche est contextuellement ancrée comme expliqué au paragraphe 2.1, elle permet de répondre au besoin de validation empirique des modèles d'évaluation du BIM tel qu'abordé dans la revue de littérature.

2.2.6 Processus de validation de la recherche

La validation de cette recherche-action peut être décomposée en deux points distincts. Dans un premier temps, la validation des connaissances scientifiques potentiellement issues du processus de recherche et de l'évaluation des modèles. Ensuite, la validation des potentiels artefacts produits au cours de cette recherche afin de réaliser les objectifs détaillés au paragraphe 2.1.2.

D'après Lukka (2000), dans un paradigme constructiviste la recherche doit pouvoir amener à la fois une contribution théorique et une contribution pratique. Dans le cadre de cette recherche, la contribution théorique se situe dans les connaissances qui seront éventuellement issues de l'évaluation des modèles et de la collaboration entre les intervenants institutionnels,

académiques et organisationnels. La contribution pratique se situe dans la méthode développée pour mener à bien l'évaluation empirique de modèles d'évaluation du BIM.

2.2.6.1 La validation des connaissances et du processus d'évaluation

Dans le cadre de cette évaluation, le chercheur se place dans une vision constructiviste de la recherche telle que définie par Guba et Lincoln (2001). Le paradigme constructiviste se base sur trois hypothèses élémentaires :

- le relativisme selon lequel il n'y a pas de vérité objective, mais plutôt des constructions humaines;
- le subjectivisme transactionnel selon lequel les affirmations concernant la « réalité » et la « vérité » dépendent des valeurs des individus formulant ces affirmations;
- l'herméneutique-dialectique, un processus méthodologique selon lequel les constructions exprimées et entretenues par les différentes parties prenantes sont découvertes et investiguées en quête de sens (partie herméneutique du processus) puis comparées et confrontées (partie dialectique du processus).

Ce paradigme, diffère grandement du paradigme positiviste usuel dans la recherche en génie. Les responsabilités du chercheur changent tout comme les critères à remplir afin d'assurer la qualité de la recherche.

Sous le paradigme positiviste, les critères de qualité d'une évaluation ou d'un rapport sont les validités interne et externe du test ou de la recherche, la fidélité et l'objectivité. Dans le cadre de la recherche qualitative adoptant le paradigme positiviste, Guba et Lincoln (2001) proposent la crédibilité, la transférabilité, la fiabilité et la confirmabilité en parallèle aux critères positivistes. La crédibilité est établie par l'engagement sur site du chercheur et sur la vérification constante de ses données et des interprétations par les différentes parties prenantes. La transférabilité est déterminée par les récepteurs de l'évaluation (commanditaires et évalués) qui confrontent les résultats à leur situation. La fiabilité de la recherche est accordée par un auditeur externe qui examine les données et la méthodologie de recherche afin d'évaluer la

pertinence des décisions méthodologiques prises au cours de la recherche. Enfin, la confirmabilité de la recherche est fondée sur la traçabilité des données.

Tableau 2.6 Critères du paradigme positiviste et du paradigme constructiviste
Adapté de Guba et Lincoln (2001)

Critères du paradigme positiviste	Critères du paradigme constructiviste
Validité interne : Contrôle de la certitude des conclusions internes	Crédibilité : Établie par un engagement prolongé sur site, une observation continue, une revue par les pairs, une remise en question des hypothèses et des constructions développées avec l'apport des parties prenantes.
Validité externe : Valeur de la recherche et fiabilité des conclusions externes	Transférabilité : Établie par les récepteurs du rapport d'évaluation qui jugent si les résultats correspondent à leur situation et transférables à leurs contextes
Fiabilité : Reproductibilité des résultats de la recherche	Confiance : Établie par un auditeur externe amené à examiner les données afin d'examiner et de comprendre les décisions méthodologiques qui ont été appliquées
Objectivité : Absence de biais et de jugements de valeur dans la recherche.	Vérifiabilité : Établie par le fait que les données, constructions, faits peuvent être retracés jusqu'à leur source.

En plus des critères parallèles au paradigme positiviste, Guba et Lincoln (2001) ajoutent cinq critères inhérents au paradigme positiviste :

- **l'équité** : les constructions opposées des parties prenantes ont été prises en compte dans le rapport d'évaluation;
- **l'authenticité ontologique** : les constructions individuelles des participants incluant le chercheur ont évolué et se sont enrichies par la participation à l'activité de recherche;
- **l'authenticité éducative** : les participants à la recherche, incluant le chercheur ont enrichi leur compréhension des constructions d'autrui;

- **l'authenticité catalytique** : les actions visant l'amélioration de la situation ont été facilitées par l'évaluation;
- **l'authenticité tactique** : les participants à l'évaluation sont habilités à effectuer les changements proposés dans les résultats de l'évaluation.

La correspondance à ces critères pourra être vérifiée par trois moyens distincts. Premièrement une évaluation par pairs de la méthode d'évaluation permettra de répondre au critère de fiabilité de l'évaluation. Deuxièmement, le dialogue constant établi entre les commanditaires de l'évaluation, les évalués et la chercheuse permettra de s'assurer de la correspondance aux critères de crédibilité, de transférabilité et d'équité de la recherche. Troisièmement la production de ce mémoire de recherche synthétisant les actions effectuées lors de cette évaluation permettra de répondre au critère de confirmabilité de la recherche.

Les critères de qualité reliés aux conséquences de l'évaluation comme les authenticités tactiques et catalytiques sont plus complexes à démontrer dans le cadre de cette recherche. En effet, la recherche-action présente des cycles interdépendants au cours desquels les connaissances sont successivement produites, confrontées et validées afin de mener à une compréhension plus profonde d'un sujet complexe (Liu, 1997). L'étendue de cette recherche ne représente qu'un unique cycle de recherche-action tel que décrit par Azhar, Ahmad et Sein (2009), et ne permet pas de démontrer la validité de ses conséquences.

2.2.6.2 La validation des artefacts produits au cours de la recherche

Une recherche se plaçant dans le paradigme positiviste est construite de façon à répondre à une problématique pratique tout en apportant une contribution théorique au domaine. Elle permet de produire un artefact innovant servant de réponse à la problématique initiale et elle inclut une tentative d'implanter cet artefact afin de démontrer son applicabilité pratique (Lukka, 2000). Pour Lukka (2000), les artefacts développés dans le cadre de la recherche constructiviste sont socialement construits, inventés et non découverts.

Pour un artéfact réalisé dans le cadre d'une recherche constructiviste, les critères de qualité à considérer sont :

- la pertinence et l'applicabilité de celui-ci dans son contexte;
- la continuité de la coopération des parties prenantes au sein du projet de recherche, notamment pour l'implantation de l'artéfact.

Les preuves démontrant la correspondance à ces critères peuvent se situer d'une part, dans l'évaluation de la recherche par les pairs et d'autre part, dans les conséquences de la recherche.

CHAPITRE 3

DÉVELOPPEMENT D'UN OUTIL D'ÉVALUATION POUR LA SÉLECTION D'UNE MÉTHODE D'ÉVALUATION DU BIM

L'évaluation et la comparaison de modèles d'évaluation de l'intégration du BIM sont complexes. Il s'agit d'examiner des modèles uniques, non cumulables ayant des bases théoriques différentes, et produisant des résultats distincts. Il est important de pouvoir échantillonner ces modèles selon une base commune pour ensuite les évaluer de la même façon. Les modèles d'évaluation du BIM sont avant tout des modèles d'évaluation, c'est-à-dire qu'ils présentent au minimum une méthodologie de collecte de données, un outil de jugement permettant de comparer un échantillonnage de ces données à des normes et des résultats présentant la situation évaluée sur une échelle. Ces éléments communs sont une base pour l'évaluation empirique de ces modèles.

Actuellement, les critères les plus utilisés pour la qualité des modèles d'évaluation du BIM sont ceux développés par Succar, Sher et Williams (2012). Ces critères présentent une vision globale et peuvent donc être appliqués à la plupart des modèles d'évaluation de l'intégration du BIM. Cependant, afin de réaliser une évaluation précise, ces critères sont trop vastes. Il est important de les affiner de façon à obtenir un échantillonnage plus dense et abouti de la situation. Dans le domaine des sciences pures, les validités interne / externe et la fidélité sont utilisés pour attester de la qualité d'une évaluation. Toutefois, l'évaluation du BIM est un domaine complexe, puisqu'elle implique des humains et qu'elle est très contextuellement ancrée. Issue du domaine des sciences humaines et de plus en plus utilisée en dehors, la psychométrie offre des concepts spécifiques à l'évaluation des tests. La fidélité et les différents types de validité utilisés en psychométrie peuvent permettre d'affiner les critères développés par Succar, Sher et Williams (2012).

Ce chapitre présente le développement d'un outil de jugement servant à évaluer empiriquement les modèles d'évaluation de l'intégration du BIM en incluant le point de vue des évaluateurs

et des évalués à propos de la pertinence de la mesure, de l'applicabilité de la méthodologie et enfin de l'objectivité de l'évaluation.

3.1 La validation empirique de modèles d'évaluation du BIM

Dans le but de réaliser une évaluation empirique des modèles d'évaluation qui soit standard pour les deux modèles et pour les mettre sur un pied d'égalité, le développement d'un outil d'évaluation a semblé une option judicieuse. D'autant plus qu'il s'agit de modèles ayant des bases théoriques radicalement différentes.

La Figure 3.1 ci-dessous résume les composantes les plus courantes des modèles d'évaluation du BIM existants. On peut remarquer que chaque modèle possède fondamentalement un outil de jugement, une méthodologie d'échantillonnage de données pouvant être évaluées sur le terrain, ainsi qu'un contexte de développement. Ces caractéristiques communes peuvent permettre de visualiser les modèles sur une base commune et de réaliser une évaluation empirique malgré la grande disparité des modèles existants.

Quel que soit l'outil de jugement et la base théorique utilisés par un modèle d'évaluation du BIM, l'évaluation empirique des caractéristiques fondamentales de ce modèle pourrait permettre :

- de valider ou de vérifier ce modèle lors de son développement;
- d'améliorer ce modèle en visualisant ses forces et ses faiblesses dans une situation donnée;
- de participer au choix d'un modèle approprié à une évaluation donnée.

Elle peut donc servir de base de comparaison permettant l'élaboration d'un outil de jugement servant au diagnostic et à l'amélioration des moyens d'évaluation du BIM.

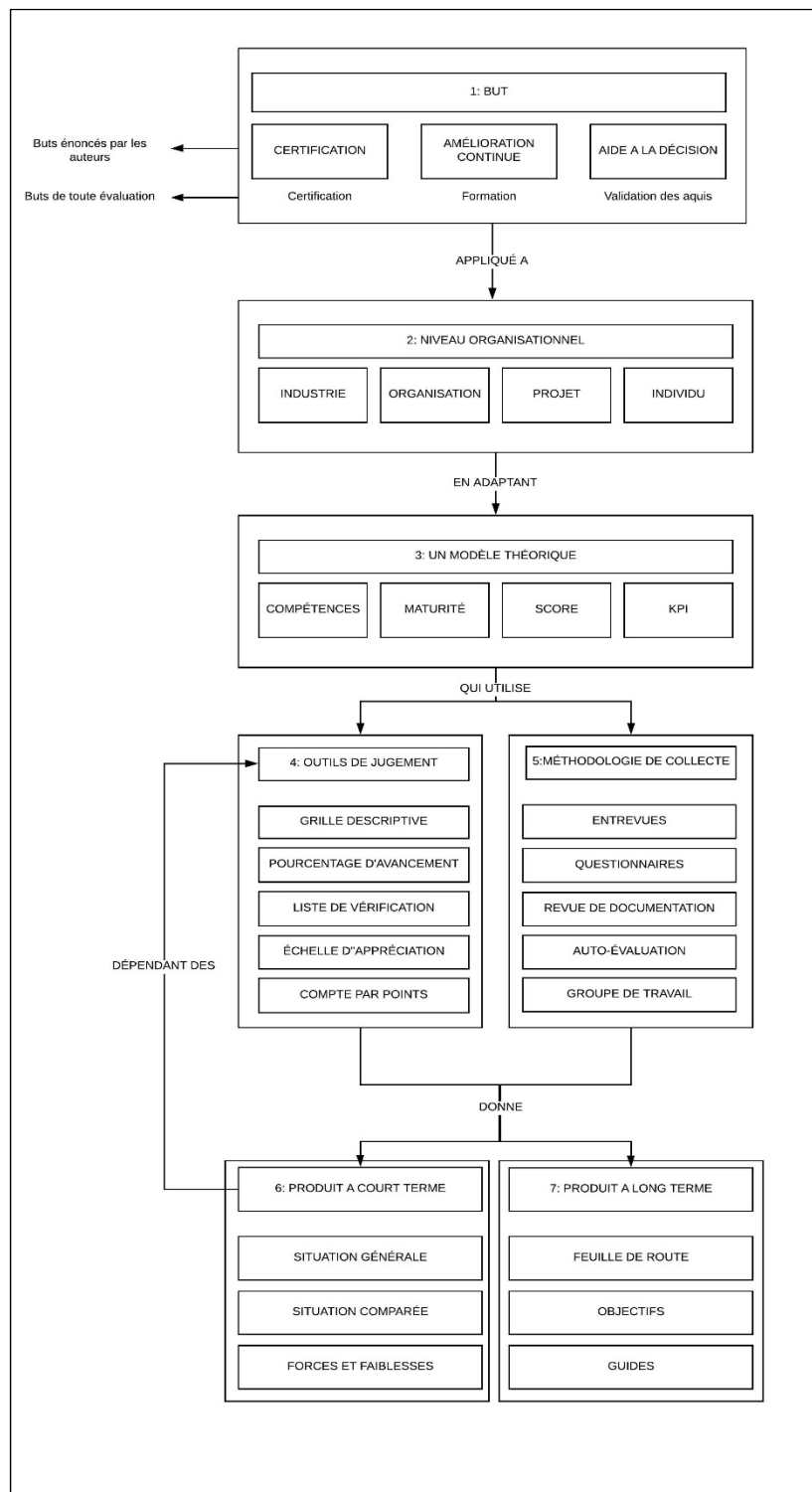


Figure 3.1 Composantes d'un modèle d'évaluation du BIM

3.2 Classification des critères développés par Succar, Sher et Williams (2012)

Les critères applicables à un modèle d'évaluation du BIM performant sont ceux définis par Succar, Sher et Williams (2012) énoncés au paragraphe 1.10 de ce mémoire. Ces critères sont exhaustifs, car ils prennent en compte à la fois les besoins d'une évaluation pertinente et les besoins contextuels dus à l'application à grande échelle. Ils peuvent aussi être liés et associés afin de permettre une visualisation des forces et faiblesses du modèle étudié par rapport à sa mesure, ses intrants et sa relation avec l'objet à évaluer.

La Figure 3.2 présente les prémisses d'une classification des critères développés par Succar, Sher et Williams (2012). Cette classification se base sur deux référentiels. Premièrement, la part de l'évaluation auxquels sont attribués ces critères et, deuxièmement, le but commun pouvant motiver l'utilisation de ces critères. Dans la schématisation de l'acte d'évaluer d'Aubret et Gilbert (2003) on peut remarquer trois blocs distincts :

- les intrants au modèle d'évaluation, c'est-à-dire les normes, systèmes de valeurs et référentiels qui vont servir de base théorique au modèle d'évaluation;
- l'objet à évaluer et les indicateurs servant à échantillonner sa situation par rapport à l'évaluation;
- la mesure faisant le lien entre les deux précédents groupes, les échelles et niveaux représentant un condensé logique des intrants et des règles d'attributions permettant de jauger la situation de l'objet à évaluer de façon à lui attribuer un niveau.

Les critères de qualité d'un modèle d'évaluation du BIM peuvent s'appliquer à chaque composante de l'évaluation.

Au niveau des intrants, l'universalité peut s'appliquer aux normes sur lesquelles repose le modèle, de façon à ce que celui-ci soit en adéquation avec les conventions de son milieu. La spécificité peut s'appliquer au système de valeurs qui doit être propre au domaine dans lequel se situe l'évaluation et venir répondre à un besoin dans ce domaine. Enfin la neutralité peut s'appliquer aux référentiels sur lesquels se base le modèle d'évaluation. La notion de « bonnes

pratiques » doit s'appuyer sur un référentiel neutre et sur des preuves théoriques ne favorisant aucun système commercial ou académique préétabli.

Au niveau de la mesure, l'utilisabilité et l'informativité peuvent être appliquées aux échelles et aux niveaux. En effet, ces échelles doivent être assez compréhensibles pour être utilisées comme référence quant à la correspondance aux critères d'évaluation du modèle, mais elles ne doivent pas tomber dans un excès de simplicité de façon à toujours fournir de l'information pertinente quant à la situation de l'organisation à évaluer. La flexibilité et l'applicabilité peuvent être appliquées aux règles d'attribution qui doivent pouvoir s'adapter aux situations moins conventionnelles et être appliquées à chaque type d'organisation que le modèle doit pouvoir évaluer.

Au niveau de la situation à évaluer, les indicateurs doivent pouvoir atteindre les critères définis au sein des règles d'attribution, et l'organisation évaluée doit être capable de fournir les indicateurs adéquats. Les indicateurs, quant à eux, doivent pouvoir être cumulés de façon à atteindre un niveau plus élevé.

Deux critères restent plus complexes à situer, il s'agit des critères précis et cohérents qui sont liés, car la cohérence correspond au degré de précision de la mesure. La cohérence peut s'appliquer au groupe représentant la situation et son échantillonnage, elle fait le lien entre la situation et la qualité de l'échantillonnage qui est réalisée de celle-ci de façon à ce que l'évaluation puisse être représentative de la situation de l'objet à évaluer. La précision quant à elle, même si elle pourrait s'appliquer aussi aux échelles et niveaux, s'applique au groupe des intrants. La précision des normes, valeurs et référentiels ainsi que la façon selon laquelle ils sont représentés au sein du modèle et intégrés aux échelles et niveaux permettent à l'évaluation de reposer sur des bases théoriques solides et de définir des critères objectifs pour l'évaluation.

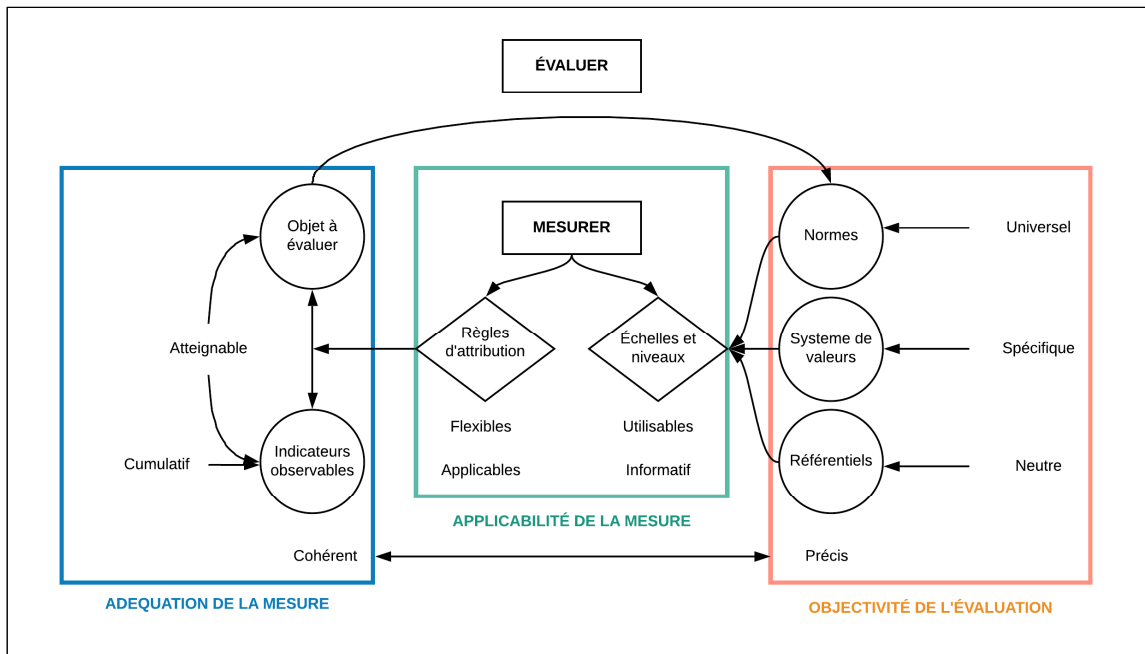


Figure 3.2 Application des critères du modèle d'évaluation BIM à l'action d'évaluer
Adaptée de Succar, Sher et Williams (2012) et Aubret et Gilbert (2003)

3.3 Bases de validation empirique d'une évaluation spécifique au BIM

Selon Succar, Sher et Williams (2012), les critères énoncés servent à rendre le modèle d'évaluation étudié :

- fiable, c'est-à-dire digne de confiance;
- adaptable, c'est-à-dire qu'il peut s'ajuster à des situations et des milieux différents;
- utilisable (Ergonomique) c'est-à-dire qu'il remplit sa fonction efficacement avec un haut degré de satisfaction.

La Figure 3.3 ci-dessous présente une coordination des critères développés par Succar, Sher et Williams (2012) et de leurs buts une fois ordonnés par rapport aux composantes d'une évaluation telle que définie par Aubret et Gilbert (2003)

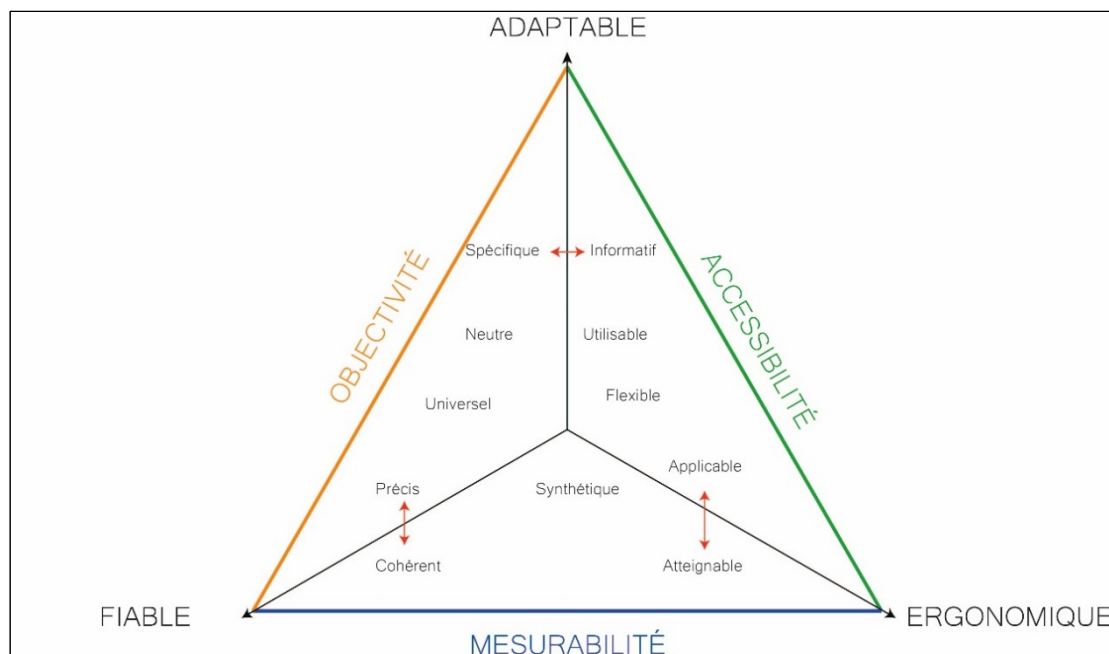


Figure 3.3 Base d'évaluation empirique des modèles d'évaluation du BIM
Adaptée des critères de Succar (2010)

Les critères développés par Succar, Sher et Williams (2012) ont été classés en trois groupes qui partagent le même objectif. Les critères cohérent, cumulatif et atteignable se rapportent à la qualité de la mesure par rapport à l'objet évalué. La cohérence du test correspond au degré de précision de la mesure, mais aussi au fait que celle-ci ne dépend pas principalement des valeurs de l'évaluateur. Le critère cumulatif n'étant pas applicable à tous les modèles d'évaluation du BIM, celui-ci a été remplacé par le critère synthétique. En effet, le critère cumulatif suggère une progression logique où chaque critère ou item a pour prérequis le précédent, tandis que le critère synthétique représente l'échantillonnage logique et cohérent d'un tout. Il suggère un échantillonnage dense et correctement réparti du domaine grâce à l'échelle de mesure. Enfin, le critère atteignable signifie que les critères du modèle sont cohérents par rapport à la situation de l'industrie. Les critères de mesure permettent de considérer la pertinence de la mesure par rapport au domaine évalué.

Les critères informatif, utilisable, flexible et applicable ont comme objectif de rendre le modèle accessible à ceux à qui il est destiné. Ces critères sont fortement liés aux besoins de l'utilisateur et à l'intention du modèle c'est à dire l'ensemble d'objectifs à remplir lors de la

tenue de l'évaluation du modèle. Les résultats du modèle ne sont informatifs que s'ils présentent des données pertinentes à l'utilisateur sous un format permettant de leur donner un sens et une utilité. Le modèle est utilisable s'il présente un processus d'application clairement défini pour l'évaluateur et dont la pertinence peut être expliquée aux évalués. Enfin, la flexibilité du modèle et son applicabilité dépendent de son intention, le modèle ne pouvant être évalué qu'au regard de ce pour quoi il a été développé.

Les critères précis, neutre, spécifique et universel permettent au modèle de présenter une évaluation objective. La précision, liée à la cohérence permet de baser les résultats sur des données objectives et vérifiables, réduisant ainsi les risques d'évaluation subjective. La neutralité du modèle vise à s'assurer que les items ne soient pas orientés pour favoriser un profit extérieur aux intérêts de l'évaluateur et de l'évalué. Si la spécificité et l'universalité semblent antinomiques au premier abord, ces deux notions peuvent être combinées en leur attribuant à chacune un domaine d'évaluation précis. Spécifique correspond au fait que le modèle répond efficacement à un besoin de l'industrie que ce soit du point de vue de l'évaluateur ou de l'évalué. Universel correspond au fait que le modèle puisse représenter les normes et les pratiques de l'industrie dans laquelle il est appliqué et puisse être diffusé et adapté en fonction de l'évolution des pratiques en BIM.

La Figure 3.3 présente trois flèches illustrant un lien d'interdépendance entre les critères de différentes catégories. Tout d'abord, la précision et la cohérence sont interdépendantes, car la cohérence représente un degré de précision. Ensuite, plus un modèle est spécifique à un besoin plus il fournira des informations pertinentes à l'utilisateur, et inversement. Enfin, l'applicabilité d'un modèle est dépendante du fait que ses critères de mesure soient atteignables pour les évalués.

L'adaptabilité, la fiabilité et l'ergonomie sont reliées à la correspondance à une majorité des critères établis par Succar, Sher et Williams (2012). Il est difficile de les associer à des critères précis, mais il est possible de les associer à des groupes de critères. Ainsi, l'adaptabilité dépend plus de l'accessibilité du modèle et de son objectivité. Un modèle hautement accessible et

connu comme étant précis et issu d'une partie neutre sera plus à même d'être réutilisé et adapté surtout si sa documentation est accessible (site web, publications académiques). La fiabilité du modèle dépend de la qualité de la mesure et de l'objectivité du modèle qui vont permettre d'obtenir des résultats représentatifs de la situation évaluée. Enfin, l'ergonomie dépend d'une mesure pertinente et d'un modèle accessible. Il remplit efficacement sa fonction et possède une méthodologie applicable et intuitive.

3.3.1 Évaluer les méthodes d'évaluation, notions de psychométrie

Peu de domaines s'appliquent à examiner et comparer des méthodes de mesure devant évaluer des domaines abstraits, voire des concepts. Dans le domaine des sciences pures, la mesure est utilisée pour appréhender avec précision des phénomènes concrets et chiffrables. Dans le domaine des sciences sociales, la psychométrie, initialement utilisée pour la création d'échelles psychologiques s'est largement déployée comme outil de création de mesures scientifiques (André, Loye et Laurencelle, 2015). Elle est maintenant utilisée pour la création de tests cliniques, comme en éducation. La psychométrie a l'avantage de présenter et de détailler des critères d'élaboration de la mesure, tels que la fiabilité et la validité spécifiquement pour des domaines abstraits et dominés par la perception humaine. Dans le cadre de cette recherche, afin de développer des indicateurs pertinents aux critères établis par Succar (2010), ceux-ci ont été corrélés à des notions de psychométrie existantes. Ces notions sont résumées ci-dessous et rattachées au domaine de l'évaluation du BIM.

3.3.1.1 Le construit, la sous-représentation du construit et la variance non reliée au construit

En psychométrie, le construit représente le trait, la construction théorique que souhaite appréhender le test (Hogan, 2017). Le construit représente un idéal, un objet théorique qui est entier et qui évolue dans le temps. Afin d'être évalué, ce construit devra être figé dans une représentation qui elle est partielle. Entre cette représentation figée et le construit évolutif, une co-construction itérative permet une évolution constante du construit et de sa représentation, comme expliqué dans la Figure 3.4 (Brewer et Crano, 2000). Dans le cadre de l'évaluation du

BIM, les modèles d'évaluation peuvent aussi influencer l'évolution de la situation. Ainsi, le construit, sa représentation et la réalité observée agissent comme des vases communicants. La représentation du construit permet de définir le test. Puis, l'application du test permet d'orienter et abstraire la réalité observée. Enfin, les données issues du test permettent de redéfinir le construit et par extension sa représentation.

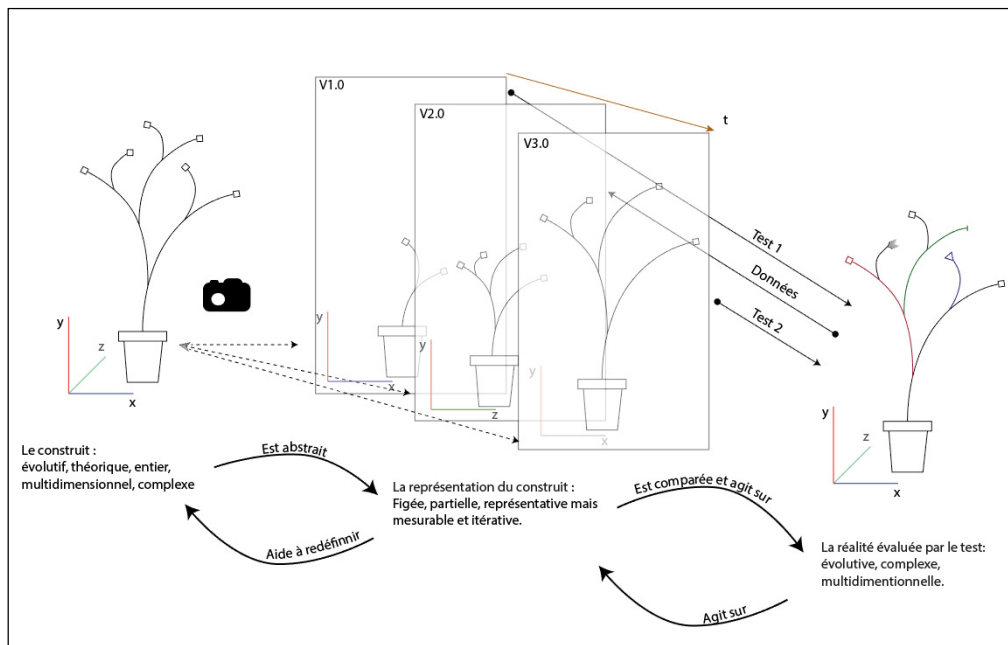


Figure 3.4 Interaction entre tests réalité et construit
Adaptée de Brewer et Crano (2000)

Le fait de devoir abstraire le construit pour obtenir une représentation mesurable explique partiellement que le modèle d'évaluation n'évalue pas la totalité du construit visé (Sous-représentation du construit ou SC) et qu'il évalue parfois d'autres choses que le construit visé (Variance non reliée au construit ou VNRC) tout comme la construction des items du test, schématisé en Figure 3.5.

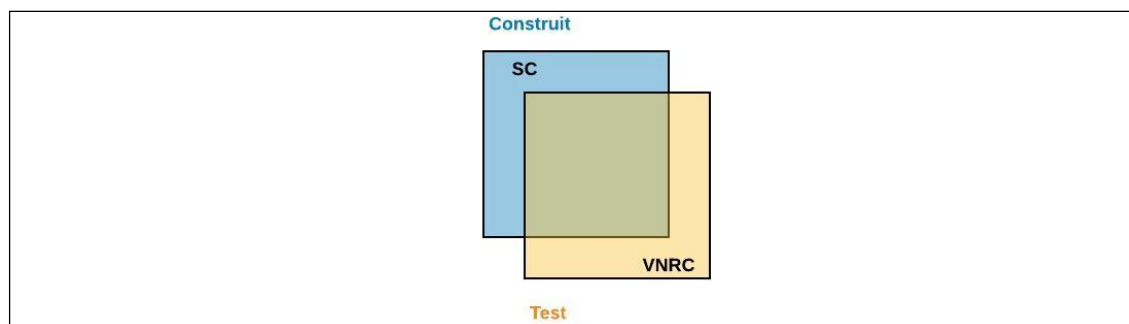


Figure 3.5 Construit, sous-représentation du construit et variance non reliée au construit
Adaptée d'Introduction à la psychométrie, Thomas P. Hogan (2017)

Dans le cadre de l'évaluation du BIM, le domaine évalué est le BIM. Au sein de ce domaine, les modèles d'évaluation du BIM évaluent un construit défini dans leur déclaration d'intention. Ici il s'agit de l'évaluation de l'implémentation du BIM au sein des organisations. Dans le cadre du développement d'un méta-modèle d'évaluation du BIM, il est important que celui-ci puisse évaluer la validité de construit. Tel que schématisé dans la Figure 3.6 suivante, il s'agit de vérifier l'alignement du construit par rapport au domaine, du test par rapport au construit, et enfin de la situation par rapport au test.

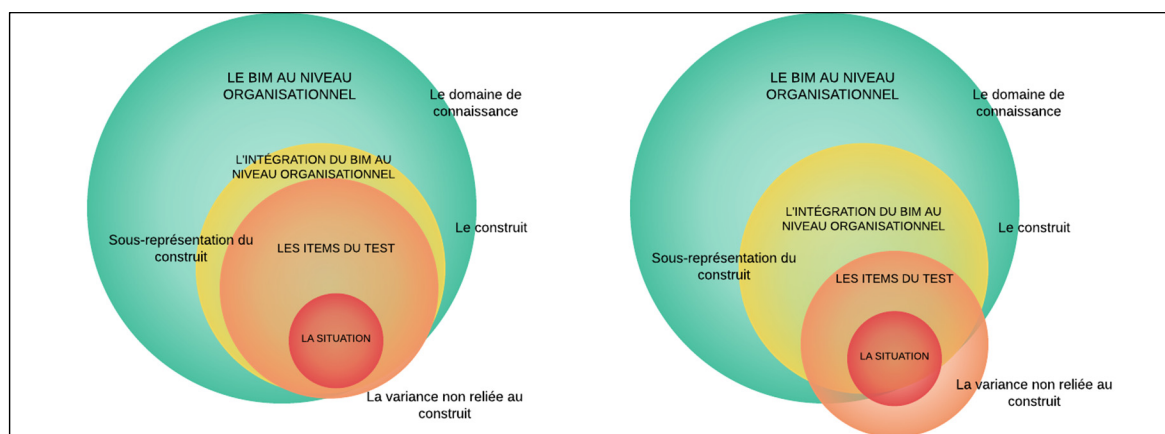


Figure 3.6 Alignement et validité du construit du test

Le schéma de gauche représente un test ayant un construit valide, tandis que le schéma de droite représente un test ayant une visée plus floue. Dans le cadre de l'évaluation de

l'implémentation du BIM, le domaine de connaissance est le BIM au niveau organisationnel. Ce domaine de connaissance connaît actuellement une évolution rapide, il est en continuel changement. Le construit serait la mesure de l'intégration du BIM au niveau organisationnel et il devrait pouvoir intégrer les applications du BIM de tous les acteurs de la construction dont afin que le modèle puisse évaluer leurs performances. Les items du test devraient présenter un échantillon satisfaisant pour évaluer le construit dans son ensemble. Enfin la situation de l'organisation évaluée doit pouvoir être confrontée aux items du test. Dans le cadre d'un modèle moins aligné, les items du test ne couvrent pas la majorité du construit que le test est censé évaluer et/ou mesurent des caractéristiques ne faisant pas partie du construit, ce qui donne une plus grande part de variance non reliée au construit. Au final, la description qui est faite de la situation de l'organisation évaluée ne concerne pas entièrement le domaine de l'implantation du BIM et son score final n'est pas représentatif uniquement de sa situation autour du BIM. Cet alignement est plus difficile à réaliser étant donné que le BIM est un domaine complexe relié à de nombreux domaines, qu'ils soient technologiques ou procéduraux.

3.3.1.2 Notions de validité et de fidélité psychométriques associées aux critères du modèle d'évaluation du BIM

Afin d'attester de la fidélité et de la validité de méthodes d'évaluation, les développeurs des modèles soumettent ceux-ci à différents tests, tels que le calcul du coefficient alpha de Cronbach pour assurer la fidélité. Pour la validité, les développeurs doivent apporter des preuves provenant de sources variées afin d'attester que le test remplit bel et bien ses objectifs (Hogan, 2017). Les facteurs influençant la fidélité et la validité du test sont connus et peuvent être utilisés pour affiner les critères définis par Succar, Sher et Williams (2012). En effet, chaque critère intègre des aspects pouvant être associés à certaines notions psychométriques. Ainsi, par exemple, la cohérence du test correspond à son degré de fidélité.

Les notions associées à chaque critère seront expliquées en détail aux paragraphes suivants. La Figure 3.7 ci-dessous résume les associations réalisées entre les notions psychométriques et les critères de Succar, Sher et Williams (2012). Comme abordé au paragraphe 3.2 ci-dessus, les critères ont été classés selon leur fonction.

CRITÈRES DE MESURE			
Réfèrent à l'alignement du test par rapport au domaine	Cohérent	Fidélité : Qualité de la mesure sans rapport à son contexte	
	Synthétique	Validité de contenu : L'échantillonnage couvre le domaine d'étude	Fidélité : Qualité de la mesure sans rapport à son contexte
	Atteignable	Validité de contenu écologique : L'échantillonnage couvre le domaine d'étude selon l'évalué	Validité didactique : L'échantillonnage couvre le domaine d'étude selon ce qui peut être appris
CRITÈRES D'ACCESSIBILITÉ			
Réfèrent à l'alignement du test par rapport a son but et son intention	Informatif	Validité de conséquences : Les résultats du modèle sont conformes à son intention	
	Utilisable	Méthodologie, intention, documentation.	
	Flexible	Robustesse : Stabilité de la qualité du test malgré les situations peu conventionnelles	
	Applicable	Validité de contenu écologique : L'échantillonnage couvre le domaine d'étude selon l'évalué et son contexte	
CRITÈRES D'OBJECTIVITÉ			
Réfèrent à l'alignement du test par rapport a son contexte	Neutre	Principe de bienveillance : Le test ne doit pas être conçu de façon à nuire de quelque façon que ce soit à l'évalué	
	Spécifique	Pertinence : Adéquation entre le test, son intention et son contexte	Validité de conséquences : Les résultats du modèle sont conformes a son intention
	Universel	Normes et standards: Le test repose sur des bases théoriques fortes	
	Précis	Fidélité : Qualité de la mesure sans rapport à son contexte	

Figure 3.7 Répartition des notions de psychométrie

Les critères de mesure permettent d'établir l'alignement du test par rapport au domaine évalué, ils permettent de s'assurer que l'outil de mesure est pertinent, qu'il correspond bien au construit évalué et qu'il est possible de se conformer à ses critères.

Les critères d'accessibilité permettent d'établir l'alignement du modèle avec son but et son intention. Le fait qu'un modèle fournisse une information pertinente est fortement lié à son intention. En effet, s'il s'agit d'un modèle d'évaluation comparative, il devra fournir des informations sur les niveaux en BIM de l'industrie; s'il s'agit d'un modèle de maturité devant servir à l'amélioration de la situation de l'évalué, il devra fournir des guides pour une meilleure implémentation. De même, l'utilisabilité, la flexibilité et l'applicabilité du modèle dépendent fortement de l'usage préconisé par ses développeurs. S'il s'agit d'un modèle destiné à des experts en BIM pour l'évaluation spécifique d'un acteur de la chaîne d'approvisionnement, le niveau de flexibilité demandé sera moindre par rapport à un modèle devant être utilisé à grande échelle pour des personnes non expertes en BIM, et les aspects sur lesquels l'utilisabilité et l'applicabilité du modèle seront évaluées différeront grandement.

Les critères d'objectivité permettent enfin d'établir l'alignement entre le modèle et son contexte. La neutralité est une notion complexe faisant encore débat au niveau de la recherche scientifique. Selon la vision positiviste réaliste, il est possible de réaliser une évaluation neutre en appliquant la méthode scientifique. Toutefois, selon la vision constructiviste, l'évaluation est intrinsèquement liée à un système de valeurs (Guba et Lincoln, 1989). Pour Stufflebeam et Shinkfield (2007) cités par Brousselle et al. (2011), l'évaluation est intégrée à une dynamique sociale et dépendante de forces politiques. Il est donc complexe d'assurer la neutralité d'une évaluation du BIM. Toutefois, en fonction du contexte dans lequel évolue le modèle, il est possible de minimiser les biais et de se conformer au principe de bienveillance présent en psychométrie (Hogan, 2017) en s'assurant que l'évaluation et ses conséquences soient en accord avec les intérêts des personnes évaluées, ne puissent causer aucun préjudice et ne connaissent pas de buts cachés ou de biais commerciaux extérieurs. Comme par exemple, la promotion d'une solution logicielle. La spécificité et l'universalité du modèle sont des notions qui peuvent paraître contradictoires. Toutefois, si on les observe sous le référentiel de

l'adéquation au contexte du modèle ils peuvent être évalués par rapport aux besoins de l'industrie.

3.3.2 Cohérent, synthétique, atteignable

Afin d'évaluer un apprentissage ou une progression, il existe de nombreux outils de jugement, ceux-ci servent à offrir soit une vision globale et succincte d'un état de progression (notes, pourcentage de progression, niveau), soit une appréciation analytique des forces et faiblesses de la personne morale ou physique évaluée dans le domaine concerné (grille d'évaluation descriptive, liste de vérification, échelle d'appréciation). Ces outils sont construits de façon à servir les trois fonctions fondamentales de l'évaluation : la formation, la certification et la validation des acquis. Quel que soit l'outil de jugement mis en place par un modèle d'évaluation du BIM, celui-ci peut être évalué sur la base des critères suivants énoncés par Succar, Sher et Williams (2012).

3.3.2.1 La cohérence de la mesure

La cohérence permet la traçabilité et la compréhension du résultat fourni par l'outil de jugement. Un modèle cohérent assure la reproductibilité d'un audit et la rigueur du résultat apporté par le diagnostic. De plus, la cohérence est fortement liée à la fidélité puisqu'il s'agit de la fidélité avec laquelle il est possible de reproduire la mesure.

Si des coefficients tel que le coefficient de Kroeinbach sont habituellement utilisés pour évaluer la cohérence d'une mesure, il existe des facteurs influant sur ces coefficients pouvant être examinés afin d'évaluer la cohérence. Premièrement, la fiabilité test-re-test et la fiabilité inter-juges sont une base pour vérifier la cohérence. Ces tests réalisés lors du développement du modèle d'évaluation BIM sont un moyen d'attester de sa cohérence. Deuxièmement, comme abordé au paragraphe 3.2.1, une variation de contenu du test peut influencer sur la cohérence du résultat. Ces variations peuvent concerner les items du test, l'échantillonnage des documents ou encore l'échantillonnage des personnes à interroger. Troisièmement, la variation des

conditions d'administration du test peut influencer sur le résultat final, dans notre cas, la situation de l'entreprise ou des personnes interrogées durant l'audit.

À partir de ces facteurs, afin de limiter les variations et questionner la cohérence du modèle, cinq indicateurs ont été retenus. Le Tableau 3.1 ci-dessous résume ces indicateurs ainsi que leur justification.

Tableau 3.1 Indicateurs de cohérence et leur justification

Cohérent	Peut-on obtenir deux fois le même résultat pour la même organisation ?	
A-1	Le modèle utilise les mêmes questions, et situations pour différentes organisations (Variation de contenu)	La variation des questions pour différentes organisations peut être problématique pour l'audit d'entreprise. Si les questions varient grandement d'une organisation évaluée à l'autre, la comparaison entre ces organisations via leurs scores au test peut être incertaine. De même si les questions peuvent varier d'une évaluation à l'autre, les résultats peuvent être faussés.
A-2	La correspondance entre un critère et l'évaluation qui lui est attribuée est claire et retraceables (Condition de correction du test)	L'impact de chaque critère devrait être traçable par rapport au score final. Cela permet par exemple de détecter plus facilement d'éventuelles erreurs de notation.
A-3	Le modèle utilise une méthode d'évaluation standardisée quelle que soit l'organisation évaluée (Conditions d'administration du test)	La non-variation des conditions d'évaluation est importante pour la fidélité du test. En gardant les mêmes conditions d'une évaluation à l'autre on a moins de chance d'introduire des facteurs venant fausser les résultats et la progression.
A-4	Les informations récoltées sont validées et triangulées (Variation d'échantillonnage)	L'échantillonnage des données est un facteur pouvant influencer sur la fidélité de la mesure. Ainsi il est important de valider les données récoltées de façon à ce qu'elles soient représentatives de la situation.

3.3.2.2 Un outil de jugement synthétique

Parmi les critères initiaux développés par Succar, Sher et Williams (2012), le critère cumulatif permet d'établir un cheminement logique et une notion de progression en faisant en sorte que les items des niveaux inférieurs du modèle soient des prérequis pour les items des niveaux supérieurs. Toutefois, ce ne sont pas tous les modèles d'évaluation du BIM qui présentent des niveaux. Certains fonctionnent plus sur la base de correspondance à une liste de requis non

cumulatifs. Afin de rendre l'outil d'évaluation empirique plus inclusif, ce critère a été remplacé par le critère synthétique. La notion de synthèse conserve l'idée de construire un tout logique pour l'intégration et remplace l'idée de niveaux par une répartition uniforme des items afin de couvrir effectivement le construit. Ici, au lieu d'établir qu'un plus haut score sera dépendant d'un plus haut niveau, l'on admet qu'un plus haut score sera dépendant d'une plus grande correspondance au construit c'est-à-dire que le modèle doit attribuer un plus haut score quand une plus grande part de l'objectif final est réalisée.

Afin d'établir qu'un modèle est synthétique il faut pouvoir, dans un premier temps, s'assurer que le modèle évalue un construit qui correspond aux besoins du domaine puis, dans un second temps, s'assurer qu'une plus grande correspondance amène à un score supérieur. Ainsi, tel que schématisé dans la Figure 3.8, l'organisation A aura un score plus élevé que l'organisation B, car elle se conforme plus au construit évalué.

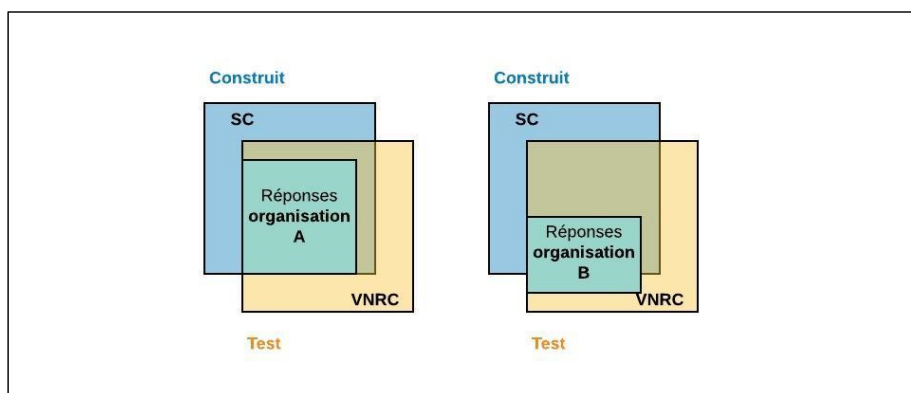


Figure 3.8 Correspondance entre le score et le construit
Adaptée de Thomas P. Hogan (2017)

Pour évaluer le construit au sein de l'organisation, un modèle d'évaluation du BIM utilise un outil de jugement. Celui-ci doit pouvoir présenter une progression relativement à la correspondance entre la situation de l'organisation et le construit, c'est-à-dire une intégration globale du BIM. Cette situation se rapporte à deux notions : la notion de validité critériée, c'est-à-dire la relation entre le score d'un test et la valeur attribuée au critère et la notion de validité de contenu, c'est-à-dire la correspondance entre le contenu d'un test et un ensemble

de connaissances définies. Afin de vérifier la validité critériée, il est nécessaire d'établir une relation entre l'outil de jugement, le construit évalué par le test et les critères établis pondérés. Afin de vérifier si un outil de jugement est synthétique, les indicateurs suivants peuvent être examinés.

Tableau 3.2 Indicateurs d'avancement

Synthétique	Permet-il l'agrégation des sous-ensembles qui caractérisent le construit ?	
B-1	Le modèle présente un outil d'évaluation pertinent et fonctionnel (Fiabilité)	L'outil d'évaluation devrait permettre la précision et devrait être adapté aux besoins de l'évaluation. Comme "outil de jugement" on peut retrouver par exemple l'échelle d'appréciation (bon, moyen, mauvais), la grille d'évaluation (appréciation par critère), la liste de vérification (on atteste de la présence ou non de critères), l'échelle descriptive et la grille d'évaluation descriptive. Ici on laisse l'appréciation à un jugement d'expert de la part de l'évaluateur concernant la pertinence de l'outil.
B-2	Les items de l'outil d'évaluation couvrent efficacement l'intégration du BIM (Validité de Contenu)	Les items du test devraient couvrir le construit que le test doit évaluer. Une faible sous-représentation du construit doit être l'objectif. Il est laissé à l'évaluateur le jugement quant à la construction des items par rapport aux critères.
B-3	Le modèle présente des critères à remplir présentant une terminologie claire et compréhensible (Conditions d'administration)	La terminologie des critères est importante par rapport au construit, elle devrait être issue des standards de l'industrie. Pour une évaluation précise d'un domaine donné, tous les intervenants doivent pouvoir s'accorder sur la définition des termes.
B-4	Les situations ou critères du construit sont cohérents au domaine évalué (Validité de Contenu)	Les situations et les critères devraient être représentatifs du domaine évalué. Cela permet de réduire la variance non reliée au construit, c'est-à-dire que le test va mesurer seulement ce pour quoi il a été conçu.

3.3.2.3 Atteignable

Un modèle atteignable est un modèle qui est réaliste et approprié à son contexte. Les conditions à valider pour progresser sont concrètes et issues de situations observées ou résolument possibles. Le fait que le modèle d'évaluation du BIM se rapporte à une situation réaliste réfère à la validité de contenu expliquée au chapitre 1 et plus spécifiquement à la validité de contenu écologique qui en dépend. La validité de contenu écologique est déterminée à l'aide

d'informations recueillies auprès de la population visée par le modèle d'évaluation. Dans le cas de l'évaluation du BIM, on pourrait aussi rapprocher les items d'atteignabilité de la validité didactique, il s'agirait de vérifier la corrélation entre ce qui a été enseigné et ce qui a été testé. Dans notre cas, la validité entre les critères du modèle d'évaluation de l'intégration du BIM et ce que l'on pourrait qualifier de bonnes pratiques BIM. Pour se faire, les indicateurs du Tableau 3.3 ont été retenus.

Tableau 3.3 Indicateurs d'atteignabilité

Atteignables	Les étapes sont-elles progressives ?	
C-1	Le modèle permet d'évaluer selon des critères liés à la documentation pertinente disponible autour du sujet (Validité didactique)	Les critères d'évaluation devraient être basés sur la documentation la plus à jour possible et la plus pertinente possible. Ainsi, les évalués ne seront pas menés vers des pratiques obsolètes ou non approuvées par les experts du domaine.
C-2	Les situations décrites par le modèle sont cohérentes à l'évolution de l'industrie et font partie des pratiques courantes de celle-ci (Validité de contenu)	Les situations à atteindre devraient correspondre au contexte industriel de façon à pouvoir relier simplement les situations existantes aux critères du modèle. Ainsi les évalués ne sont pas confrontés à des situations non réalistes ou irréalisables.
C-3	Les situations ou critères demandés afin d'atteindre un résultat optimal sont logiquement réalisables (Validité de contenu écologique)	Il devrait être possible de remplir les critères demandés, si certains critères à atteindre représentent une évolution qui n'est pas encore présente dans l'industrie, celle-ci devrait avoir été observée dans d'autres industries ou être logiquement possible.
C-4	Les items correspondent à des situations observables dans l'industrie (Validité de contenu écologique)	Les items associés aux critères doivent être pertinents par rapport aux critères qu'ils évaluent et pertinents au contexte. Cette appréciation est laissée à l'évaluateur.

3.3.3 Applicable, flexible, informatif, utilisable

Chaque modèle d'évaluation du BIM établit une méthodologie afin de réunir, traiter et communiquer les informations nécessaires à l'évaluation de la situation. Les prochains critères s'appliquent à la méthodologie et facilitent l'usage à grande échelle du modèle. Ce sont ceux qui permettront une possible standardisation du modèle développé en rendant sa diffusion et son utilisation plus aisée.

Les indicateurs de ces critères réfèrent à plusieurs types de validité de la mesure notamment la validité externe, la validité de construit et la pertinence qui découle de la validité écologique.

3.3.3.1 Applicable

Un modèle applicable peut être mis en pratique pour tout type de structure et ce quel que soit sa taille ou son domaine d'activité en préconisant le déploiement de ressources raisonnables et proportionnelles à la taille du sujet évalué. L'applicabilité du modèle d'évaluation du BIM est un critère très spécifique. Elle dépend du concept de validité écologique et peut être principalement évaluée empiriquement. La validité écologique évalue si le test correspond à la réalité et à la situation des personnes évaluées. Afin de déterminer si un modèle d'évaluation du BIM est applicable tout au long du cycle de vie du projet, il faut évaluer sa validité écologique pour un maximum de parties prenantes tout au long du cycle de vie du projet. Afin d'évaluer la validité écologique pour un type d'organisation, on doit pouvoir déterminer si les situations décrites au sein du modèle peuvent correspondre à leur réalité. Le Tableau 3.4 ci-dessous résume les indicateurs retenus pour l'applicabilité du modèle.

Tableau 3.4 Indicateurs d'applicabilité du modèle

Applicable	Le modèle s'applique-t-il à toute la chaîne d'approvisionnement ?	
D-1	Le modèle peut être appliqué à plusieurs acteurs de la construction (Validité écologique)	L'applicabilité du modèle à différents acteurs de la construction dépend de l'intention du développeur. Cet item peut être pondéré de façon à ne pas compter dans l'évaluation si l'intention est d'avoir un modèle spécifique à un acteur de la chaîne. Autrement, c'est à l'évaluateur de juger si le modèle peut être appliqué à différents acteurs de la construction.
D-2	Les ressources humaines, matérielles et financières nécessaires à l'évaluation sont acceptables et proportionnelles au bénéfice encouru	La participation à l'évaluation ne devrait pas induire une dépense excessive. La pertinence de la dépense en ressources pour l'évaluation est laissée à l'appréciation des évalués.
D-3	Le temps nécessaire à l'évaluation est acceptable pour l'évalué	Le temps consacré à l'évaluation de l'organisation devrait être proportionnel au bénéfice retiré et l'évaluation ne devrait pas empiéter sur les activités de l'organisation. Le temps consacré par l'entreprise à la réalisation de l'évaluation est laissé à l'appréciation des évalués.
D-4	Les critères d'évaluation couvrent des domaines d'applications valables pour plusieurs types d'organisations (Validité écologique)	Les critères d'évaluation devraient pouvoir être applicables quel que soit le type d'organisation (OBNL, SA, SI...), ce critère dépend principalement de l'intention du modèle. L'appréciation est ici laissée à l'évaluateur.

3.3.3.2 Flexible

Un autre critère du modèle d'évaluation du BIM est la flexibilité et le fait de pouvoir être appliqué à la majorité des intervenants de la chaîne d'approvisionnement du bâtiment, de façon à pouvoir offrir une base d'évaluation commune. La flexibilité d'un modèle peut être principalement évaluée lors de son utilisation sur le terrain. Tout comme l'applicabilité, la flexibilité touche à la validité écologique cependant, ici on introduira aussi le concept de robustesse de la mesure. La robustesse évalue la possibilité de répliquer un résultat indépendamment des changements de contexte, d'évaluateur, de population évaluée et de temps. Dans le cas des modèles d'évaluation du BIM, l'on souhaite savoir si le modèle permettra de former une vision cohérente autour du BIM, quel que soit le statut de l'organisme évalué. Les indicateurs présentés au Tableau 3.5 ci-dessous ont été retenus pour évaluer la flexibilité.

Tableau 3.5 Critères de flexibilité

Flexible	Le modèle permet-il d'évaluer à plusieurs échelles ?	
E-1	Le modèle peut servir à évaluer toute taille d'organisation-projet (Robustesse)	Étant donné la fragmentation de l'industrie, les organisations sont de toutes tailles et les projets auxquelles elles participent sont variés. Un modèle souhaitant devenir un standard dans l'industrie devrait pouvoir s'y adapter. En cas de situations peu conventionnelles, le modèle devrait proposer une ou plusieurs alternatives.
E-2	Le modèle permet d'évaluer une organisation quelles que soient sa taille et sa capacité financière (Robustesse)	Étant donné la situation de l'industrie de la construction, le modèle devrait pouvoir permettre l'évaluation d'organisations de taille et de capacités financières différentes. Ainsi, le modèle ne favorisera pas systématiquement les organisations pouvant se permettre de gros investissements monétaires, mais évaluera aussi les développements procéduraux.
E-3	Ce modèle peut être appliqué à différents marchés et utilise des critères et normes adéquats (Robustesse)	Le modèle, s'il doit devenir un standard devrait reposer sur des standards déjà établis pour les marchés où il sera appliqué. Ainsi il sera en accord avec son environnement légal et normatif.
E-4	Le modèle possède des moyens d'ajustement pour les situations peu conventionnelles (Robustesse)	Le modèle doit pouvoir s'adapter à des situations peu conventionnelles. Ces moyens d'ajustement sont à la discrétion de l'évaluateur.

3.3.3.3 Informatif

Afin de présenter un intérêt à la fois pour les évalués et les évaluateurs, un modèle doit fournir des informations pertinentes pour l'amélioration à court terme (situation de l'entreprise, positionnement par rapport à l'industrie, ...), comme à long terme de la situation (feuille de route, objectifs, ...). De plus, cette information doit être compréhensible et utilisable par les personnes évaluées tout en étant précise et facile à communiquer par l'évaluateur (Vieira, Cardoso et Becker, 2014). La notion d'informativité peut se rapporter à la notion de validité de conséquences. Ici, ce que l'on souhaite mesurer c'est le fait que le modèle s'aligne avec son intention qui est de fournir une vision de la situation en BIM d'une organisation. Le modèle peut avoir des conséquences souhaitées comme des conséquences non souhaitées (Hogan, 2017). Ainsi le modèle pourrait fournir de l'information sur d'autres aspects que la situation en BIM (finances de l'organisation, quantité de projets en cours...) ou éluder des

problématiques cruciales concernant cette situation. Le Tableau 3.6 présente les indicateurs retenus pour évaluer cet aspect.

Tableau 3.6 Indicateurs d'informativité

Informatif	Peut-il servir de guide à l'amélioration de la situation ?	
F-1	Les informations récoltées sont utiles pour avoir une vision globale de la situation autour du BIM (Intention)	L'information issue du modèle devrait permettre à l'évalué d'avoir une vision globale de sa situation autour du BIM à moins que le modèle soit dédié à un aspect précis. La pertinence de l'information transmise est laissée à l'appréciation de l'évalué, cette information pourrait lui paraître partielle ou au contraire, trop détaillée pour ses besoins.
F-2	Les informations récoltées permettent de situer l'organisation sur une échelle	Si le modèle est réalisé pour l'analyse comparative, alors l'organisation devrait pouvoir se situer sur une échelle, autrement, cet item peut être pondéré pour ne pas figurer dans l'évaluation.
F-3	Les informations fournies par le modèle ont eu un impact mesurable et ont été utiles à un projet postérieur à l'évaluation (Validité de conséquences)	Une évaluation devrait avoir un impact sur l'organisation en lui permettant par exemple de visualiser ses faiblesses. Une évaluation même complète et voulue par l'évalué pourrait avoir un impact très limité ou au contraire, changer le regard de l'évalué envers le construit.
F-4	Les informations fournies par le modèle sont pertinentes dans le processus d'amélioration de l'organisation (Validité de conséquences)	Si l'intention affichée est spécifiquement d'évaluer le BIM et non pas les processus connexes, il devrait y avoir un minimum de variance non reliée au construit. Autrement, si le modèle affiche une visée plus générale, cet item peut être pondéré.

3.3.3.4 Utilisable

Enfin, afin de faciliter sa diffusion, un modèle d'évaluation du BIM doit être utilisable, c'est-à-dire qu'il doit présenter un certain équilibre entre la complétude de son évaluation et l'intuitivité de sa méthode. Ce critère s'évalue particulièrement sur le terrain et avec la contribution des personnes évaluées. Le fait qu'un modèle soit utilisable dépend de sa construction et de sa publication. Pour déterminer si un test est utilisable, on peut observer la méthodologie du test, ses items, son intention et sa documentation.

L'utilisabilité du modèle se base majoritairement sur la perception des utilisateurs par rapport à ce qui est défini dans l'intention du modèle, il ne faut pas que l'une ou l'autre partie soit

favorisé dans ses investissements (temps, coûts, ressources humaines). Les indicateurs retenus pour évaluer l'utilisabilité du modèle évalué sont présentés au Tableau 3.7.

Tableau 3.7 Indicateurs d'utilisabilité

Utilisable	Est-il intuitif et compréhensible ?	
G-1	Le modèle présente un processus d'application simple (méthodologie)	La méthodologie préconisée par l'auteur du modèle devrait être compréhensible par l'évaluateur. Une méthodologie trop complexe peut mener à une mauvaise compréhension de la part de celui-ci et peut engendrer des erreurs.
G-2	Le modèle présente des ressources facilitant son usage (définitions, explications, vulgarisation) (documentation)	Un modèle d'évaluation devrait être accompagné de ressources explicatives permettant de comprendre l'évaluation, la méthode et les résultats. L'appréciation est laissée à l'évalué quant à la qualité de la documentation et des ressources qui lui sont fournies pour comprendre le modèle si celles-ci sont présentes.
G-3	L'information produite est représentée sous un format compréhensible. (intention)	L'information produite par le modèle et transmise à l'évalué devrait être facilement compréhensible et présentée sous un format attrayant de façon à pouvoir être diffusée au sein de l'organisation. Une information trop complexe à assimiler peut-être moins bien partagée ou être perçue comme rébarbative.
G-4	La méthode et les buts de l'évaluation sont légitimes et évidents pour des personnes non expertes dans le domaine (intention)	Les buts de l'évaluation et ce qui en ressortira devraient être clairs pour les personnes devant y participer. Si les buts de l'évaluation sont légitimes pour l'évalué, celui-ci aura plus tendance à s'investir dans le processus d'évaluation.

3.3.4 Précis, neutre, spécifique et universel

Afin de fournir une évaluation qui décrive avec exactitude et sans biais la situation dans laquelle se trouve l'organisation évaluée quatre critères sont à considérer.

3.3.4.1 Précision

La précision du modèle est interdépendante de sa cohérence, elle est donc aussi liée à la fidélité du modèle. Pour qu'un modèle soit précis, celui-ci doit pouvoir permettre de représenter fidèlement et avec assez de détails la situation évaluée. On doit pouvoir aussi retracer les critères dont dépend l'évaluation dans le résultat. Les indicateurs ci-dessous ont été retenus afin d'évaluer la précision de la mesure.

Tableau 3.8 Indicateurs de précision

Précis	Est-il clair et non falsifiable ?	
H-1	La variation d'un critère est majoritairement représentée dans le résultat final (Fiabilité)	La variation d'un critère devrait pouvoir être perceptible dans le résultat final. Dans un modèle manquant de précision, la non-correspondance à un critère ne sera pas visible, rendant ainsi difficile la lecture des forces et faiblesses de l'organisation.
H-2	Les résultats du modèle sont basés sur des données objectives et vérifiables (Fiabilité)	L'évalué devrait être en mesure de lier les données échantillonnées et la correspondance aux critères d'évaluation. L'explication donnée concernant la correspondance ou non à un critère doit être appuyée par une documentation fiable.
H-3	Les résultats du modèle sont retraçables et explicables en fonction de la situation de l'organisation évaluée (Fiabilité)	Des points précis situation de l'évaluée devraient permettre d'expliquer ses résultats et vice versa. Un résultat général peut être facilement incompris et contesté.
H-4	Le modèle présente un niveau de détail adéquat dans ses résultats (Fiabilité)	Les résultats du modèle devraient être assez précis pour que l'organisation puisse établir ses forces et ses faiblesses. Pour l'évalué l'information présentée à un niveau de détail adéquat de façon à synthétiser les aspects importants de son évaluation sera mieux diffusée.

3.3.4.2 Neutralité

Un modèle d'évaluation du BIM devant devenir un standard pour une industrie se doit d'être neutre de façon à pouvoir évaluer également tout type de configuration et schémas d'implantation du BIM. La neutralité n'est pas une notion présente dans les critères du test psychométrique étant donné qu'atteindre une neutralité parfaite est très complexe pour les évaluations impliquant des organisations et des humains. On lui préférera l'obligation de bienveillance dans les intentions du chercheur ou de l'évaluateur. Dans le cadre de l'évaluation du BIM au niveau organisationnel, un certain niveau de neutralité commerciale et politique est nécessaire. Les indicateurs retenus pour la neutralité du modèle sont indiqués au Tableau 3.9.

Tableau 3.9 Indicateurs de neutralité

Neutre	Dépend-il d'une organisation/personne/institution impartiale ?	
I-1	Le modèle n'introduit pas de biais commerciaux particuliers (extérieurs à ceux de l'organisation évaluée)	Un biais désigne un moyen détourné d'atteindre un but commercial ou politique, pour assurer la neutralité du modèle. Il est donc important que celui-ci n'en contienne pas. Ce type de motivations non publiques pourraient ultimement fausser les résultats.
I-2	Ce modèle ne favorise pas un schéma de développement prédéterminé	Un modèle d'évaluation du BIM ne devrait pas se limiter à un schéma de développement pour rencontrer ses critères. Un schéma de développement prédéterminé pourrait orienter les répondants vers une voie, ce qui réduirait l'exploration procédurale à laquelle se soumet une industrie en transition.
I-3	Les intentions dirigeant le modèle sont accessibles et claires pour les parties concernées	Les intentions du modèle désignent le document qui en décrit l'usage et le but. Ce document devrait être accessible et décrire fidèlement l'usage prévu par les développeurs. Les évalués doivent avoir accès à cette documentation de façon à pouvoir consentir à l'évaluation en toute connaissance de cause.
I-4	Le modèle ne préconise pas une solution technologique en particulier	Un modèle d'évaluation du BIM ne devrait pas favoriser une technologie précise pour rencontrer ses critères, mais plus un type de technologies. Que le modèle oriente l'utilisateur vers une technologie peut poser deux problématiques, premièrement, cette technologie peut ne pas être parfaitement adaptée au type d'organisation de l'évalué et deuxièmement, cela peut aussi représenter un biais commercial.

3.3.4.3 Spécifique

Un modèle d'évaluation doit pouvoir répondre à un besoin de l'industrie et donc être spécifique. Cet aspect est très lié au caractère informatif du modèle, car pour répondre efficacement à un besoin spécifique l'information fournie par le modèle doit être utile et nécessaire. Il peut aussi être relié à la notion de pertinence de la mesure, celle-ci réunit la validité logique et la validité écologique à la validité de conséquence afin d'évaluer si le modèle propose des résultats utiles à la résolution d'une problématique.

Tableau 3.10 Indicateurs de spécificité

Spécifique	Le modèle répond-il à un besoin de l'industrie ?	
J-1	L'intention du modèle répond à un besoin de l'industrie (Pertinence)	L'intention du modèle désigne les objectifs du modèle et ce que ses développeurs souhaitent comme conséquences à l'évaluation. Les objectifs du modèle devraient répondre à un besoin de l'industrie.
J-2	Le modèle répond au besoin défini par son intention pour l'évalué (Validité de conséquences)	L'évaluation du BIM devrait répondre aux besoins des deux parties. Il est donc important vérifier que le modèle est conforme aux besoins de l'évaluateur ou de l'organisation commanditaire de cette évaluation et conforme aux besoins des évalués.
J-3	Le modèle répond au besoin défini par son intention pour l'évaluateur (Validité de conséquences)	L'évaluation du BIM devrait répondre aux besoins des deux parties. Il est donc important vérifier que le modèle est conforme aux besoins de l'évaluateur ou de l'organisation commanditaire de cette évaluation et conforme aux besoins des évalués.
J-4	Les résultats du modèle sont représentatifs des normes et des meilleures pratiques de l'industrie (Pertinence)	L'évalué devrait pouvoir comparer les résultats donnés par l'évaluation à ce qu'il a pu remarquer dans l'industrie. Ainsi on peut évaluer la pertinence des modèles d'évaluation du BIM servant à l'analyse comparative des entreprises, mais aussi dans le cas d'un modèle non comparatif apprécier la pertinence des résultats par rapport à ce qui est attendu des évalués dans l'industrie.

3.3.4.4 Universel

Enfin, d'après Succar (2010), un modèle d'évaluation du BIM doit être universel, c'est-à-dire applicable sans contrainte de temps ou d'espace à tous les marchés et régions. Cependant, c'est un critère qui n'est pas repris par Sebastian et Van Berlo (2011) pour le développement de leur modèle d'évaluation du BIM spécifique aux Pays-Bas. De plus, ce critère peut-être mutuellement exclusif avec le critère précédent, c'est-à-dire spécifique. En effet, les besoins d'une industrie sont changeants et donc un modèle qui est spécifique sera difficilement universel. Toutefois, on peut établir le potentiel d'universalité d'un modèle en évaluant les standards sur lesquels il repose et sa diffusion. Les indicateurs résumés au Tableau 3.11 ci-dessous ont été retenus.

Tableau 3.11 Critères d'universalité

Universel	Le modèle peut être applicable sans contrainte de temps ni d'espace	
K-1	L'évaluation du modèle repose sur des standards de l'industrie	L'évaluation issue du modèle devrait reposer sur des pratiques standards conformes aux marchés au sein desquels le modèle évolue. Pour que le modèle d'évaluation soit plus universel il est important qu'il se base sur des standards internationaux.
K-2	Le modèle présente une approche d'évaluation théoriquement reconnue	Le modèle pour continuer à évoluer devrait présenter une méthode d'évaluation qui soit accessible aux chercheurs et reposer sur des bases théoriques solides et internationalement reconnues.
K-3	Le modèle possède une faible barrière d'adoption	La barrière d'adoption est dépendante du niveau de compréhension et d'adhésion au construit des évalués. Toutefois, avoir une appréciation de leur part concernant leur vision du modèle peut être un indice quant à son adoption future. Une mauvaise perception de l'évaluation de la part de l'évalué, ou encore une incompatibilité avec les développements futurs de son organisation pourraient être des barrières. Le jugement est laissé à l'évalué concernant ses impressions quant à la diffusion du modèle.
K-4	Le modèle est largement disponible (Site web, publications, diffusion)	Un modèle visant à devenir un standard devrait être disponible et connu. La diffusion du modèle dépend sa disponibilité, donc un modèle peu connu et peu reconnu deviendra difficilement un standard. Un modèle largement disponible au contraire sera plus facilement adopté par les organisations.

3.4 Fonctionnement de l'outil d'évaluation empirique

De façon à vérifier la validité des indicateurs énoncés pour chaque critère, ceux-ci ont été soumis à deux experts en BIM afin d'en améliorer la formulation et la pertinence pour chaque section.

Pour la mise en place de l'outil d'évaluation empirique, chaque indicateur peut être évalué sur une échelle d'appréciation de Likert à cinq options, allant de « non » à « parfaitement ». Le nombre d'options impaires a été choisi dans l'idée de garder une possibilité de neutralité et de réduire les biais positifs comme le proposent Croasmun et Ostrom (2011).

Les items du modèle d'évaluation sont formulés de façon positive. La formulation positive peut provoquer un biais positif dans les questionnaires basés sur l'échelle de Likert (Croasmun et Ostrom, 2011). Toutefois, elle permet, dans le cas de l'évaluation empirique des modèles

BIM, d'éviter la confusion pouvant être amenée par une double négation. Elle simplifie aussi la transparence entre l'intention du modèle d'évaluation empirique et ses items.

D'autre part, Mattel et Jacoby (1971) cités par Croasmun et Ostrom (2011) indiquent que le nombre d'options ne joue pas sur la fidélité et la validité de l'outil de jugement utilisant une échelle de Likert. Cinq options semblent donc être un nombre approprié et usuel aux questionnaires comportant des échelles de Likert.

Cette appréciation est ensuite rapportée à un score de 0 à 4 points. La moyenne des indicateurs est calculée pour obtenir le score d'un critère, puis la moyenne des critères de chaque section est calculée pour obtenir le score par section (objectivité, accessibilité, mesurabilité).

Tableau 3.12 Pondération de l'échelle de Likert

Non	Pas vraiment	Demande amélioration	Oui en général	Parfaitement
0	1	2	3	4

Afin d'offrir une vision générale, l'outil d'évaluation doit réunir le point de vue des personnes évaluées et de l'évaluateur. Ainsi les indicateurs ont été divisés en deux groupes selon la personne la plus à même de les évaluer et ce, indépendamment des sections auxquelles ils appartiennent de façon à former deux questionnaires de 22 questions à la fois pour l'évalué et pour l'évaluateur.

Étant donné le contexte dans lequel est réalisé ce test, le questionnaire destiné aux personnes évaluées doit être accessible, facilement utilisable, et rapide à remplir. Le moyen de diffusion choisi a donc été le formulaire en ligne. Celui-ci possède plusieurs avantages :

- il peut être envoyé par courriel et rempli sur la même fenêtre;
- il peut être ouvert sur la majorité des outils mobiles et navigateurs (téléphone intelligent, tablette, ordinateur);
- il peut être complété n'importe où, à condition qu'une connexion internet soit disponible;

- la chercheuse reçoit les résultats immédiatement dès que le formulaire est complété sans qu'aucune action supplémentaire ne soit nécessaire.

Dans le cadre de cette évaluation, le formulaire est envoyé aux deux personnes les plus au fait du développement du BIM au sein de l'organisation partenaire. Les réponses sont individuelles et dépendent directement de l'expérience des personnes interrogées. Les formulaires sont disponibles en Annexe III du présent mémoire.

3.5 Description des résultats

Les résultats de l'évaluation empirique du modèle sont organisés par catégories de critères (mesurable, accessible, objectif) et par combinaison de catégories (fiable, adaptable, ergonomique), comme expliqué dans la Figure 3.3.

3.5.1 Mesure, accessibilité et objectivité

Dans le cadre de l'évaluation empirique du modèle, dans les trois catégories que sont la pertinence de la mesure, l'accessibilité du modèle et l'objectivité de l'évaluation, il est important que le modèle obtienne un score minimum. Cependant, le but n'est pas d'obtenir un score élevé dans toutes les catégories. L'objectif serait plutôt d'obtenir des résultats qui conviennent à l'utilisateur, à son intention et aussi au contexte dans lequel le modèle sera utilisé. Ainsi, dans le cadre d'un modèle d'évaluation du BIM prévu pour l'auto-évaluation des entreprises, l'accent pourrait être mis sur l'accessibilité pour une utilisation régulière, tandis que pour un modèle d'évaluation du BIM visant la certification, l'accent pourrait être mis sur l'objectivité du modèle pour une évaluation reposant sur des standards établis et le plus possible dépourvue de biais.

L'évaluation donnée par l'outil de jugement des modèles est donc dépendante de l'intention de l'utilisateur vis-à-vis de celui-ci. C'est pourquoi, la pondération des items ou des critères peut être un moyen d'ajuster l'outil d'évaluation empirique aux besoins du contexte. Par exemple, dans le cas d'un modèle hautement spécifique et dédié à un seul acteur de la chaîne d'approvisionnement (tel que le modèle OBIMA), il pourrait être intéressant de pondérer les

items de flexibilité de façon à ce qu'ils comptent moins dans l'évaluation. Toutefois, afin de limiter la variation de condition d'administration de l'évaluation empirique, il serait judicieux de conserver toutes les questions lors du remplissage de la grille de façon à ne pas fausser les résultats finaux.

3.5.2 Fiabilité, adaptabilité et ergonomie

Les différents critères énoncés par Succar, Sher et Williams (2012) servent à améliorer le modèle, à le rendre plus fiable, adaptable et apte à l'utilisation. Ces caractéristiques ne sont pas des catégories de critères, mais elles peuvent être influencées par des combinaisons de ces critères. Elles sont donc bien plus complexes à évaluer. Toutefois, un score élevé dans deux catégories de critères pourrait être corrélé à une amélioration de l'une des trois caractéristiques définies. Ainsi, un modèle ayant une mesure pertinente et objective sera probablement plus fiable, car il reposera principalement sur sa précision, son impartialité et sur sa correspondance aux standards établis. Tandis qu'un modèle dont la mesure est pertinente et qui est facilement accessible et informatif aura une meilleure ergonomie, c'est-à-dire que sa méthodologie si elle est plus souple et moins spécifique pourra plus facilement se diffuser. Enfin, si l'adaptabilité du modèle est le critère le plus complexe à définir, car il repose sur le fait de confronter le modèle à plusieurs contextes, on peut cependant noter que le fait de se conformer aux items de cohérence, c'est-à-dire limiter les variations de conditions d'administration, de corrections et d'échantillonnage pourrait rendre le modèle d'évaluation du BIM moins adaptable. C'est pourquoi l'adaptabilité se place au croisement des critères d'accessibilité et d'objectivité.

3.5.3 Forces et faiblesses du modèle évalué

Chaque item du modèle est évalué selon l'échelle présentée au paragraphe 3.4.1, c'est-à-dire de 0 à 4. La moyenne pondérée des items est réalisée pour donner le score attribué au critère. Une moyenne simple des critères donne ensuite le score attribué à la catégorie.

Le modèle d'évaluation empirique ne donne pas de score total, car celui-ci ne serait pas représentatif de la qualité du modèle. Un modèle dont les développeurs visent à ce qu'il

devienne un standard pour l'industrie devrait se trouver à l'équilibre entre les catégories. Tandis qu'un modèle plus spécifique devrait avoir un haut score dans les catégories privilégiées par l'intention de ses développeurs. Ainsi, un modèle réalisé pour établir une vision rapide de la situation de l'organisation au niveau du BIM devrait avoir une haute ergonomie. Les forces et faiblesses du modèle devront être établies, non pas en fonction d'un score final, mais en fonction de l'adéquation entre l'intention des développeurs, du contexte et de la performance mesurée lors de l'évaluation empirique.

Le modèle d'évaluation fournit aussi une représentation des écarts entre l'avis de l'évalué et l'avis de l'évaluateur ce qui permet d'apprécier la pertinence du modèle pour les deux parties. Encore une fois, l'équilibre est préconisé. Un modèle présentant de grands écarts entre l'avis de l'évaluateur et l'avis de l'évalué amène plusieurs questionnements concernant l'intelligibilité et l'intérêt du modèle pour chacune des parties, tout comme la valeur ajoutée qu'aura l'évaluation pour chacune d'elles.

CHAPITRE 4

ÉVALUATION EMPIRIQUE D'UN MODÈLE DE COMPÉTENCES ET D'UN MODÈLE DE MATURITÉ BIM

4.1 Procédure d'évaluation

Afin de réaliser l'évaluation empirique de modèles d'évaluation du BIM aux bases théoriques différentes, il est nécessaire d'amener les deux modèles sur un pied d'égalité. Comme expliqué au Chapitre 3 du présent mémoire, les modèles d'évaluation du BIM répondent aux mêmes prérequis que toute forme d'évaluation. Afin d'être efficaces, ils doivent être fiables c'est-à-dire apporter une mesure précise, cohérente et valide, pour évaluer le construit pour lequel ils ont été réalisés. Dans le cadre de cette recherche, deux modèles sont évalués pour leur application à grande échelle au Québec, le modèle SCBIMMM et le modèle MCBIMQ. Cette évaluation se décline en quatre étapes :

- la sélection des partenaires;
- l'évaluation de la maturité et des compétences des partenaires;
- les retours des partenaires et de l'évaluateur;
- l'évaluation du modèle à l'aide de l'outil de jugement.

Dans le cadre de cette recherche, chaque partenaire a participé à l'évaluation des compétences et de la maturité BIM afin de limiter la variation de conditions d'évaluation des modèles d'évaluation du BIM.

La sélection des partenaires visait à développer un cadre à la fois pour l'évaluation des modèles SCBIMMM et MCBIMQ, mais aussi pour l'évaluation de la maturité et des compétences BIM des organisations. Les organisations partenaires de cette recherche devaient correspondre à plusieurs conditions, la première étant de considérer les avantages d'une évaluation de la maturité et des compétences BIM de leur organisation. Une seconde condition, en plus de la disponibilité des organisations pour que l'évaluation soit menée dans l'intervalle de cette recherche, était que celles-ci soient assez différentes pour avoir des attentes variées par rapport à l'évaluation et aux résultats du modèle. Enfin une dernière condition était que les

organisations soient non seulement en processus d'intégration du BIM, mais qu'elles soient aussi assez avancées pour que l'évaluation de la maturité et des compétences actuelles en BIM leur soit utile. Ce dernier critère de sélection est important puisqu'il était nécessaire que l'organisation possède une vision précise afin de leur permettre de cerner leur situation désirée ou de leur fournir une feuille de route.

Les évaluations de la maturité BIM se sont tenues en parallèle pour deux des organisations entre janvier et avril 2019, tandis que la troisième organisation avait réalisé son évaluation de la maturité BIM en 2016, lui donnant plus de recul sur la portée des résultats sur son activité. Les évaluations des compétences se sont déroulées en parallèle entre février et juin 2020 pour les trois organisations.

Les retours des partenaires ont été faits via des formulaires en ligne, comme présenté en Annexe 2 du présent mémoire. Ces formulaires, réalisés à partir de l'outil d'évaluation empirique des modèles, présentaient un total de 22 questions pour chaque modèle d'évaluation. Les questions étaient évaluées selon une échelle de Likert à 5 options allant de « Non » à « Parfaitement ». Une option « n/a », non applicable a été ajoutée dans le cas où l'évaluation des compétences ou de la maturité BIM n'aurait pas été complétée. Les sondages en ligne comme mode de recueil d'informations présentent deux avantages majeurs. Premièrement, l'information est disponible immédiatement après la complétion du formulaire en ligne. Ensuite, il n'y pas de variation dans la forme du questionnaire pour tous les répondants, les questions et les moyens d'y répondre sont strictement les mêmes. Enfin, la flexibilité de ce type de questionnaire permet au répondant de le compléter quand il est disponible sur le support de son choix. En parallèle, la chercheuse se place en tant qu'évaluatrice afin de remplir le questionnaire « évaluateur » de l'outil d'évaluation empirique.

Les résultats des deux questionnaires sont entrés dans une matrice Excel réunissant les items de l'outil d'évaluation empirique des modèles d'évaluation de l'implémentation du BIM. L'évaluateur se base principalement sur son expérience et sur sa vision des outils du modèle pour donner son avis. Il évalue notamment la disponibilité de la documentation, les processus

et la méthode d'application, mais aussi des aspects plus spécifiques à l'évaluation et à l'audit, tels que la précision, le choix de l'outil de jugement ou la pertinence du construit. L'évalué quant à lui se base principalement sur son expérience durant le processus d'évaluation : la pertinence de l'intention du modèle d'évaluation, les informations qui lui sont communiquées durant cette évaluation, la pertinence des résultats de l'évaluation pour son organisation, mais aussi sur des aspects plus contextuels, tels que le bien fondé du temps et des ressources que l'organisation a dû prodiguer afin d'être évaluée.

L'évaluation empirique de ces modèles est profondément liée à un contexte, alors si un modèle d'évaluation du BIM est parfaitement adapté à une situation socio-économique, c'est qu'il répond à un besoin donné. Cette évaluation est réalisée pour le contexte québécois à l'orée d'une adoption du BIM encouragée à grande échelle. Les organisations participant à cette recherche font parties de l'avant-garde concernant le BIM au Québec et possèdent une compréhension générale de la démarche de modernisation de la construction. Elles sont respectivement situées en début et en fin de la chaîne d'approvisionnement du bâtiment, ce qui les rend très différentes et ajoute une richesse supplémentaire à l'analyse des modèles d'évaluation du BIM.

Les paragraphes suivants présentent tout d'abord les résultats de l'évaluation de chaque modèle du point de vue de l'évaluateur et du point de vue de l'évalué avant d'en faire une synthèse.

4.2 Résultats du modèle SCBIMMM

4.2.1 Résultats du modèle SCBIMMM selon le point de vue de l'évaluateur

Après l'évaluation des organisations, la chercheuse prend la place de l'évaluateur afin de remplir le questionnaire de rétroaction. Étant donné la situation, des commentaires détaillés ont pu être ajoutés à l'évaluation par l'échelle de Likert afin de justifier ces choix. En général, le modèle SCBIMMM présente une courbe de résultats régulière. Selon les critères d'évaluation établis au sein de l'outil d'évaluation empirique, du point de vue de l'évaluateur, il s'agit d'un modèle équilibré.

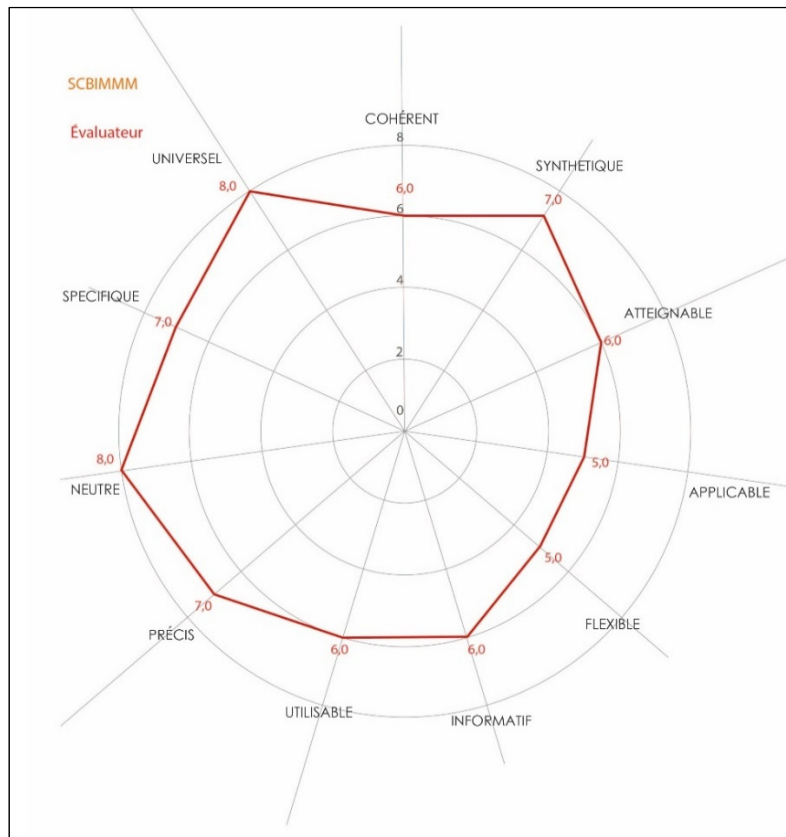


Figure 4.1 Avis de l'évaluateur pour le modèle SCBIMMM

4.2.1.1 Qualité de la mesure du modèle SCBIMMM

Le modèle utilise pour réaliser sa mesure une grille d'évaluation descriptive. Pour l'évaluation de l'intégration du BIM, il s'agit d'un outil fonctionnel et efficace. Les informations sont récoltées par le biais des entrevues et vérifiées lors de la revue de documentation, ce qui permet de s'assurer de leur véracité. Les premiers niveaux de maturité sont aptes à couvrir les premiers niveaux de l'intégration du BIM.

Les items couvrent généralement le construit de l'intégration du BIM au niveau organisationnel, mais étant donné qu'il s'agit d'un modèle devant être applicable à toute la chaîne d'approvisionnement, ceux-ci restent assez ouverts de façon à pouvoir être adaptables à des organisations très diverses, cela réduit la possibilité d'introduire des critères très pointus

par rapport au domaine. Enfin, les questions posées sont majoritairement les mêmes pour la plupart des organisations, sauf trois questions supplémentaires qui ont été ajoutées spécifiquement pour les entrepreneurs et manufacturiers.

D'autre part, la collecte d'information par des entrevues semi-dirigées est à la fois une méthode intéressante pour déceler les divergences d'opinions au sein d'une même organisation et une source de variation inter-évaluateurs notamment. Les questions posées lors des entrevues, malgré un guide intégré au modèle, peuvent fortement varier en fonction du temps, de l'évaluateur, de l'endroit ou encore de la personne interrogée.

4.2.1.2 Accessibilité du modèle SCBIMMM

Le modèle SCBIMMM est assez accessible pour l'évaluateur. Un guide complet est intégré pour faciliter la prise en main du modèle intégrant une explication du processus d'évaluation, des termes utiles et de chaque outil intégré au modèle ainsi qu'un exemple d'utilisation de chacun d'eux. Le modèle permet aussi de s'adapter aux situations peu conventionnelles, notamment en intégrant un système de pondération des critères. Les résultats produits à partir de l'outil fourni par le modèle sont représentés sous un format compréhensible et facile à présenter aux commanditaires de l'évaluation.

Par contre si le modèle peut être appliqué à plusieurs types d'organisations, certains items sont moins susceptibles d'être remplis, soit en fonction de la taille de l'organisation, soit en fonction de son type. Par exemple, l'usage du terme comité est trop spécifique dans le septième item de la catégorie alignement stratégique au niveau de maturité 2 : « Défini, recommande la présence d'un comité BIM reconnu au sein de l'entreprise ». Suivant la taille de l'organisation ou encore sa méthode de gestion, il est possible qu'une organisation ait une structure différente, mais tout aussi légitime qu'un comité. Néanmoins, cette problématique peut être corrigée par un changement dans la pondération du critère.

Une autre problématique concernant l'applicabilité à toute la chaîne d'approvisionnement réside dans les rôles à partir desquels sont attribués les questionnaires pour les entrevues semi-dirigées. En effet, il existe un questionnaire général, un questionnaire pour l'équipe BIM, un questionnaire pour la direction, un questionnaire pour l'équipe de support et un questionnaire pour l'équipe de projet. Certains rôles, spécifiques à certains types d'organisations entrent dans plusieurs de ces catégories ou encore dans aucune. Par exemple un directeur BIM peut être, selon les attributions de son poste, à la fois dans l'équipe de direction et dans l'équipe BIM, ou encore d'un contremaître qui n'entre dans aucune de ces catégories, car il travaille principalement sur le chantier.

Concernant l'évaluation et/ou l'amélioration de la situation, le modèle SCBIMMM possède un système de niveaux de maturité permettant de mettre en parallèle la maturité BIM de plusieurs organisations. Néanmoins, il ne permet pas de placer directement l'organisation sur une échelle comparative, afin de confronter ses résultats à ceux d'autres acteurs de l'industrie. Toutefois, l'information fournie après évaluation à l'aide de ce modèle est pertinente à l'amélioration des pratiques de l'organisation et fournit des informations claires quant à la direction à prendre. Le processus d'évaluation incluant les entrevues, la revue de documentation, l'analyse des processus et les ateliers est exigeant en termes de mobilisation des ressources. L'acceptation de ce processus est aussi dépendante de la compétence de l'évaluateur : c'est à lui de s'assurer que chaque étape soit comprise et perçue par l'évalué comme nécessaire à la compréhension de la situation de l'organisation et utile à la définition d'une feuille de route.

4.2.1.3 Objectivité du modèle SCBIMMM

Le modèle SCBIMMM est assez objectif. Les variations de correspondance aux critères du modèle sont représentées dans le résultat final et la correspondance entre les critères et la situation est simple à démontrer. L'évaluation n'introduit ni biais commerciaux ni schéma de développement prédéterminé, il établit principalement des jalons pour cette amélioration. L'intention du modèle répond au besoin de l'industrie et des organisations d'être guidées dans l'intégration du BIM. Pour l'évaluateur, il fournit une base d'évaluation complète et les

informations qui en sont tirées sont utiles pour avoir une vision générale de la situation de l'organisation. Le Tableau 4.1 résume les notes attribuées par l'évaluateur entre 0 et 4.

Tableau 4.1 Point de vue de l'évaluateur SCBIMMM

	CRITÈRES DE MESURE	Score	
Cohérent	Peut-on obtenir deux fois le même résultat pour la même organisation ?		
	1 Le modèle utilise les mêmes questions, et situations pour différentes organisations (Variation de contenu)	2	À améliorer
	1 Les informations récoltées sont validées et triangulées (Variation d'échantillonnage)	4	Parfaitement
Cumulatif	Permet-il une progression logique ?		
	1 Le modèle présente un outil d'évaluation pertinent et fonctionnel (Fiabilité)	4	Parfaitement
	1 Les items de l'outil d'évaluation couvrent efficacement l'intégration du BIM (Validité de Contenu)	3	Oui, en général
Atteignable	Les étapes sont-elles progressives ?		
	1 Les situations décrites par le modèle sont cohérentes à l'évolution de l'industrie et font partie des pratiques courantes de celle-ci (Validité de contenu)	3	Oui, en général
	1 Les items correspondent à des situations observables dans l'industrie (Validité de contenu écologique)	3	Oui, en général
	CRITÈRES D'ACCESSIBILITÉ		
Applicable	Le modèle s'applique-t-il à toute la chaîne d'approvisionnement ?		
	1 Le modèle peut être appliqué à plusieurs acteurs de la construction (Validité écologique)	3	Oui, en général
	1 Les critères d'évaluation couvrent des domaines d'applications valables pour plusieurs types d'organisations (Validité écologique)	2	À améliorer
Flexible	Le modèle permet-il d'évaluer à plusieurs échelles ?		
	1 Le modèle peut servir à évaluer toute taille d'organisation-projet (Robustesse)	2	À améliorer
	1 Le modèle possède des moyens d'ajustement pour les situations peu conventionnelles (Robustesse)	3	Oui, en général
Informatif	Peut-il servir de guide à l'amélioration de la situation ?		
	1 Les informations récoltées permettent de situer l'organisation sur une échelle	2	À améliorer
	1 Les informations fournies par le modèle sont pertinentes dans le processus d'amélioration de l'organisation (Validité de conséquences)	4	Parfaitement
Utilisable	Est-il intuitif et compréhensible ?		
	1 Le modèle présente un processus d'application simple (méthodologie)	2	À améliorer
	1 L'information produite est représentée sous un format compréhensible. (intention)	4	Parfaitement
	CRITÈRES D'OBJECTIVITÉ	Score	
Précis	Est-il clair et non falsifiable ?		
	1 La variation d'un critère est majoritairement représentée dans le résultat final (Fiabilité)	3	Oui, en général
	1 Les résultats du modèle sont retraçables et explicables en fonction de la situation de l'entité évaluée (Fiabilité)	4	Parfaitement
Neutre	Dépend-il d'une organisation/personne/institution impartiale ?		
	1 Le modèle n'introduit pas de biais commerciaux particuliers (extérieurs à ceux de l'organisation évaluée)	4	Parfaitement
	1 Ce modèle ne favorise pas un schéma de développement prédéterminé	4	Parfaitement
Spécifique	Le modèle répond-il à un besoin de l'industrie ?		
	1 L'intention du modèle répond à un besoin de l'industrie (Pertinence)	3	Oui, en général
	1 Le modèle répond au besoin défini par son intention pour l'évaluateur (Validité de conséquences)	4	Parfaitement
Universel	Le modèle peut-il être applicable sans contrainte de temps ni d'espace ?		
	1 L'évaluation du modèle repose sur des standards de l'industrie	4	Parfaitement
	1 Le modèle présente une approche d'évaluation théoriquement reconnue	4	Parfaitement

4.2.2 Résultats du modèle SCBIMMM du point de vue de l'évalué

Parmi les organisations évaluées par le modèle SCBIMMM, deux personnes ont accepté de remplir le questionnaire de rétroaction de l'outil d'évaluation empirique. La moyenne de leurs réponses est rapportée ici.

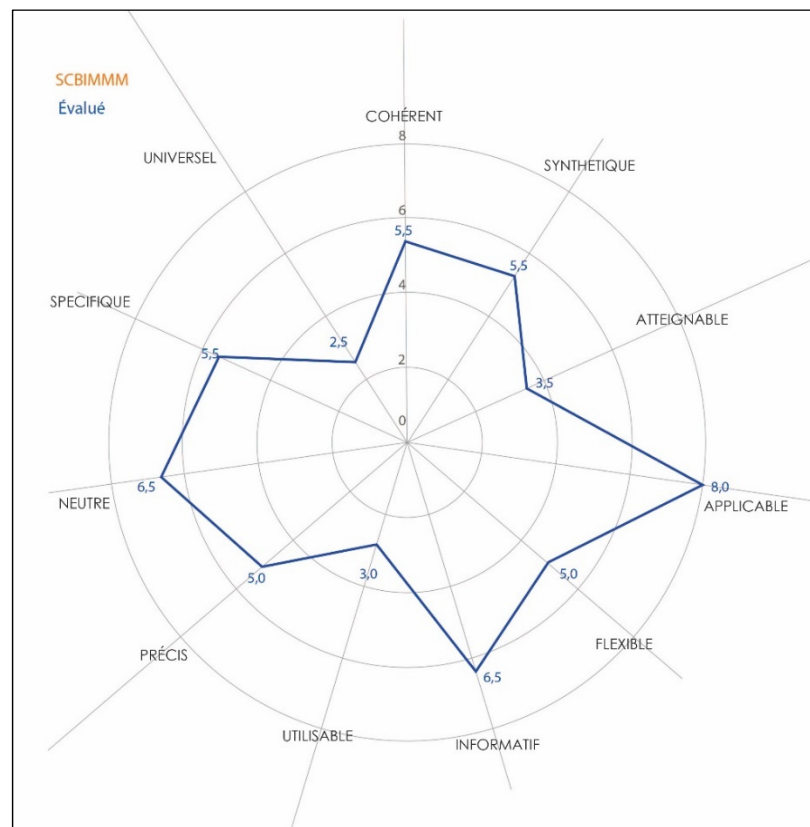


Figure 4.2 Avis des évalués pour le modèle SCBIMMM

4.2.2.1 Qualité de la mesure du modèle SCBIMMM du point de vue de l'évalué

Pour les évalués, le modèle SCBIMMM possède un système de mesure assez qualitatif, le modèle est cohérent et synthétique par rapport au domaine du BIM. Toutefois, le critère atteignable se situe en-dessous de la moyenne et ne fait pas l'unanimité chez les répondants. Le point le plus faible concerne la validité didactique du modèle. Pour le premier répondant,

le modèle évalue en général selon ce qu'il ou elle a pu apprendre concernant l'intégration du BIM alors que pour le second répondant, ce n'est pas le cas. Cela peut provenir des différences de formations entre les répondants. Le second point concerne la possibilité d'obtenir un résultat optimal à l'évaluation. Pour le premier répondant, il est possible d'atteindre un niveau de maturité optimal et pour le second, non.

4.2.2.2 Accessibilité du modèle SCBIMMM du point de vue de l'évalué

Pour les répondants, les ressources (humaines, temporelles et matérielles) à mettre en œuvre pour participer à l'évaluation sont parfaitement acceptables. Il y a une petite divergence d'opinions au niveau du critère informatif. Pour le premier répondant, les informations fournies lors de l'évaluation ont eu un impact mesurable sur la pratique et sur les projets de l'organisation. Pour le second, ces impacts n'ont pas été significatifs.

Le point faible de l'accessibilité concerne l'utilisabilité du modèle et plus particulièrement, la compréhension qu'ont eu les personnes les moins expertes de l'organisation du processus d'évaluation. Pour les deux répondants, le but ainsi que la pertinence de l'évaluation n'ont pas été évidents pour les non-experts en BIM.

4.2.2.3 Objectivité du modèle SCBIMMM du point de vue de l'évalué

Pour les répondants, le modèle SCBIMMM est neutre et spécifique à la situation. Le modèle répond à ses intentions pour les évalués selon ce qui leur a été proposé au départ et ne favorise aucun schéma de développement ou technologie prédéterminés. Le point faible au niveau de l'objectivité concerne la précision. Si les résultats du modèle semblent assez détaillés, les données sur lesquelles se base le modèle pour produire ces résultats ne semblent pas assez objectives et vérifiables. Le second point faible concerne l'universalité du modèle. Celui-ci semble posséder une forte barrière d'adoption et être peu disponible au grand public. Le Tableau 4.2 résume les notes attribuées par l'évalué entre 0 et 4.

Tableau 4.2 Point de vue des évalués sur le modèle SCBIMMM

		CRITÈRES DE MESURE	Score 1		Score 2	
Cohérent		Peut-on obtenir deux fois le même résultat pour la même organisation ?				
	1	La correspondance entre un critère et l'évaluation qui lui est attribuée est claire et retraceable (Condition de correction du test)	2	À améliorer	3	Oui, en général
	1	Le modèle utilise une méthode d'évaluation standardisée quelle que soit l'organisation évaluée (Conditions d'administration du test)	3	Oui, en général	3	Oui, en général
Cumulatif		Permet-il une progression logique ?				
	1	Le modèle présente des critères à remplir présentant une terminologie claire et compréhensible (Conditions d'administration)	3	Oui, en général	2	À améliorer
	1	Les situations ou critères du construit sont cohérents au domaine évalué (Validité de contenu)	3	Oui, en général	3	Oui, en général
Atteignable		Les étapes sont-elles progressives ?				
	1	Le modèle permet d'évaluer selon des critères liés à la documentation pertinente disponible autour du sujet (Validité didactique)	0	Non	3	Oui, en général
	1	Les situations ou critères demandés afin d'atteindre un résultat optimal sont logiquement réalisables (Validité de contenu écologique)	4	Parfaitement	0	Non
		CRITÈRES D'ACCESSIBILITÉ				
Applicable		Le modèle s'applique-t-il à toute la chaîne d'approvisionnement ?				
	1	Les ressources humaines, matérielles et financières nécessaires à l'évaluation sont acceptables et proportionnelles au bénéfice encouru	4	Parfaitement	4	Parfaitement
	1	Le temps nécessaire à l'évaluation est acceptable pour l'évalué	4	Parfaitement	4	Parfaitement
Flexible		Le modèle permet-il d'évaluer à plusieurs échelles ?				
	1	Le modèle permet d'évaluer une organisation quelles que soient sa taille et sa capacité financière (Robustesse)	2	À améliorer	3	Oui, en général
	1	Ce modèle peut être appliqué à différents marchés et utilise des critères et normes adéquats (Robustesse)	2	À améliorer	3	Oui, en général
Informatif		Peut-il servir de guide à l'amélioration de la situation ?				
	1	Les informations récoltées sont utiles pour avoir une vision globale de la situation autour du BIM (Intention)	4	Parfaitement	3	Oui, en général
	1	Les informations fournies par le modèle ont eu un impact mesurable et ont été utiles à un projet postérieur à l'évaluation (Validité de conséquences)	4	Parfaitement	2	À améliorer
Utilisable		Est-il intuitif et compréhensible ?				
	1	Le modèle présente des ressources facilitant son usage (définitions, explications, vulgarisation) (documentation)	3	Oui, en général	2	À améliorer
	1	La méthode et les buts de l'évaluation sont légitimes et évidents pour des personnes non expertes dans le domaine (intention)	0	Non	1	Peu
		CRITÈRES D'OBJECTIVITÉ	Score 1		Score 2	
Précis		Est-il clair et non falsifiable ?				
	1	Les résultats du modèle sont basés sur des données objectives et vérifiables (Fiabilité)	1	Peu	2	À améliorer
	1	Le modèle présente un niveau de détail adéquat dans ses résultats (Fiabilité)	3	Oui, en général	4	Parfaitement
Neutre		Dépend-il d'une organisation/personne/institution impartiale ?				
	1	Les intentions dirigeant le modèle sont accessibles et claires pour les parties concernées	3	Oui, en général	4	Parfaitement
	1	Le modèle ne préconise pas une solution technologique en particulier	3	Oui, en général	3	Oui, en général
Spécifique		Le modèle répond-il à un besoin de l'industrie ?				
	1	Le modèle répond au besoin défini par son intention pour l'évalué (Validité de conséquences)	4	Parfaitement	3	Oui, en général
	1	Les résultats du modèle sont représentatifs des normes et des meilleures pratiques de l'industrie (Pertinence)	3	Oui, en général	1	Peu
Universel		Le modèle peut-il être applicable sans contrainte de temps ni d'espace ?				
	1	Le modèle possède une faible barrière d'adoption	0	Non	1	Peu
	1	Le modèle est largement disponible (Site web, publications, diffusion)	3	Oui, en général	1	Peu

4.2.3 Résultats combinés du modèle SCBIMMM

On peut remarquer plusieurs divergences d'opinions entre les avis des évalués et celui de l'évaluateur. Les plus grands écarts étant au niveau de l'universalité, de l'applicabilité et de l'utilisabilité du modèle. Pour les évalués, le modèle remplit peu les critères d'universalité que sont la faible barrière d'adoption et la disponibilité du modèle, tandis que pour l'évaluateur, le modèle correspond aux standards de l'industrie et possède une approche d'évaluation théoriquement reconnue. Au niveau de l'applicabilité du modèle, c'est l'inverse, les évalués trouvent parfaitement justifiées les ressources qu'ils ont investies dans l'évaluation tandis que selon l'évaluateur, le modèle a encore une marge d'amélioration concernant son applicabilité à tout type d'organisation. Enfin pour l'utilisabilité, c'est la compréhension des tenants et aboutissants de l'évaluation ainsi que les ressources disponibles pour faciliter cette compréhension qui restent à améliorer pour les évalués, tandis que pour l'évaluateur si la méthodologie est assez lourde, l'information produite est très compréhensible. Le Tableau 4.3 résume les évaluations attribuées au modèle SCBIMMM. Les valeurs en rouge sont au-dessous de la moyenne de 4.

Tableau 4.3 Résumé des résultats du modèle SCBIMMM

SCBIMMM				
Catégories	Critères	Évalué (Sur 8)	Évaluateur (Sur 8)	Écart (Sur 8)
Mesure	Cohérent	5,5	6	0,5
	Synthétique	5,5	7	1,5
	Atteignable	3,5	6	2,5
Accessibilité	Applicable	8	5	3
	Flexible	5	5	0
	Informatif	6,5	6	0,5
	Utilisable	3	6	3
Objectivité	Précis	5	7	2
	Neutre	6,5	8	1,5
	Spécifique	5,5	7	1,5
	Universel	2,5	8	5,5
Ergonomique		5,2	5,9	0,7
Adaptable		5,3	6,5	1,2
Fiable		4,9	6,9	2

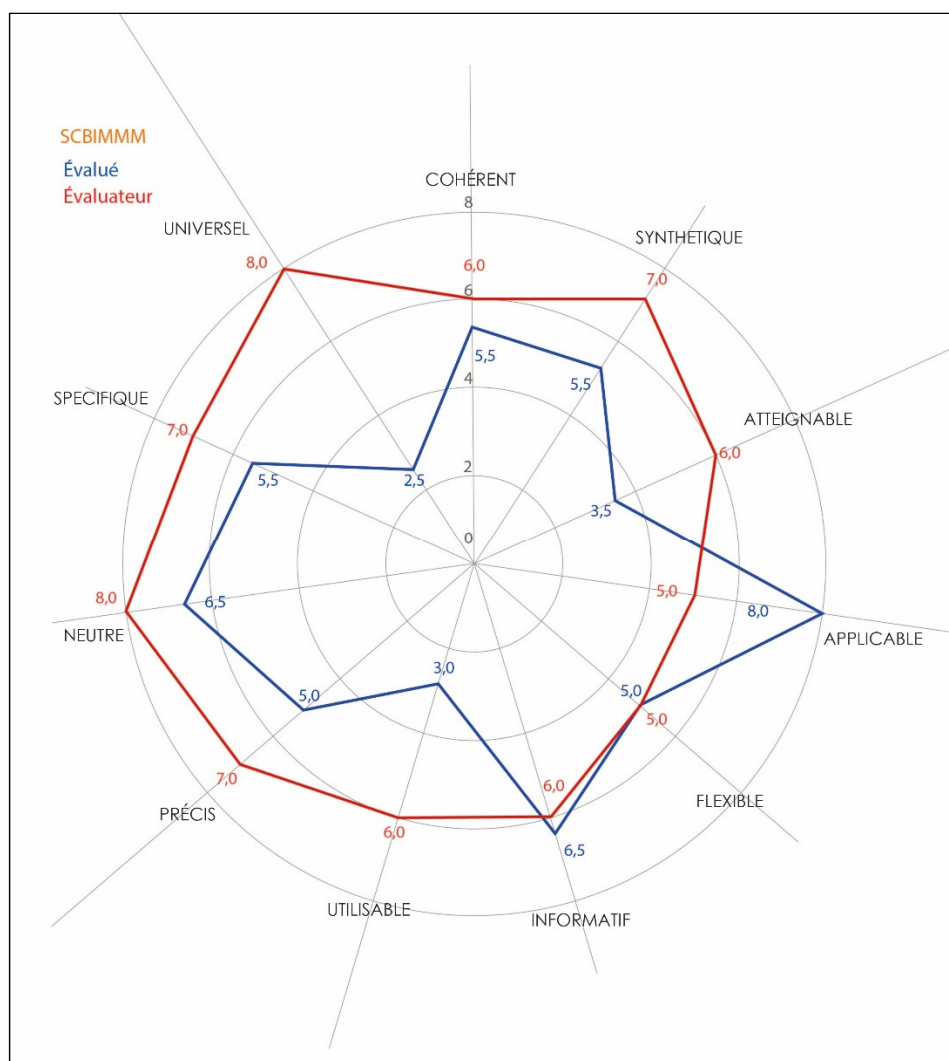


Figure 4.3 Résultats évaluateur et évalués du modèle SCBIMMM

Les principaux écarts de l'avis de l'évaluateur et de l'évalué se situent au niveau de l'applicabilité, de l'utilisabilité et de l'universalité. La source de ces divergences d'opinions peut se situer dans la vision qu'ont les évalués et l'évaluateur du processus d'application du modèle. Le modèle est plus applicable pour l'évalué, car l'évaluateur possède deux rôles dans cette démarche, celui d'évaluateur et celui d'informateur. L'évalué fournit à l'évaluateur l'accès à sa documentation, à ses locaux, rend disponible ses employés pour les entrevues et les ateliers et le modèle d'évaluation SCBIMMM met à disposition de l'évaluateur les outils nécessaires à la tenue de l'évaluation. Toutefois, c'est l'évaluateur qui prend en charge toute

la logistique de cette évaluation. Il doit tout d'abord expliquer les tenants et aboutissants de l'évaluation aux dirigeants et rendre accessible le processus d'évaluation aux personnes moins renseignées autour des processus BIM, puis organiser et mener l'évaluation de la maturité BIM. C'est aussi lui qui a la charge de combler les potentiels manques entre les requis du modèle, son applicabilité au domaine d'activité de l'organisation et la pratique de l'évalué. C'est aussi à lui d'avoir une vision générale et une compréhension globale des requis, du processus d'évaluation et de l'évaluation de la maturité BIM pour adapter le modèle et réaliser des ajustements si nécessaires.

Dans la même lancée, concernant l'utilisabilité du modèle, l'évalué a comme vision du modèle que ce que lui présente l'évaluateur. La question ayant reçu les plus basses appréciations concerne la compréhension de l'évaluation par les personnes les moins impliquées au niveau du BIM au sein de l'organisation. Ici, il peut s'agir d'un manque de diffusion des informations de la part de l'évaluateur ou encore d'un manque de connaissances fondamentales au niveau des processus BIM de la part de l'industrie. Ces deux points devraient pouvoir se régler avec le temps, premièrement avec une meilleure expérience des évaluateurs et ensuite, avec une meilleure diffusion des processus BIM.

Enfin pour ce qui est de l'universalité, l'évaluateur pose sur le modèle un point de vue théorique tandis que l'évalué est interrogé sur sa perception pratique du modèle. Ils n'ont pas les mêmes attentes concernant la diffusion et l'adoption d'un modèle d'évaluation du BIM. Si pour l'évaluateur le modèle est en adéquation avec les standards de l'industrie, pour les évalués, le modèle possède une forte barrière d'adoption.

Une fois combinés les deux parties, le modèle SCBIMMM est un modèle assez régulier. Ce modèle se révèle plus adaptable et fiable qu'ergonomique, cela est sûrement dû à son score assez haut au niveau de l'objectivité.

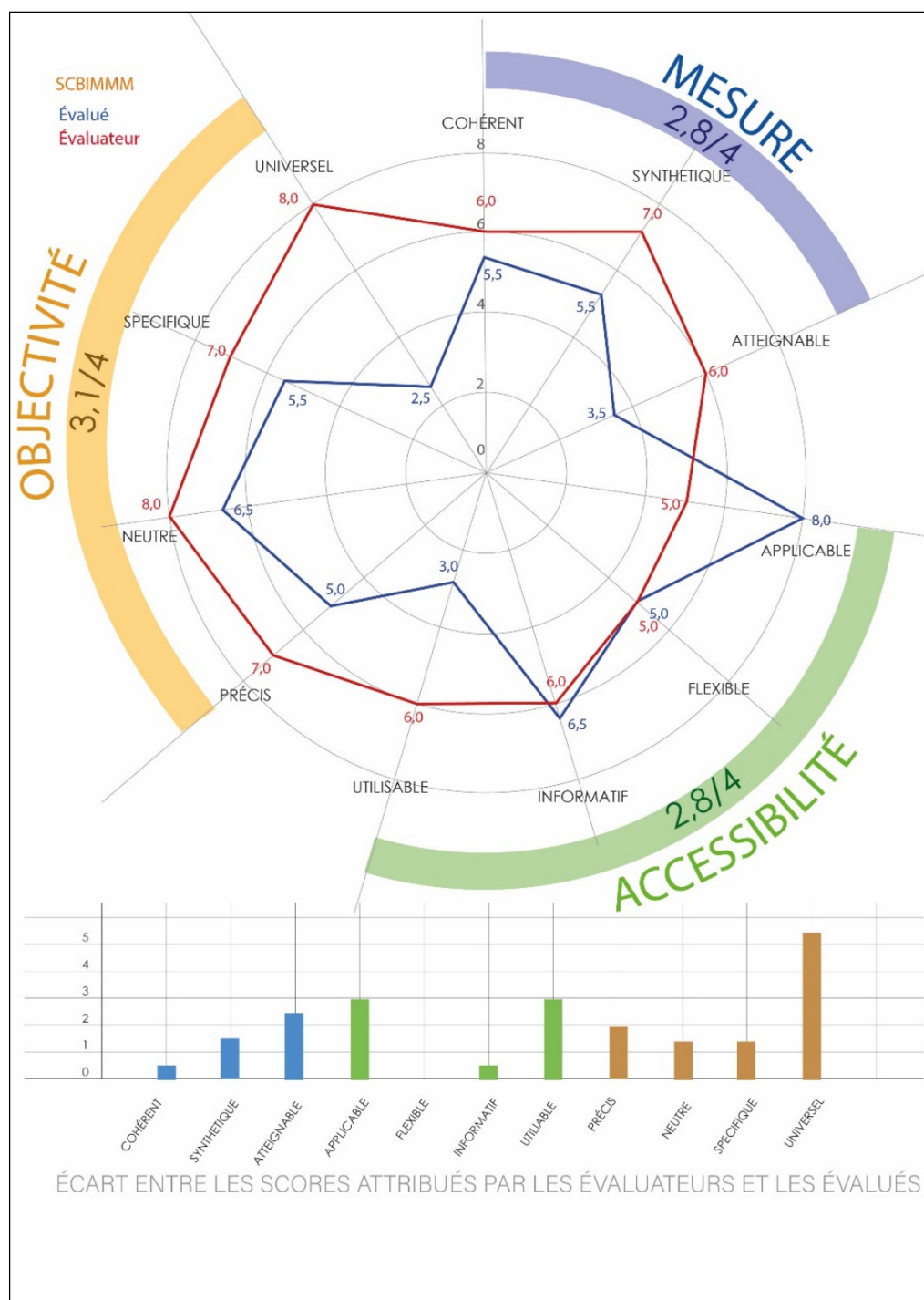


Figure 4.4 Résultats résumés du modèle SCBIMM

4.2.4 Recommandations pour le modèle SCBIMMM

Quelques points ressortent de l'évaluation empirique et pourraient être améliorés grâce à des modifications mineures du modèle. Ces points concernent principalement un assouplissement de certains critères de façon à les rendre plus inclusifs, une amélioration de la disponibilité du modèle au grand public et une réduction de la variation des questions du test.

4.2.4.1 Variation des questions et récolte de données objectives

L'entrevue semi-dirigée est un moyen efficace de réunir des informations sur les pratiques d'une organisation. Elle laisse la latitude d'interroger les personnes sur les domaines qu'ils maîtrisent sans perdre de temps sur les questions non pertinentes. Toutefois, les entrevues possèdent certaines faiblesses. D'une part, la qualité d'une entrevue semi-dirigée dépend fortement de l'habileté de l'évaluateur et de sa connaissance personnelle du domaine et d'autre part, les avis issus d'entrevues semi-dirigées ne semblent pas compter comme des données objectives pour les évalués. Pourtant, en utilisant le modèle, l'évaluateur se base aussi sur la revue de documentation pour établir la correspondance aux critères de la grille descriptive. Ce point pourrait être mieux exploité lors de la présentation du résultat. Cela améliorerait la précision et la cohérence du test.

4.2.4.2 Applicabilité du test à tout type d'organisations

Le modèle SCBIMMM est censé être applicable à tout type d'organisation. Cependant, il existe quelques points d'améliorations comme l'intégration de questionnaires prenant en compte les postes spécifiques à certaines organisations, tels que les contremaitres par exemple. Ou encore l'assouplissement des critères plus complexes à atteindre pour les organisations de petite taille comme la présence d'espaces dédiés à la coordination BIM ou la présence d'un comité BIM. Ces changements permettraient de rendre le modèle plus atteignable, plus applicable et plus flexible en rendant les critères plus souples et plus accessibles aux organisations de petite taille.

4.2.4.3 Diffusion du modèle et des ressources associées

Le modèle SCBIMMM possède un guide d'application à l'usage de l'évaluateur, celui-ci est très détaillé, il présente le modèle, les termes et les concepts abordés et explique l'utilisation de chaque outil présent dans la trousse d'évaluation. L'évaluateur est donc bien informé et c'est à lui de transmettre ces informations aux évalués. Cette information reste au niveau exécutif. L'évaluation empirique fait ressortir que les personnes les moins informées en BIM ne comprennent pas ou peu les tenants et aboutissants de l'évaluation. Le modèle est aussi peu diffusé et disponible. La création d'une plateforme ou d'un document accessible par tous pourrait aider à la fois à la diffusion du modèle et à la compréhension du processus d'évaluation par les personnes non expertes en BIM.

4.3 Résultats du modèle MCBIMQ

Dans le cadre de cette évaluation, seule la partie questionnaire du modèle MCBIMQ a été évaluée, car les répondants n'ont pas réalisé l'entièreté du processus d'évaluation. Toutefois, le modèle présente une pré-évaluation en ligne qui peut être remplie par l'expert BIM de l'organisation. C'est cette partie de l'évaluation des compétences BIM qui a été soumise à l'outil d'évaluation empirique.

En général, du point de vue de l'évaluateur, le modèle MCBIMQ a un score assez élevé, ses grandes forces étant son utilisabilité, sa neutralité et sa spécificité à la situation.

4.3.1 Résultats du modèle MCBIMQ du point de vue de l'évaluateur

D'après l'évaluateur, le modèle MCBIMQ est un modèle équilibré dont les grandes forces sont sa neutralité, sa spécificité à la situation québécoise, sa facilité d'utilisation et son aspect synthétique. Il ressort tout de même deux points d'amélioration que sont la précision et la flexibilité.

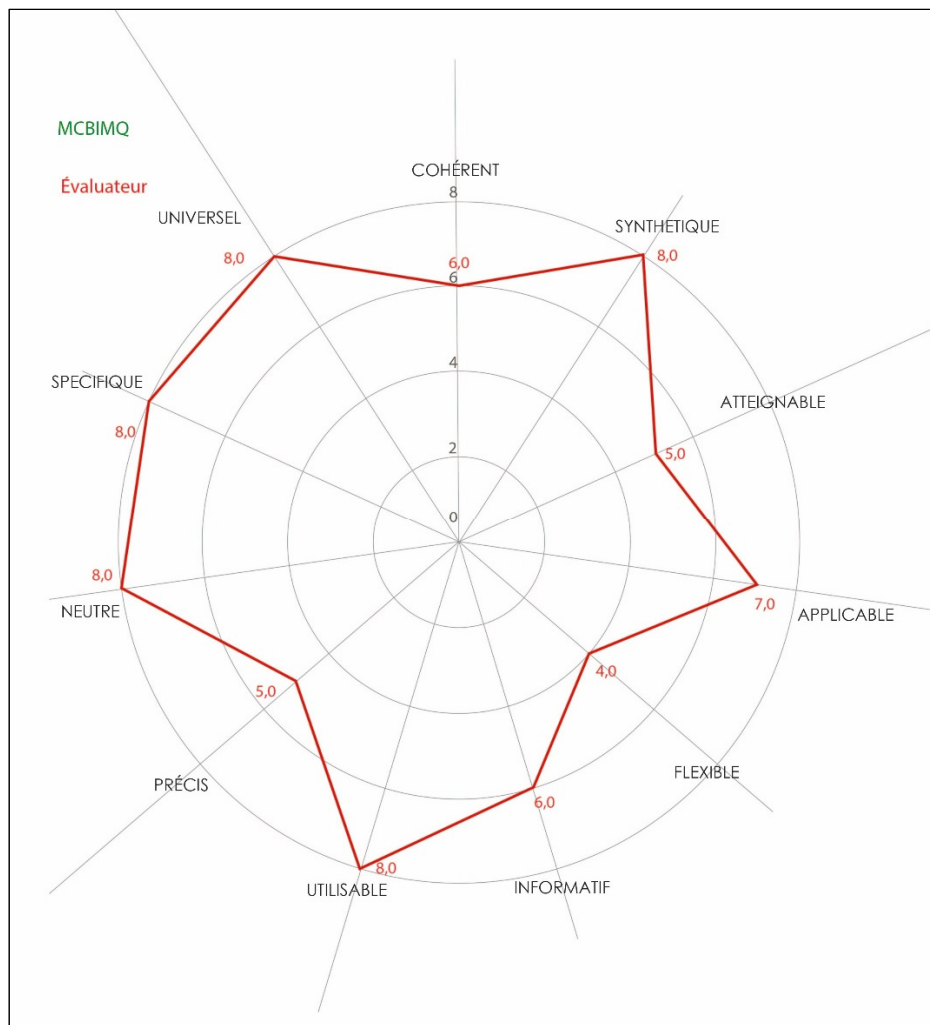


Figure 4.5 Avis de l'évaluateur pour le modèle MCBIMQ

4.3.1.1 Qualité de la mesure du modèle MCBIMQ du point de vue de l'évaluateur

Le modèle MCBIMQ utilise pour collecter ses données un formulaire en ligne de 125 questions. Certaines sont à développement, c'est-à-dire que si une première question posée sur l'existence ou non d'une technologie reçoit une réponse négative, les questions suivantes abordant les détails autour de cette technologie ne seront pas accessibles. Cette fonction réduit la quantité de questions et permet d'éviter les questions dépendantes non pertinentes pour l'évalué. Le fait que le questionnaire soit en ligne et présente le même médium pour tous les évalués renforce la cohérence du modèle. De plus, le questionnaire peut être rempli à toute heure par un

responsable, il peut être mis sur pause afin de vérifier une donnée, puis repris ensuite. Toutefois, le fait que toutes les questions ne soient pas présentées au répondant, quitte à être grisées, fait en sorte que si la première question a été mal comprise les prochaines, inaccessibles ont automatiquement une réponse négative.

Lors de la procédure d'évaluation complète, les données récoltées grâce au questionnaire en ligne sont vérifiées par l'évaluateur dans le cadre d'une entrevue en entreprise. Toutefois, cette étape vient après la pré-évaluation.

Le modèle MCBIMQ est issu d'une base théorique forte puisqu'il est basé sur le modèle BIM excellence développé par le docteur Bilal Succar, ce qui assure une bonne couverture des compétences nécessaires à l'intégration du BIM dans l'échantillonnage des questions. Les compétences présentées au sein du modèle sont en avance par rapport à l'industrie. Cependant, le modèle étant réalisé pour favoriser l'intégration du BIM dans l'industrie québécoise, il est évident qu'il doit intégrer des compétences plus avancées afin de rester proactifs quant aux avancées dans l'industrie.

4.3.1.2 Accessibilité du modèle MCBIMQ du point de vue de l'évaluateur

Pour l'évaluateur, le modèle d'évaluation MCBIMQ est accessible. Toute la partie pré-évaluation est réalisée en ligne et sur la base du volontariat des organisations. La méthodologie du modèle est simple et l'information nécessaire à la compréhension de la démarche est facilement disponible en ligne. Quant à l'information produite par les outils à la suite de l'évaluation, elle est compilée sous un format compréhensible par tous, facile à lire en organisant les informations de la situation générale aux domaines de compétences particuliers. Les résultats produits affichent aussi la moyenne des autres répondants, ce qui permet à l'organisation de se situer immédiatement par rapport à l'industrie. Le modèle peut être appliqué à plusieurs acteurs de la construction, le grand nombre d'items présentant un large échantillonnage des compétences nécessaires. Cependant, les items de la section « opération » étant basés sur les usages du BIM en vigueur dans l'organisation, il ne sera pas possible pour

la même organisation de répondre positivement à toutes ces questions. Le modèle manque aussi un peu de flexibilité malgré sa bonne correspondance aux autres items d'accessibilité. En effet, certains items sont difficilement accessibles pour des organisations de petite taille. Correspondre à ces items demande des investissements importants en matière de ressources humaines ou matérielles. Par exemple la question 113 dans la section « support informatique » porte sur la présence de personnel à temps plein spécifiquement pour assurer le support autour des logiciels et des outils BIM. C'est un item qui peut être complexe à remplir pour les organisations de petite taille ou ayant du personnel avec des rôles plus polyvalents. Aussi, la partie évaluation en ligne est assez rigide et dépend fortement de la compréhension des questions par l'évalué. Ce point est normalement corrigé grâce à la vérification faite lors de l'entrevue de démarrage avec l'évaluateur.

4.3.1.3 Objectivité du modèle du point de vue de l'évaluateur

Le modèle MCBIMQ, du point de vue de l'évaluateur, possède plusieurs atouts au niveau de l'objectivité. Tout d'abord au niveau de la neutralité du modèle. Les items de celui-ci sont construits de façon à intégrer des exemples explicatifs, sans favoriser un fournisseur ou une technologie particulière. De même, le modèle ne favorise aucun schéma de développement prédéterminé; l'utilisation d'un guide ou d'un plan d'implémentation est même encouragée notamment aux questions 88, 89, et 90, à la section « fondements de l'implémentation ». Ensuite au niveau de sa spécificité, car l'intention du modèle répond au besoin d'émulation et d'analyse comparative de l'industrie. Il permet donc aux organisations de se comparer à la moyenne de l'industrie, mais aussi de planifier leur évolution. De plus, la participation à l'évaluation est un bon indicateur de l'engouement autour du domaine. Enfin, le modèle est fortement basé sur les normes en vigueur, les standards de l'industrie et les meilleures pratiques. Par exemple, la question 77 interroge le répondant au sujet des normes selon lesquelles les modèles BIM sont réalisés ou encore la question 34 cite les normes AINSI et ISO.

Un point cependant demande encore des améliorations, au niveau des items de précision. Tout d'abord, la correspondance ou non d'une organisation à un item du questionnaire est peu

représentée dans le résultat de la pré-évaluation. Celui-ci est donné en pourcentages en fonction de la quantité de questions aux réponses positives. Étant donné le nombre d'items total du test, il est complexe d'observer la variation d'un critère donné. Ainsi, il peut être tout aussi complexe de retracer la correspondance entre le résultat affiché et la situation de l'organisation. Le Tableau 4.4 qui suit résume l'évaluation de la partie évaluation du modèle MCBIMQ par l'évaluateur.

Tableau 4.4 Point de vue de l'évaluateur MCBIMQ

	CRITÈRES DE MESURE	Score	
Cohérent	Peut-on obtenir deux fois le même résultat pour la même organisation ?		
	1 Le modèle utilise les mêmes questions, et situations pour différentes organisations (Variation de contenu)	3	Oui, en général
	1 Les informations récoltées sont validées et triangulées (Variation d'échantillonnage)	3	Oui, en général
Cumulatif	Permet-il une progression logique ?		
	1 Le modèle présente un outil d'évaluation pertinent et fonctionnel (Fiabilité)	4	Parfaitement
	1 Les items de l'outil d'évaluation couvrent efficacement l'intégration du BIM (Validité de contenu)	4	Parfaitement
Atteignable	Les étapes sont-elles progressives ?		
	1 Les situations décrites par le modèle sont cohérentes à l'évolution de l'industrie et font parties des pratiques courantes de celle-ci (Validité de contenu)	3	Oui, en général
	1 Les items correspondent à des situations observables dans l'industrie (Validité de contenu écologique)	2	À améliorer
	CRITÈRES D'ACCESSIBILITÉ		
Applicable	Le modèle s'applique-t-il à toute la chaîne d'approvisionnement ?		
	1 Le modèle peut être appliqué à plusieurs acteurs de la construction (Validité écologique)	3	Oui, en général
	1 Les critères d'évaluation couvrent des domaines d'application valables pour plusieurs types d'organisations (Validité écologique)	4	Parfaitement
Flexible	Le modèle permet-il d'évaluer à plusieurs échelles ?		
	1 Le modèle peut servir à évaluer toute taille d'organisation-projet (Robustesse)	2	À améliorer
	1 Le modèle possède des moyens d'ajustement pour les situations peu conventionnelles (Robustesse)	2	À améliorer
Informatif	Peut-il servir de guide à l'amélioration de la situation ?		
	1 Les informations récoltées permettent de situer l'organisation sur une échelle	4	Parfaitement
	1 Les informations fournies par le modèle sont pertinentes dans le processus d'amélioration de l'organisation (Validité de conséquences)	2	À améliorer
Utilisable	Est-il intuitif et compréhensible ?		
	1 Le modèle présente un processus d'application simple (méthodologie)	4	Parfaitement
	1 L'information produite est représentée sous un format compréhensible. (intention)	4	Parfaitement
	CRITÈRES D'OBJECTIVITÉ	Score	
Précis	Est-il clair et non falsifiable ?		
	1 La variation d'un critère est majoritairement représentée dans le résultat final (Fiabilité)	2	À améliorer
	1 Les résultats du modèle sont retraçables et explicables en fonction de la situation de l'entité évaluée (Fiabilité)	3	Oui, en général
Neutre	Dépend-il d'une organisation/personne/institution impartiale ?		
	1 Le modèle n'introduit pas de biais commerciaux particuliers (extérieurs à ceux de l'organisation évaluée)	4	Parfaitement
	1 Ce modèle ne favorise pas un schéma de développement prédéterminé	4	Parfaitement
Spécifique	Le modèle répond-il à un besoin de l'industrie ?		
	1 L'intention du modèle répond à un besoin de l'industrie (Pertinence)	4	Parfaitement
	1 Le modèle répond au besoin défini par son intention pour l'évaluateur (Validité de conséquences)	4	Parfaitement
Universel	Le modèle peut être applicable sans contrainte de temps ni d'espace		
	1 L'évaluation du modèle repose sur des standards de l'industrie	4	Parfaitement
	1 Le modèle présente une approche d'évaluation théoriquement reconnue	4	Parfaitement

4.3.2 Résultat du modèle MCBIMQ du point de vue de l'évalué

Pour le modèle MCBIMQ, un seul répondant a rempli le formulaire de rétroaction. Du point de vue de l'évalué, les forces du modèle sont sa neutralité, sa spécificité à la situation et sa cohérence. Au niveau des points faibles, on peut voir principalement l'utilisabilité du modèle et son universalité, notamment concernant les ressources accompagnant la compréhension du modèle.

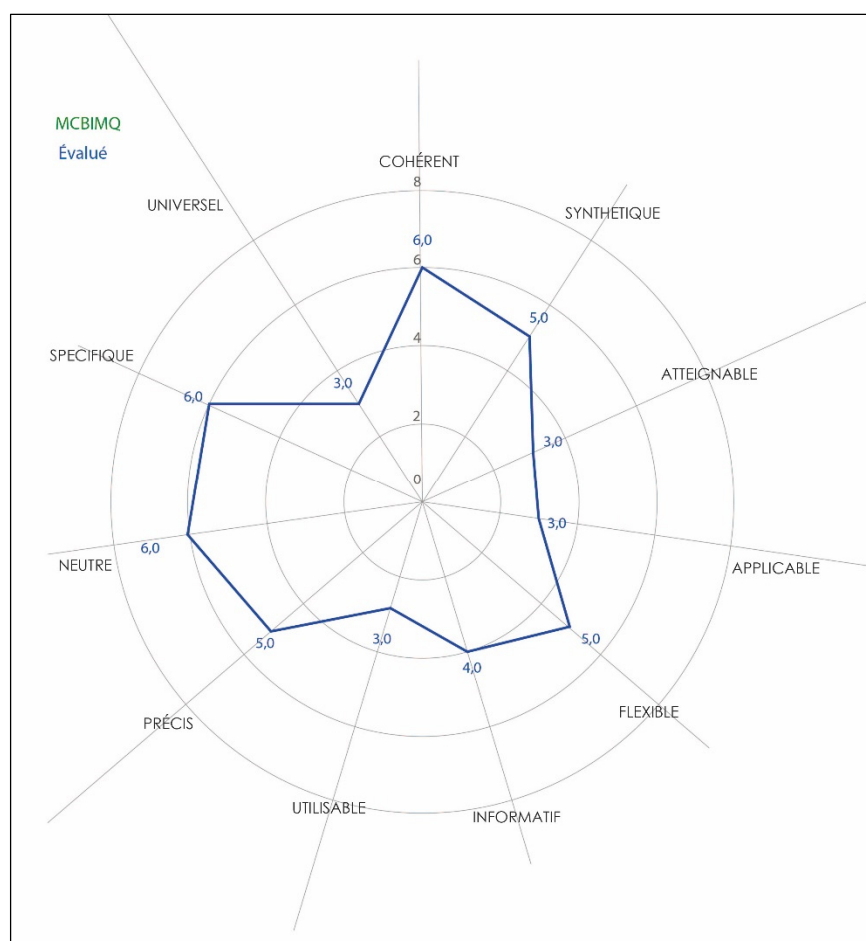


Figure 4.6 Avis de l'évalué pour le modèle MCBIMQ

4.3.2.1 Qualité de la mesure du modèle MCBIMQ du point de vue de l'évalué

Pour l'évalué, la qualité de la mesure amenée par le modèle MCBIMQ semble satisfaisante. Avec cependant deux points d'amélioration, le premier au niveau de la terminologie des critères. Étant donné que la première étape de l'évaluation se fait en ligne, ce point pourrait s'avérer particulièrement important pour une évaluation exacte des organisations. Le second point concerne la possibilité d'atteindre un résultat optimal au test. D'après le répondant, un résultat optimal n'est pas réalisable.

4.3.2.2 Accessibilité du modèle MCBIMQ du point de vue de l'évalué

L'accessibilité du modèle MCBIMQ semble moyenne pour l'évalué, les résultats sont assez ambivalents pour chaque critère, avec les plus grands écarts se situant au niveau de l'applicabilité et de l'informativité. Ainsi, si le temps fourni pour la tenue de l'évaluation est acceptable, les ressources humaines et financières le sont moins. On retrouve la même discordance au niveau de l'informativité du modèle. Si celui-ci semble offrir une vision globale au niveau de la situation autour du BIM de l'organisation, les informations fournies ont eu un faible impact sur l'organisation. Enfin, l'utilisabilité du modèle est assez faible, car selon l'évalué il y a peu de ressources explicatives et une faible compréhension du modèle par les personnes peu expertes dans le domaine.

4.3.2.3 Objectivité du modèle MCBIMQ du point de vue de l'évalué

D'après la rétroaction fournie, l'objectivité du modèle MCBIMQ reste sa grande force avec des résultats assez élevés et constants pour la neutralité et la spécificité. On notera cependant deux points d'amélioration, tout d'abord l'objectivité des données sur lesquelles se base le modèle pour évaluer et ensuite, la présence d'une barrière d'adoption.

Tableau 4.5 Point de vue de l'évalué MCBIMQ

	CRITÈRES DE MESURE	Score	
Cohérent	Peut-on obtenir deux fois le même résultat pour la même organisation ?		
1	La correspondance entre un critère et l'évaluation qui lui est attribuée est claire et retraçable (Condition de correction du test)	3	Oui, en général
1	Le modèle utilise une méthode d'évaluation standardisée quelle que soit l'organisation évaluée (Conditions d'administration du test)	3	Oui, en général
Cumulatif	Permet-il une progression logique ?		
1	Le modèle présente des critères à remplir présentant une terminologie claire et compréhensible (Conditions d'administration)	2	À améliorer
1	Les situations ou critères du construit sont cohérents au domaine évalué (Validité de contenu)	3	Oui, en général
Atteignable	Les étapes sont-elles progressives ?		
1	Le modèle permet d'évaluer selon des critères liés à la documentation pertinente disponible autour du sujet (Validité didactique)	3	Oui, en général
1	Les situations ou critères demandés afin d'atteindre un résultat optimal sont logiquement réalisables (Validité de contenu écologique)	0	Non
	CRITÈRES D'ACCESSIBILITÉ		
Applicable	Le modèle s'applique-t-il à toute la chaîne d'approvisionnement ?		
1	Les ressources humaines, matérielles et financières nécessaires à l'évaluation sont acceptables et proportionnelles au bénéfice encouru	0	Non
1	Le temps nécessaire à l'évaluation est acceptable pour l'évalué	3	Oui, en général
Flexible	Le modèle permet-il d'évaluer à plusieurs échelles ?		
1	Le modèle permet d'évaluer une organisation quelle que soit sa taille et sa capacité financière (Robustesse)	3	Oui, en général
1	Ce modèle peut être appliqué à différents marchés et utilise des critères et normes adéquats (Robustesse)	2	À améliorer
Informatif	Peut-il servir de guide à l'amélioration de la situation ?		
1	Les informations récoltées sont utiles pour avoir une vision globale de la situation autour du BIM (Intention)	3	Oui, en général
1	Les informations fournies par le modèle ont eu un impact mesurable et ont été utiles à un projet postérieur à l'évaluation (Validité de conséquences)	1	Peu
Utilisable	Est-il intuitif et compréhensible ?		
1	Le modèle présente des ressources facilitant son usage (définitions, explications, vulgarisation) (documentation)	1	Peu
1	La méthode et les buts de l'évaluation sont légitimes et évidents pour des personnes non expertes dans le domaine (intention)	2	À améliorer
	CRITÈRES D'OBJECTIVITÉ		
Précis	Est-il clair et non falsifiable ?		
1	Les résultats du modèle sont basés sur des données objectives et vérifiables (Fiabilité)	2	À améliorer
1	Le modèle présente un niveau de détail adéquat dans ses résultats (Fiabilité)	3	Oui, en général
Neutre	Dépend-il d'une organisation/personne/institution impartiale ?		
1	Les intentions dirigeant le modèle sont accessibles et claires pour les parties concernées	3	Oui, en général
1	Le modèle ne préconise pas une solution technologique en particulier	3	Oui, en général
Spécifique	Le modèle répond-il à un besoin de l'industrie ?		
1	Le modèle répond au besoin défini par son intention pour l'évalué (Validité de conséquences)	3	Oui, en général
1	Les résultats du modèle sont représentatifs des normes et des meilleures pratiques de l'industrie (Pertinence)	3	Oui, en général
Universel	Le modèle peut être applicable sans contrainte de temps ni d'espace		
1	Le modèle possède une faible barrière d'adoption	0	Non
1	Le modèle est largement disponible (Site web, publications, diffusion)	3	Oui, en général

4.3.3 Résultats combinés du modèle MCBIMQ

Les avis de l'évaluateur et de l'évalué divergent principalement au niveau de l'applicabilité, de l'universalité et de l'utilisabilité du modèle. Du point de vue de l'évaluateur, le modèle est applicable à tout type d'organisation et couvre les domaines d'application associés. Pour l'évalué, si le temps dédié à l'évaluation est acceptable par rapport au résultat, l'investissement en personnel ne l'est pas. Pour ce qui est de l'utilisabilité, le modèle possède une méthodologie simple et des informations fournies sous un format clair pour l'évaluateur, mais les ressources restent peu accessibles pour les utilisateurs moins informés concernant le BIM. Enfin, au niveau de l'universalité, le modèle repose sur une approche reconnue et sur les standards de l'industrie pour l'évaluateur, alors que du côté de l'évalué, bien qu'il soit disponible en ligne notamment, il présente quand même une forte barrière d'adoption. Le Tableau 4.6 ci-dessous résume les résultats du modèle MCBIMQ. Chaque critère est évalué sur 8 points, les chiffres en rouge représentant les points inférieurs ou égaux à la moyenne.

Tableau 4.6 Résumé des résultats du modèle MCBIMQ

MCBIMQ				
Catégorie	Critères	Évalué (sur 8)	Évaluateur (sur 8)	Écart (sur 8)
Mesure	Cohérent	6	6	0
	Cumulatif	5	8	3
	Atteignable	3	5	2
Applicabilité	Applicable	3	7	4
	Flexible	5	4	1
	Informatif	4	6	2
	Utilisable	3	8	5
Objectivité	Précis	5	5	0
	Neutre	6	8	2
	Spécifique	6	8	2
	Universel	3	8	5
Ergonomique		4,2	6,3	2,1
Adaptable		4,4	6,8	2,4
Fiable		4,8	6,8	2

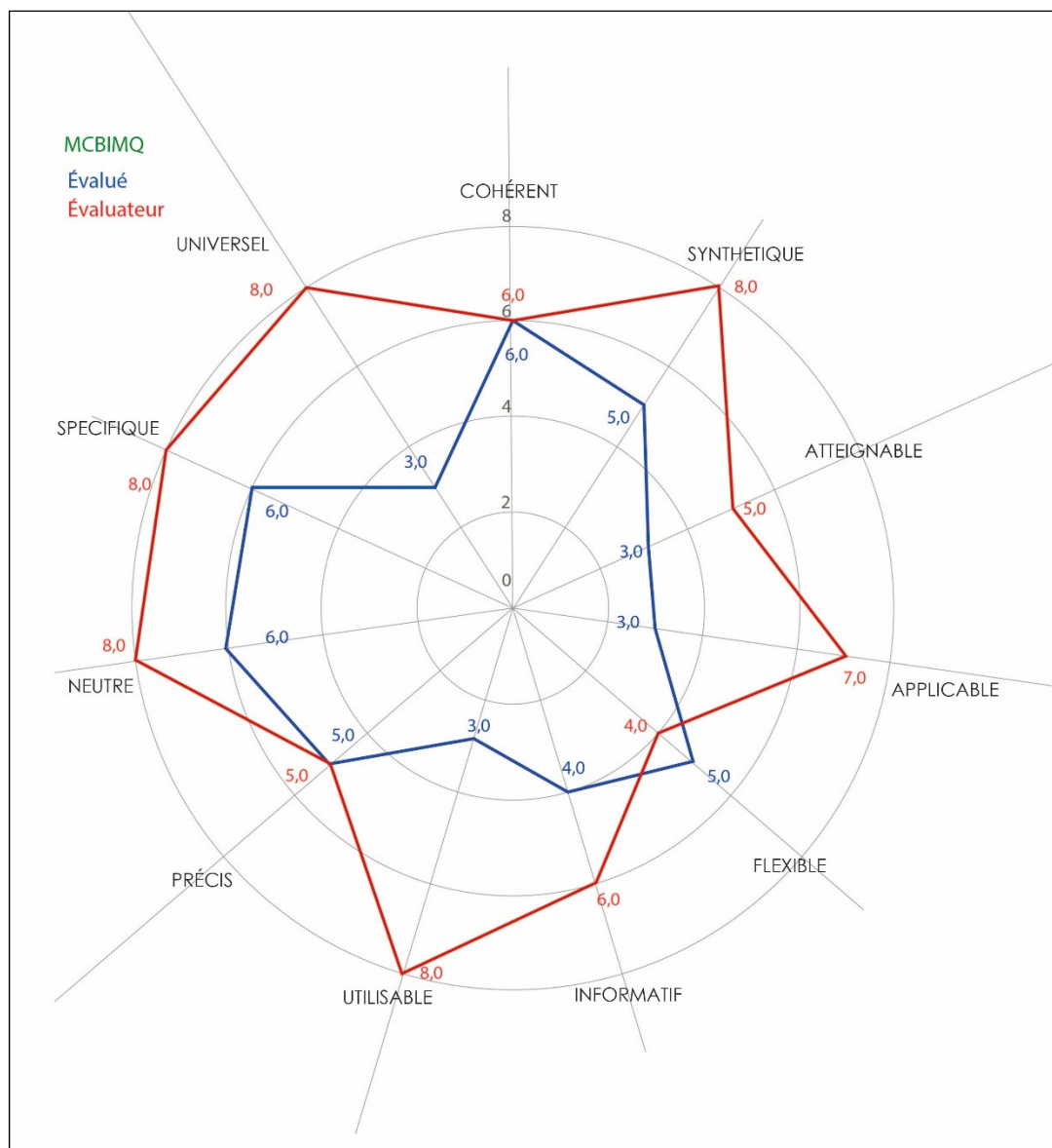


Figure 4.7 Résultats évaluateurs et évalués du modèle MCBIMQ

Les points divergents au niveau de l'avis des évalués et de l'évaluateur concernent l'applicabilité du modèle, son utilisabilité et son universalité. Ici, les répondants ont évalué la première partie du modèle MCBIMQ, c'est-à-dire la pré-évaluation de l'organisation. Celle-ci est réalisée en ligne à l'initiative de l'évalué. L'évaluateur est peu présent pendant cette partie du processus, son rôle est surtout d'analyser les résultats. Toute la recherche et l'entrée d'informations sont à la charge de l'évalué. Il a une vision différente de l'utilisabilité et de

l'applicabilité du modèle, car c'est lui qui doit faire l'effort de comprendre les informations disponibles autour du modèle et de répondre à chaque question selon ses connaissances des processus BIM et du fonctionnement de son organisation.

L'universalité du modèle rejoint cette tendance : pour l'évalué, le modèle a une forte barrière d'adoption. Celle-ci pourrait être due au fait que ce soit lui qui doive engager le processus d'évaluation et fournir une bonne quantité d'informations avant d'obtenir les premiers retours.

Une fois les résultats combinés, le modèle MCBIMQ ressort comme un modèle assez équilibré présentant comme points forts sa spécificité au besoin de l'industrie, sa neutralité et son aspect synthétique. Les domaines à améliorer se situent au niveau de la précision et de la flexibilité du modèle. Le point fort du modèle est sa fiabilité, et ensuite son adaptabilité et son ergonomie.

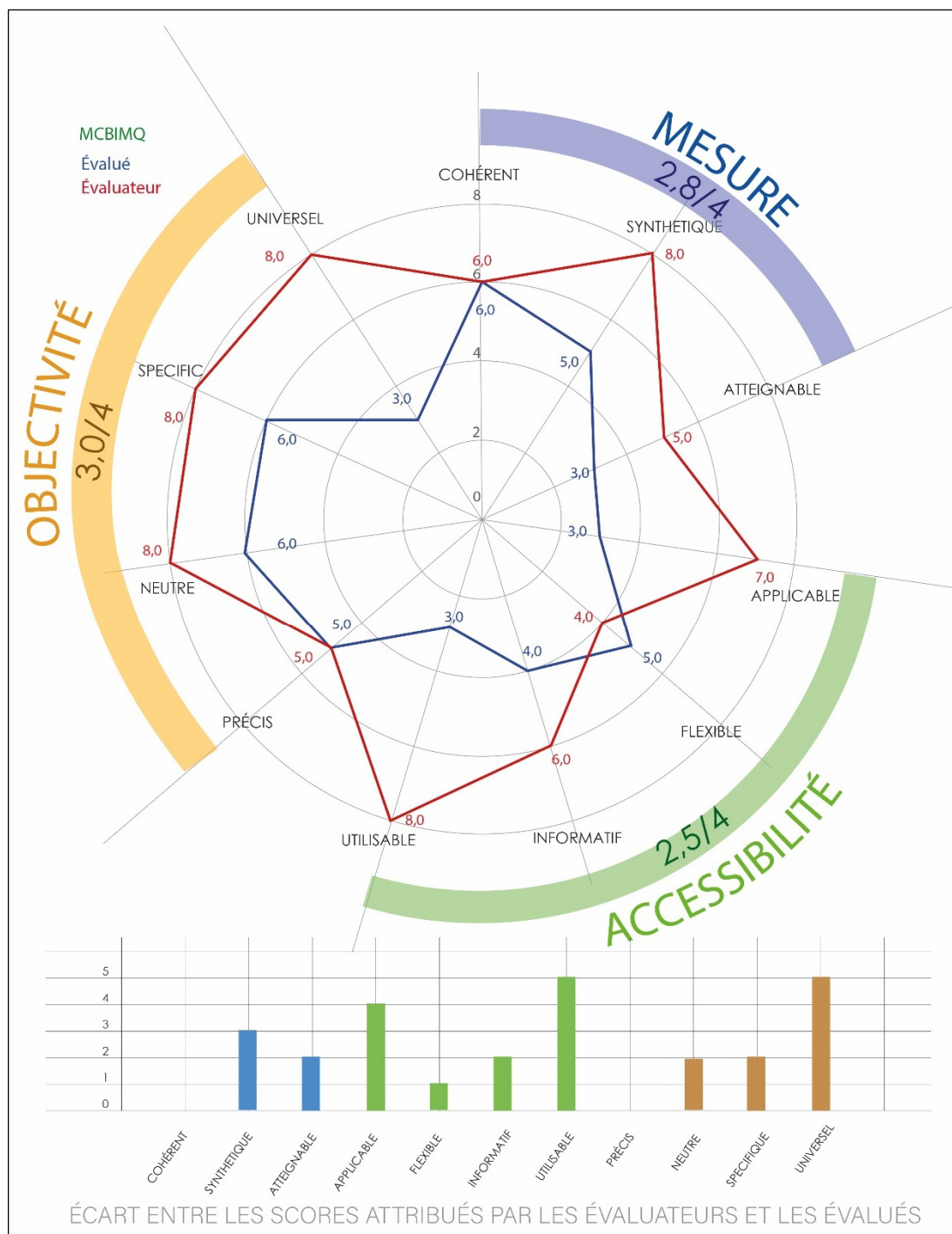


Figure 4.8 Résultats résumés du modèle MCBIMQ

4.3.4 Recommandations pour le modèle MCBIMQ

Seule la partie en auto-évaluation du modèle MCBIMQ a été prise en compte dans cette évaluation. Certaines lacunes présentées dans cette évaluation sont adressées par les autres étapes de la procédure d'évaluation du modèle. Cependant, certains points d'amélioration ressortent de l'évaluation empirique du modèle.

4.3.4.1 Accessibilité du modèle aux non-experts en BIM

D'après les résultats recueillis lors de l'évaluation empirique, le modèle reste peu accessible aux personnes non expertes en BIM. La terminologie des critères et les ressources autour du modèle n'ont pas été suffisantes pour diffuser les buts de l'évaluation aux personnes non expertes en BIM de l'organisation. Une meilleure diffusion des tenants et aboutissants de l'évaluation et une explication des termes utilisés au sein du test pourrait aider à augmenter l'utilisabilité du modèle.

4.3.4.2 Applicabilité et flexibilité du modèle pour les petites et moyennes organisations

Trois points ressortent au niveau des critères du modèle. Premièrement, le modèle inclut une grande quantité d'usages possibles du BIM. Pour certaines organisations, ces usages ne sont pas nécessaires, mais ils sont présents. Deuxièmement, certains critères demandent des investissements considérables. Troisièmement le modèle est assez en avance sur l'industrie. C'est pourquoi, le fait de pouvoir obtenir un score optimal au test semble infaisable. Classer les usages en fonction des profils des organisations pourrait aider à rendre le modèle plus atteignable.

4.3.4.3 Précision de la pré-évaluation

Les résultats issus de la pré-évaluation manquent de précision, la variation des critères est difficilement représentée dans les résultats qui sont surtout sous forme de pourcentage. Les

résultats en pourcentage sont utiles pour placer l'organisation sur une échelle au premier regard, mais moins pour comprendre les points faibles de l'organisation.

4.4 Résumé de l'évaluation empirique des modèles d'évaluation de l'intégration du BIM SCBIMMM et MCBIMQ

Malgré leurs résultats assez similaires, les modèles SCBIMMM et MCBIMQ présentent des profils différents.

Le modèle SCBIMMM permet de réaliser une enquête en profondeur au sein d'une organisation et de déceler les forces et faiblesses de celle-ci. Il intègre un aspect foncièrement humain en utilisant l'entrevue semi-dirigée comme première source d'information puis une revue de documentation pour confirmation. Au niveau de la méthodologie, tout est pris en charge par l'évaluateur qui a la responsabilité de transmettre aux évalués les buts, tenants et aboutissants de l'évaluation. La qualité de l'évaluation dépend donc fortement de l'habileté, des connaissances et des capacités de communication de l'évaluateur. Le modèle intègre aussi un outil de jugement performant, ce qui permet de présenter facilement l'information issue de l'évaluation aux commanditaires. Trois points restent à améliorer pour ce modèle. Premièrement, pour que ce modèle puisse être adopté par l'industrie il faudrait qu'il soit plus diffusé et disponible via une plateforme libre. Deuxièmement, il faudrait éprouver le modèle en le soumettant à plus d'acteurs de la construction de façon à pouvoir intégrer davantage de postes spécifiques et rendre le modèle plus adaptable aux situations moins conventionnelles. Enfin, trouver un moyen de réduire la variation des questions serait intéressant, mais pourrait réduire la souplesse de l'outil à intégrer les valeurs des évalués à l'évaluation.

Le modèle MCBIMQ est un modèle pragmatique, il est très cohérent et objectif, ce qui le rend très fiable. Ses items synthétisent de façon exhaustive les compétences nécessaires pour l'intégration du BIM et son outil de jugement à remplir directement en ligne limite fortement la variabilité dans l'administration du test. Ce modèle est construit pour être applicable à tout type d'organisation et permettre de positionner l'organisation par rapport à l'industrie, mais aussi d'identifier ses forces et faiblesses. La méthodologie partage la responsabilité de la bonne

tenue de l'évaluation entre l'évaluateur et l'évalué. C'est l'évalué qui doit faire le premier pas, s'informer sur la procédure et remplir le questionnaire de pré-évaluation du modèle. L'évaluateur n'entre en jeu qu'après, pour amener une compréhension plus avancée des informations fournies par le modèle, ce qui explique que les informations de la pré-évaluation ne représentent pas la variation de chaque critère. Deux points pourraient améliorer l'accessibilité du modèle. Améliorer la diffusion des tenants et aboutissants de l'évaluation pour les non-initiés pourrait aider leur compréhension. Puis, le fait de rendre un peu plus flexible le modèle pour les petites et moyennes organisations pourrait aussi augmenter son applicabilité.

Si le modèle SCBIMMM est un bon modèle d'introspection pour l'organisation désirant innover, le modèle MCBIMQ est plus un modèle d'analyse comparative pour l'organisation devant performer au sein de l'industrie.

4.5 Validation de l'évaluation

4.5.1 Validation de l'évaluation selon les critères fondamentaux développés par Guba et Lincoln (1989)

4.5.1.1 Crédibilité de l'évaluation

La crédibilité de l'évaluation se vérifie en relation avec les pairs, il s'agit d'une part de questionner la rigueur de l'observation réalisée sur site et la présence d'un dialogue entre les experts et la chercheuse concernant la remise en question de ses préconceptions. Et d'autre part, de s'assurer que ses données, ses interprétations ont été négociées avec les parties prenantes concernées.

Dans le cadre de cette recherche, plusieurs points peuvent permettre d'assurer la crédibilité de l'évaluation. Tout d'abord, un dialogue constant a été établi entre le Groupe BIM du Québec, commanditaire de l'évaluation, et la chercheuse. L'expertise de l'organisme concernant le

modèle MCBIMQ a pu être transmise via la participation de leur vice-président. Pour le modèle SCBIMMM, la chercheuse a pu entrer en contact avec madame Eva-Charlotte Forgues, la chercheuse ayant développé le modèle, afin d’avoir des retours concernant sa méthodologie et les tests de son modèle. Pour finir, les résultats d’évaluation des modèles ont été présentés à leurs développeurs afin qu’ils puissent questionner les conclusions et résultats.

4.5.1.2 Transférabilité du test

La transférabilité du test est assurée par le jugement des commanditaires par rapport au test. Un rapport d’évaluation détaillé a été soumis au Groupe BIM du Québec. L’organisation a été sollicitée tout au long de l’évaluation quant au développement de l’outil comme aux résultats qui découlent de l’évaluation des modèles. La transférabilité du test est donc assurée par les retours en cours de recherche du Groupe BIM du Québec.

4.5.1.3 Confiance

La confiance par rapport à l’évaluation dépend de l’avis d’un auditeur externe. Cet expert doit analyser la méthodologie et les données de la recherche afin de déterminer si celle-ci a été conduite avec rigueur. Comme évoqué plus tard au paragraphe 5.3.1.1, l’outil d’évaluation a été soumis à l’examen d’un expert du domaine.

4.5.1.4 Vérifiabilité

La vérifiabilité de l’évaluation se situe dans la traçabilité des données qui ont été utilisées pour les conduire ainsi que dans la correspondance entre ces données et l’évaluation qui en découle. La vérifiabilité de cette évaluation est assurée par sa formalisation sous forme de mémoire de maîtrise. L’évaluation a pris place dans un cadre académique strict et l’ensemble des données sont conservées pour une durée de cinq ans.

4.5.2 Critères de qualité de l'évaluation n'ayant pas de correspondance selon le paradigme positiviste

Certains critères n'ayant pas de parallèle dans le paradigme positiviste ont été remplis dans le cadre de cette recherche. D'autres n'entrent pas dans la portée de la recherche, car ils concernent plutôt les conséquences ne pouvant pas être vérifiées au moment de l'écriture de ce mémoire.

L'équité de l'évaluation des modèles est assurée par la présence pendant le processus d'évaluation des deux organisations ayant développé ces derniers. Les personnes ayant développé les deux modèles ont été contactées pendant cette recherche afin d'apporter des précisions et leur expertise à proposer des modèles d'évaluation de l'intégration du BIM. Pour ce qui est de l'évaluation des entreprises, les résultats ont été négociés avec leurs experts BIM avant d'être transmis ou présenté à leur direction afin que celles-ci représentent bien leur situation au niveau de l'intégration du BIM.

L'authenticité ontologique et l'authenticité éducative sont assurées par le fait que la compréhension de la chercheuse par rapport à la perception des modèles d'évaluation du BIM par les acteurs de l'industrie a grandement évolué. En effet, la vision qu'avait la chercheuse des modèles d'évaluation du BIM s'est étoffée au contact à la fois des développeurs et des utilisateurs. Perçus au début de cette recherche comme des artefacts utiles et logiques, il est devenu évident que ceux-ci peuvent se heurter aux réalités des défis industriels et à la perception des personnes non initiées au domaine. La vision des participants à l'évaluation a elle aussi changé au contact du monde académique et des réponses que peut apporter l'évaluation organisationnelle.

Les authenticités catalytiques et tactiques dépendent fortement des conséquences de la recherche et de l'évaluation. Étant donné l'étendue de cette recherche, ces deux points ne pourront pas être adressés dans le cadre de ce mémoire.

4.5.3 Critères pour la validité de l'outil de jugement

L'outil de jugement empirique pour les modèles d'évaluation de l'intégration du BIM au niveau organisationnel a été développé pour répondre au besoin de mettre sur un pied d'égalité des modèles d'évaluation non cumulatifs et aux bases théoriques différentes. Cette problématique représente un aspect pratique à résoudre dans un contexte industriel propice et le développement d'un outil d'évaluation empirique représente une solution pouvant la résoudre.

En parallèle, le classement des critères développés par Succar, Sher et Williams (2012) représente une contribution théorique. D'après Lukka (2000) un artéfact développé dans le cadre d'une recherche constructiviste doit répondre à deux critères de qualité :

- la pertinence et l'applicabilité;
- la coopération continue des parties prenantes au sein du projet de recherche.

L'outil d'évaluation empirique a servi à évaluer les modèles SCBIMMM et MCBIMQ permettant de déceler des points à améliorer en intégrant à la fois les avis des évalués et des évaluateurs. Les développeurs des modèles ont été en contact avec la chercheuse tout au long du processus afin de renforcer sa compréhension de ceux-ci.

CHAPITRE 5

DISCUSSION

Le principal objectif de cette recherche était de réaliser une évaluation empirique des modèles d'évaluation MCBIMQ et SCBIMMM, afin de déterminer quels critères sont importants pour l'adoption des modèles d'évaluation de l'intégration du BIM au Québec, d'offrir une validation empirique aux modèles étudiés et de proposer des améliorations pertinentes pour ces modèles. À cet effet, il était nécessaire de faire reposer l'évaluation sur des critères pertinents et théoriquement reconnus et de mettre les modèles sur un pied d'égalité malgré leurs différences et leurs bases théoriques distinctes.

Cette recherche a permis de comparer deux modèles d'évaluation du BIM ayant des bases théoriques différentes en se basant sur les mêmes critères. L'outil d'évaluation empirique des modèles d'évaluation de l'intégration du BIM est issu d'un contexte propice à la collaboration et du besoin de comparer deux modèles d'évaluation de l'intégration du BIM pour le contexte québécois. Il est basé sur les critères énoncés par Succar, Sher et Williams (2012) divisés en catégories et affinés grâce à des critères de validité et fidélité utilisés pour renforcer la qualité des tests en psychométrie. Cet outil permet d'évaluer le modèle selon sa documentation, sa méthodologie de collecte d'informations, son outil de jugement et ses résultats en intégrant l'avis des deux parties que sont les « évaluateurs » et les « évalués ».

Ce cinquième chapitre couvrira les implications et limitations de cette recherche par rapport à la littérature et aux objectifs énoncés.

5.1 Validation empirique de modèles d'évaluation du BIM

Les modèles d'évaluation du BIM manquent de validation empirique (Sebastian et Van Berlo, 2011), cette étude a permis de tester sur le terrain deux modèles d'évaluation de l'intégration du BIM et de recevoir des retours par rapport à ceux-ci. Si la validation théorique de modèles d'évaluation de l'intégration du BIM a été réalisée dans le cadre de plusieurs recherches

(Abdirad et Pishdad-Bozorgi, 2014; Chengke et al., 2016; Mom et Hsieh, 2012), l'évaluation sur le terrain du modèle est réalisée dans le cadre de son développement (Chengke et al., 2016). Les études concernant la validation empirique et l'impact de la tenue des évaluations sur la situation des organisations sont rares (Wu et al., 2018). Afin de tester leurs modèles d'évaluation, les chercheurs réalisent une ou plusieurs études de cas et/ou soumettent leur modèle à un panel d'experts afin d'en valider les critères. Dans le cadre du développement du modèle « BIM Quick Scan » Sebastian et Van Berlo (2011) soumettent deux fois leur modèle à un panel d'experts qui examinent sa structure, ses items et sa méthodologie dans le cadre de revues et d'ateliers de travail visant à proposer des améliorations. Ensuite, les chercheurs ont réalisé deux études de cas, la première sur un cas fictif et la seconde sur un cas réel. Ces vérifications et cette évaluation pratique ont permis de valider la cohérence du modèle par rapport à ses résultats, car pour une même organisation, 80% des répondants ont obtenu le même score. Toutefois, parmi les 20% restants, certaines variations étaient dues au manque de pertinence de certains critères. Les chercheurs ont aussi recueilli des retours quant à l'impact de l'évaluation sur la situation de l'organisation.

Ces retours comptent pour une seule organisation présentant des attentes et des besoins uniques à sa situation quant à l'intégration du BIM. Des organisations présentant des niveaux d'intégration du BIM, taille, secteurs d'activité différents peuvent avoir des avis divergents. L'évaluation empirique, par un intervenant extérieur et selon une méthode standard pour chaque modèle vient compléter les évaluations réalisées par les chercheurs lors du développement du modèle en offrant le point de vue d'autres organisations, mais aussi d'autres évaluateurs extérieurs au développement du modèle et devant l'étudier et le comprendre avant de pouvoir l'appliquer.

Précédemment à cette recherche, les indicateurs du modèle SCBIMMM ont été validés par un panel d'experts et le modèle en lui-même a été comparé aux critères énoncés par Succar, Sher et Williams (2012). Dans la démonstration de la chercheuse l'ayant développé, ce modèle remplit huit des onze critères. L'évaluation empirique de ce modèle a permis de le confronter à des cas réels, mais aussi aux attentes et aux besoins des organisations en matière d'évaluation.

L'utilisation d'items venant affiner les critères de qualité du modèle d'évaluation du BIM a permis une description plus détaillée des forces et des faiblesses de ce modèle. De plus, compléter l'évaluation par l'avis d'un évaluateur ayant un regard extérieur en plus de l'avis des évalués permet de déceler des problématiques qui ne sont visibles que sur le terrain.

Le modèle MCBIMQ se repose quant à lui sur une évaluation et une amélioration continue du modèle au contact de l'industrie québécoise afin de rester en adéquation avec celle-ci. Depuis sa publication, le modèle de compétences a permis d'évaluer de nombreuses organisations et les retours, et les défis rencontrés ont permis d'améliorer les items du modèle, comme sa méthodologie. Confronter le modèle à son environnement industriel afin de l'améliorer est un processus continu pour le Groupe BIM du Québec qui l'a développé. La part intéressante de son étude de cas était donc de confronter ce modèle à un point de vue extérieur à celui de ses développeurs. Ceci a permis d'amener d'autres pistes d'amélioration en apportant une évaluation empirique plus formelle.

Pour les deux modèles d'évaluation, ces études de cas ont permis de prouver, dans un cadre de recherche extérieur à leur développement, qu'ils étaient aptes à remplir pour les différentes parties prenantes les buts fixés dans leur intention. Chaque modèle évalué sur le terrain correspond majoritairement aux critères établis par Succar, Sher et Williams (2012).

5.2 Évaluation grâce à l'outil d'évaluation empirique

Afin de réaliser une évaluation empirique pertinente et rigoureuse des modèles d'évaluation, l'un des défis de cette recherche a été de mettre en place un cadre d'évaluation qui soit précis et qui possède un ancrage théorique pertinent, mais qui puisse aussi être assez inclusif pour évaluer deux modèles aux bases théoriques, méthodologies et résultats différents.

Pour leur évaluation de modèles d'évaluation de l'intégration du BIM, Chengke et al. (2016) se sont concentrés sur les modèles de maturité. Ils ont donc pu comparer le champ d'application des différents modèles et les principaux aspects évalués par ceux-ci d'une part, et d'autre part,

leur méthodologie selon cinq critères que sont la facilité d'usage, la portée de l'évaluation, la flexibilité, la validation et l'optimisation du modèle et enfin, la faculté à établir une analyse comparative. Dans le cas où les modèles à évaluer possèdent des bases théoriques différentes, les évaluer selon les mêmes critères devient plus complexe. Kassem et al. (2020) utilisent majoritairement les mêmes critères pour évaluer les outils de maturité BIM et les outils d'évaluation du bénéfice BIM. Toutefois, les cartes d'information sont différentes et les critères utilisés pour les outils d'évaluation du bénéfice BIM sont moins détaillés que les critères utilisés pour les modèles d'évaluation.

Dans le cadre de cette recherche, les critères développés par Succar, Sher et Williams (2012) ont été choisis, car ils sont à la fois assez complets et inclusifs pour évaluer des modèles aux bases théoriques différentes. Comme expliqué au paragraphe 1.11.3 de la revue de littérature, ils permettent d'inclure les critères utilisés par les chercheurs ayant réalisé des recherches concernant l'évaluation des modèles. De plus, ils sont aussi utilisés par les chercheurs pour réaliser une pré-évaluation de leurs modèles lors du développement, c'est notamment le cas de Forgues (2017) et de Sebastian et Van Berlo (2011). Toutefois, si ces 11 critères permettent une évaluation large et inclusive des modèles, ils manquent de granularité pour l'évaluation des modèles dans le cadre d'une étude de cas.

Le BIM est un domaine multidimensionnel et complexe (Miettinen et Paavola, 2014) qui doit être intégré dans un contexte en transition impliquant des aspects technologiques procéduraux et humains. Dans le domaine de l'évaluation, les notions de validité et de fidélité psychométrique permettent de vérifier qu'un test, indépendamment de son domaine ou de ses bases théoriques évalue le construit pour lequel il a été développé de façon fiable, qu'il permet d'obtenir des résultats représentatifs de ce qu'il évalue et enfin, qu'il a les conséquences attendues par ses développeurs. Les facteurs desquels dépendent la validité et la fidélité en psychométrie ont été utilisés dans le cadre de cette recherche pour affiner les critères d'évaluation des modèles d'évaluation du BIM.

Amener les deux modèles à leurs derniers dénominateurs communs, c'est-à-dire à un test permettant d'évaluer un construit complexe dans un contexte spécifique et mené par des aspects humains et technologiques, a permis de les évaluer selon les mêmes critères sans avoir à adapter l'évaluation à chaque type de modèle. Cette évaluation empirique des modèles repose sur des principes différents des évaluations présentes dans la littérature. Dans le cadre de cette recherche, ce ne sont pas les modèles en eux-mêmes qui sont comparés, car cela reviendrait à confronter des mesures que l'on ne peut pas convertir, mais plutôt leur utilité dans le cadre de leur contexte et la perception qu'en ont leurs utilisateurs.

La mise en place d'un outil d'évaluation empirique des modèles d'évaluation du BIM a permis de rationaliser les retours que nous pouvions obtenir de la part des professionnels et aussi de cadrer les retours de l'évaluateur afin d'obtenir des résultats pouvant être comparés et amenant des informations sur le fonctionnement du modèle par rapport à son contexte.

5.3 Résultats de l'évaluation des modèles d'évaluation de l'intégration du BIM

L'outil d'évaluation empirique a été développé spécifiquement pour réaliser l'évaluation des modèles SCBIMMM et MCBIMQ. Grâce à la tenue de l'évaluation de la maturité BIM et des compétences BIM de deux organisations lors de cette recherche, mais aussi grâce à une entreprise ayant participé aux deux types d'évaluation, nous avons pu étudier les modèles sur le terrain et obtenir des avis quant à leurs conséquences.

Si les résultats des deux modèles semblent similaires au premier abord, il a été intéressant de pouvoir comparer les avis de l'évaluateur et des évalués pour chaque modèle, mais aussi de comparer les avis des évalués et les avis des évaluateurs pour les deux modèles. Comparer les avis des évaluateurs et des évalués pour un même modèle a permis de déceler que ceux-ci pouvaient être contradictoires. Il était donc important que l'avis des deux parties soit pris en compte, surtout dans un système où les évaluateurs proposent les modèles, mais où les évaluations sont réalisées sur la base du volontariat des organisations.

Comparer les résultats évalués pour les deux modèles nous a permis de remettre en question quelques préconceptions concernant les facteurs d'adoption d'un modèle d'évaluation par les organisations. Par exemple, le modèle MCBIMQ a été perçu par les évalués comme moins applicable que le modèle SCBIMMM. Cependant, la première partie de l'évaluation des compétences semble moins exigeante pour les évalués, car elle est réalisée en ligne selon l'horaire qui convient aux évalués et ne nécessite pas d'accueillir une personne extérieure à l'entreprise. Ou encore, le fait que malgré leur capacité à fournir de l'information pertinente et l'observation que les ressources mises en œuvre pour la tenue des évaluations soient pour eux justifiées ou non, les évalués ont admis que pour eux, les deux modèles demandent un effort pour les comprendre et les maîtriser, ils ne possèdent pas une faible barrière d'adoption.

La comparaison des avis de l'évaluateur pour les deux modèles a été moins tranchée, les deux modèles ayant des bases théoriques fortes, ils convenaient tous deux à la plupart des critères de l'outil d'évaluation empirique.

Les modèles SCBIMMM et MCBIMQ spécifiques au Québec n'ont pas été évalués par des intervenants extérieurs lors de précédentes recherches. Toutefois, les modèles desquels ils sont issus ont été revus par Kassem et al. (2020).

Dans le rapport *Building Information Modelling: Evaluating Tools for Maturity and Benefits Measurement (2020)*, le modèle BIM excellence sur lequel est basé le modèle de compétences MCBIMQ est évalué selon les critères exposés au paragraphe 1.11.3. Les chercheurs relèvent alors deux points. Le premier est la grande flexibilité du modèle et le fait que celui-ci soit difficile à évaluer selon les autres critères de qualité que sont la précision, l'applicabilité des mesures, l'atteignabilité et la progression logique, la neutralité et l'utilité des résultats. Le second point est que le modèle reçoit cependant un très bon score quant à son utilisabilité. Dans le cadre de cette recherche, l'utilisabilité pourrait être ramenée à l'ergonomie du modèle. Tout comme son parent, le modèle de compétences MCBIMQ possède un bon score d'ergonomie, celui-ci est plus élevé cependant pour les évaluateurs que pour les évalués.

Le modèle OBIMA, duquel est issu le modèle de maturité SCBIMMM est lui aussi revu au sein du rapport *Building Information Modelling: Evaluating Tools for Maturity and Benefits Measurement (2020)*. Les chercheurs y décrivent un modèle cohérent et neutre, mais pouvant atteindre un score haut même si certains aspects cruciaux n'ont pas été remplis par l'organisation. Le modèle SCBIMMM quant à lui se départit de cette faiblesse en présentant un rapport détaillé aux évalués permettant de déceler les points d'amélioration nécessaires à une intégration cohérente du BIM aux pratiques de l'organisation.

5.4 Revue par les pairs

L'outil de jugement utilisé pour évaluer les modèles d'évaluation du BIM a été examiné dans le cadre d'une revue par les pairs. Un expert en modèles d'évaluation du BIM n'ayant pas participé au projet a été contacté afin de transmettre son expérience concernant la méthode d'évaluation. Cette revue a consisté en une présentation de vingt minutes en vidéo-conférence, suivie d'un atelier de travail en collaboration pendant lequel la chercheuse a eu l'occasion de préciser sa démarche concernant l'évaluation empirique de modèles d'évaluation du BIM.

L'outil d'évaluation a été présenté à Monsieur Succar, PhD, expert international en modèles d'évaluation du BIM depuis maintenant dix ans. Ayant mis en place plusieurs modèles d'évaluation du BIM dont un modèle de compétences, le BIM excellence en 2018 et un modèle de maturité le BIM Maturity Matrix en 2012, il exerce maintenant en tant que conférencier à l'Université de Newcastle, en tant que chercheur et expert en évaluation de la performance en BIM.

5.5 Avis d'expert et changements à apporter à l'outil de jugement

Lors de la présentation, plusieurs points ont été soulevés concernant la validité de l'outil de jugement mis en place.

5.5.1 Processus de développement de l'outil

L'outil d'évaluation empirique est basé sur trois schèmes qui forment la structure sur laquelle viennent ensuite s'établir les items, l'outil de jugement et la méthodologie. Il s'agit de :

- la structure des modèles d'évaluation du BIM tels que nous la concevons;
- la classification des critères de qualité des modèles d'évaluation du BIM développés par Succar, Sher et Williams (2012) à l'aide du cadre d'Aubret et Gilbert (2003);
- l'association des critères de qualité des modèles d'évaluation du BIM et des critères influençant les différents types de validités et fidélité psychométriques.

Ces points ont été validés lors de la présentation. Monsieur Succar, est le premier auteur de l'article « *Measuring BIM performance: Five metrics* » duquel sont issus les critères de qualité du modèle d'évaluation du BIM. Il a pu transmettre son expertise quant à la classification des critères en trois catégories (mesure, applicabilité et objectivité) et aussi quant à l'association des critères aux concepts de validité et de fidélité des tests issus des sciences sociales.

Un point a été soulevé concernant l'évaluation des modèles selon onze critères de qualité. En effet, évaluer des modèles par rapport à autant de critères dans le temps imparti limite la profondeur de l'évaluation et ne donne qu'une vision générale et de haut niveau de l'adéquation du modèle par rapport au contexte. Elle ne permet pas une analyse approfondie du modèle pour chaque critère.

5.5.2 Méthodologie, items et résultats

La méthodologie mise en place pour l'évaluation des modèles SCBIMMM et MCBIMQ a été validée telle que décrite au paragraphe 4.1. Notamment le fait de recueillir l'avis des évalués et des évaluateurs afin de confronter les deux visions du modèle. Il a toutefois été remarqué que les items n'étaient pas présentés directement comme des éléments positifs pouvant améliorer la validité et la fidélité du modèle d'évaluation du BIM. Ce manque de précision pouvant porter à confusion.

Concernant l'outil de jugement utilisé l'échelle de Likert a été validée. Toutefois, la présence de coefficients pour régler l'impact des critères ou des catégories de critères dans les résultats finaux a été questionnée. Ces coefficients sont peu intégrés aux mécanismes de l'outil et ne sont pas non plus utilisés au cours de l'étude de cas. De plus, leur usage dans le cadre d'une évaluation future pourrait potentiellement fausser les résultats. Il s'agit d'un ajout superflu.

Concernant les résultats, comme évoqués au paragraphe 5.5.1 précédent, l'évaluation du modèle d'évaluation du BIM selon onze critères reste très générale. Évaluer les modèles en se basant sur moins de critères pourrait permettre de réaliser une évaluation plus complète de chacun. Toutefois, il est intéressant de pouvoir comparer les points de vue des évalués et des évaluateurs notamment via les graphiques produits.

Une autre remarque a été que ces résultats sont contextuellement ancrés. En effet, ils représentent les points de vue des évaluateurs et des évalués à un moment donné et pour un contexte industriel particulier. La même évaluation menée à un autre moment dans le même contexte industriel ou au même moment pour un contexte industriel différent donnerait des résultats totalement autres. Cette particularité fait aussi la force de l'outil d'évaluation puisque dans les évaluations des modèles d'évaluation du BIM précédemment réalisées, le contexte était rarement pris en compte au profit d'une évaluation plus formelle des critères, items et normes utilisés par les modèles.

5.5.3 Remarques générales

Plusieurs points concernant l'entièreté de l'outil ont été soulevés. Le premier concernait la terminologie. Des termes tels que « Tests » et « Évaluation » ou encore « Intégration », « Implantation » et « Implémentation » peuvent sembler interchangeables toutefois, il est essentiel de les définir afin de partir sur des bases et une compréhension commune. Un second point concernait les limitations d'usage de l'outil qui n'avaient pas été clairement définies. C'est-à-dire à quels types de modèles d'évaluation du BIM, cet outil peut-il être appliqué et

dans quelles situations. Afin de mieux cibler les limites de cet outil d'évaluation, de futures recherches sont nécessaires.

Enfin, une dernière remarque concernait les limitations de la recherche. En effet, le faible nombre de répondants et le manque de diversité des organisations participantes limitent les conclusions quant aux modèles testés.

5.6 Limitations de la recherche

Les principales limitations de cette recherche concernent l'échantillonnage des répondants. Les modèles d'évaluation n'ont pu être testés que sur deux types d'organisation et les rétroactions de la part des évalués ont été limitées. Tester les modèles en réalisant une évaluation chez d'autres types d'organisations aurait pu permettre d'affiner leur évaluation quant à leur applicabilité à toute la chaîne d'approvisionnement de la construction. Une plus grande participation au remplissage du formulaire de rétroaction aurait pu permettre d'obtenir des avis plus contrastés et d'obtenir une vision plus globale des évalués à propos des modèles. Enfin, dans le cadre de cette recherche la chercheuse se place en tant qu'évaluatrice des modèles et remplit le formulaire de rétroaction de l'évaluateur, un seul avis d'évaluateur est donc intégré à l'évaluation empirique. Intégrer un ou plusieurs évaluateurs externes aurait pu permettre d'avoir une vision moins académique des processus d'évaluation.

5.7 Limitations de l'outil d'évaluation empirique

L'outil de jugement développé pour l'évaluation empirique de modèle d'évaluation du BIM est un outil servant à rationaliser la fiabilité et la validité de ces mesures par rapport à au contexte dans lequel elles seront utilisées. Cependant, dans le cadre de cette recherche, cet outil n'a pas subi de test exhaustif concernant sa propre validité et fiabilité. Bien qu'il ait été examiné par les pairs, il n'a pas encore fait l'objet d'un test re-test ou encore d'un test inter-juges visant à prouver sa fidélité. D'autre part, cet outil de jugement n'a été testé que sur deux types de modèles d'évaluation de l'intégration du BIM. Pour son développement, il aurait été intéressant de l'utiliser sur des modèles de types coûts-bénéfices par exemple ou *Key*

Performance Indicators (KPI) qui, bien qu'ils soient plus rares, restent des outils pouvant être pertinents pour une situation donnée. D'autre part, si l'outil de jugement a été entièrement testé pour deux types d'organisations faisant partie de la chaîne d'approvisionnement du bâtiment (architectes, entrepreneurs sous-traitants), il n'a pas été testé sur d'autres types d'intervenants. En effet, étant donné la portée de la recherche, il était difficile d'étendre les tests à un maximum d'intervenants.

5.8 Limitations du processus d'évaluation

L'évaluation des modèles s'est tenue sur une période de temps limitée. Cette évaluation s'est déroulée en quatre phases. La première était l'évaluation des partenaires en entreprise, la seconde portait sur le développement de l'outil d'évaluation empirique, la troisième consistait à envoyer les formulaires de rétroaction et la dernière était une période d'analyse des résultats. Malheureusement, l'entièreté du processus du modèle MCBIMQ n'a pas pu être évaluée dans le temps imparti. Seule la pré-évaluation du modèle a été réalisée par le répondant. Autre élément à souligner, le modèle SCBIMMM a été revu par deux évalués, tandis qu'un seul résultat nous est parvenu pour le modèle MCBIMQ. D'autres avis concernant les deux modèles auraient pu permettre d'affiner les résultats présentés.

CONCLUSION

L'implantation du BIM au niveau organisationnel est un processus complexe qui se heurte souvent aux réalités des organisations et de l'industrie. Afin de guider cette implantation, de fournir une base de connaissances et de bonnes pratiques, de nombreux modèles d'évaluation de l'implantation du BIM ont été développés. Ces modèles possèdent des bases théoriques différentes, sont non cumulables et manquent souvent de validation empirique. Ils répondent cependant au besoin manifeste des organisations d'obtenir une direction claire quant à la mise en œuvre des technologies, des processus et des politiques BIM. Chacun de ces modèles répond donc à un contexte et à un besoin précis tout en ayant pour but de devenir un standard au sein de l'industrie.

Cette recherche est issue d'une opportunité, d'une situation industrielle unique et de la collaboration des axes académiques, industriels et organisationnels. La collaboration entre le Groupe de recherche en intégration du développement durable (GRIDD), le Groupe BIM du Québec et trois partenaires industriels a permis la réalisation d'un cadre et d'un outil d'évaluation empirique pour les modèles d'évaluation de l'application du BIM au niveau organisationnel SCBIMMM et MCBIMQ. Dans le cadre de l'initiative ICQ 4.0, ces deux modèles développés au Québec ont été mis au banc d'essai pour l'application au contexte québécois. Tous deux évaluent au niveau organisationnel pour tout type d'intervenants de la chaîne d'approvisionnement de la construction et ont été développés dans le but de devenir des standards pour l'industrie québécoise. Le SCBIMMM et le MCBIMQ ont cependant des bases théoriques différentes, le premier étant un modèle de maturité et le second un modèle de compétences, il est particulièrement difficile de comparer leur structure interne.

Cette recherche s'inscrit dans un contexte unique et apporte plusieurs contributions à la théorie. Tout d'abord, elle offre une nouvelle perspective quant au diagnostic des modèles d'évaluation de l'intégration du BIM. L'évaluation empirique des modèles pourrait permettre aux chercheurs de faire valider leurs modèles d'évaluation par une source extérieure et aux

institutions de faire le choix éclairé d'un modèle d'évaluation de l'intégration du BIM performant non pas théoriquement, mais spécifiquement pour leur situation. Ensuite, par le développement d'un outil d'évaluation associant des valeurs inhérentes au domaine de l'évaluation du BIM et des concepts issus des sciences sociales. Puis, en permettant une validation des modèles SCBIMMM et MCBIMQ hors de leur développement incluant des chercheurs extérieurs au développement du modèle et dans le cadre d'une démarche scientifique. Et enfin, en développant des concepts de validation appliqués à la recherche en technologie de l'information et en construction.

Elle apporte aussi une contribution à la pratique en fournissant des suggestions d'amélioration pour les modèles évalués qui pourront être prises en compte par les développeurs de ces modèles.

L'objectif principal de cette recherche était de créer un cadre d'évaluation permettant d'examiner des modèles aux bases théoriques différentes. Cet objectif a été rempli avec le développement de l'outil d'évaluation empirique. Le second objectif était de déterminer les critères permettant d'augmenter la fiabilité et la validité d'un modèle d'évaluation du BIM au sein de l'industrie. Si plusieurs facteurs ont été dégagés grâce à cette recherche, cet objectif n'a cependant pas été rempli. En effet, de nombreux facteurs influent sur la qualité d'un modèle d'évaluation. Étudier uniquement deux modèles d'évaluation de l'application du BIM n'a pas permis de tous les déceler. Une étude de plus grande envergure serait nécessaire à la fois sur les modèles en usage actuellement et sur des modèles peu utilisés pour déterminer ce qui rend un modèle d'évaluation attrayant pour l'industrie. Le troisième objectif concernait la proposition d'améliorations pour les deux modèles étudiés. Cet objectif est partiellement rempli, car des améliorations ont été proposées pour les deux modèles. Toutefois, seule la partie pré-évaluation du modèle MCBIMQ a été évaluée et les organisations n'ont pas souhaité participer à la partie « Focus group » du modèle SCBIMMM. Étudier ces parties de l'évaluation aurait permis une revue plus complète des modèles et des propositions d'amélioration supplémentaires. Les modèles ont cependant bénéficié d'une validation empirique puisqu'ils ont été appliqués dans le cadre d'un projet de recherche extérieur à leur

développement. Enfin, le dernier objectif de cette recherche était d'ouvrir la réflexion quant à un système d'évaluation du BIM standardisé. Celui-ci a été partiellement rempli comme expliqué aux prochains paragraphes.

Lors de cette recherche, nous avons pu remarquer que l'adoption des modèles dépend grandement de leur utilité pour leurs utilisateurs. Ainsi, pour qu'un modèle soit utile il doit répondre aux besoins des deux parties, évaluateur et évalués, en matière de qualité de la mesure, de l'applicabilité et de l'objectivité. Les besoins des utilisateurs dépendent majoritairement de leur contexte industriel et de leur domaine d'activité. C'est pourquoi développer un modèle d'évaluation qui puisse être un standard international est un défi considérable. Ce modèle devra être assez documenté et dense pour répondre aux besoins d'un maximum d'utilisateurs, mais aussi assez ergonomique pour être compris et utilisable par tous ceux pour lesquels les développeurs l'ont créé. Pour ce faire, le modèle standard doit avoir une grande flexibilité, c'est d'ailleurs l'objectif visé par les chercheurs ayant développé le modèle BIM excellence. Ce modèle est très flexible, de façon à pouvoir répondre aux besoins du plus grand nombre d'utilisateurs, sans réduire la pertinence de ses critères par rapport à la situation de chaque organisation. C'est finalement une partie différente de celui-ci qui est présenté aux différents évalués et ce, même si l'évaluation est conduite sur les mêmes bases, en suivant la même méthode.

Ce que nous pouvons retenir de cette réflexion est que l'évaluation empirique peut permettre d'adapter les modèles aux besoins de leurs utilisateurs. Toutefois, ces besoins, dans le domaine du BIM sont vastes et diffèrent d'une organisation à l'autre et d'une industrie à l'autre. Le contexte dans lequel les processus et les technologies BIM sont implantées évolue tant et si bien qu'un outil d'évaluation du BIM pourra difficilement devenir un standard. Toutefois, une méthode, flexible et évolutive, pouvant s'adapter à un contexte et s'enrichir à son contact pourrait être une option.

La recherche-action se compose d'une succession de cycles composés des phases de diagnostic, de planification, d'actions, d'évaluation et de formalisation des apprentissages. D'après Liu

(1997) ce type de recherche peut être réalisée en continu de façon à affiner la connaissance d'un domaine. C'est pourquoi les prochaines recherches pourraient concerner l'amélioration de l'outil d'évaluation développé, notamment grâce aux points soulevés lors de la validation. Il reste à définir les limitations de cet outil et à développer un cadre d'utilisation. Aussi, cette recherche possède de nombreuses limitations notamment à cause du nombre de répondants du nombre de modèles testés. Les prochaines recherches pourraient donc concerner les tests d'autres types de modèles d'évaluation de l'intégration du BIM ou encore les conséquences de l'utilisation de l'outil d'évaluation empirique des modèles d'évaluation de l'intégration du BIM.

ANNEXE I

RAPPORT : ÉVALUATION EMPIRIQUE DE MODÈLES D'ÉVALUATION DU BIM



ÉVALUATION DES MODÈLES D'ÉVALUATION DE
L'INTÉGRATION DU BIM MCBIMQ ET SCBIMMM

RAPPORT D'ÉVALUATION

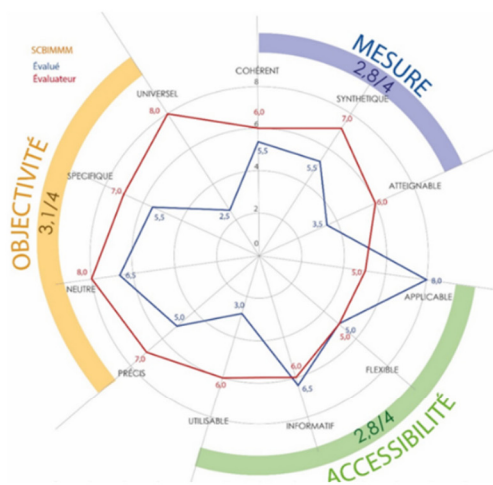
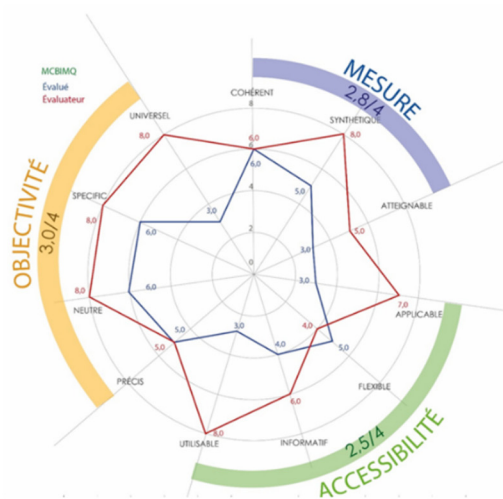


JUIL 2020 // EMMANUELLE NONIRIT

AUTEUR // EMMANUELLE NONIRIT
DIRECTEUR DE MÉMOIRE // DANIEL FORGUES
CO-DIRECTEUR DE MÉMOIRE // ÉRIK POIRIER

REMERCIEMENTS À

MITACS ACCÉLÉRATION
SÉBASTIEN FRENETTE
GENEVIÈVE CONTANT
SOUHA TAHRANI



SOMMAIRE EXÉCUTIF

Suite à une collaboration entre le Groupe BIM du Québec et le Groupe de recherche en intégration et développement durable et en environnement bâti, deux modèles d'évaluation du BIM au niveau organisationnel ont fait l'objet d'une étude de cas visant à valider leur pertinence par rapport au contexte industriel Québécois. Le modèle de compétence BIM MCBIMQ et le modèle de maturité BIM SCBIMMM, sont des modèles équilibrés et présentant des bases théoriques solides.

Le modèle SCBIMMM permet de réaliser une enquête en profondeur au sein d'une organisation. Il présente un aspect très humain qui fait partie de ses points forts. Afin de rendre ce modèle plus accessible, il serait pertinent d'améliorer sa diffusion et d'intégrer à ses questionnaires d'entrevues plus de corps de métiers.

Le modèle MCBIMQ est un modèle très pragmatique, cohérent et objectif. L'outil en ligne limite beaucoup la variabilité de l'évaluation ce qui augmente sa cohérence. Deux points pourraient améliorer l'accessibilité du modèle. Une meilleure diffusion des tenants et aboutissants de l'évaluation aux non experts en BIM et une amélioration de la flexibilité du modèle pour les petites et moyennes organisations.

CONTENU

1. Introduction
2. Outil d'évaluation empirique
 - a. Développement
 - b. Procédure d'évaluation
3. Évaluation du modèle de maturité SCBIMMM
 - a. Avis de l'évaluateur
 - b. Avis de l'évalué
 - c. Recommandations
4. Évaluation du modèle compétences MCBIMQ
 - a. Avis de l'évaluateur
 - b. Avis de l'évalué
 - c. Recommandations
5. Résumé

INTRODUCTION

L'intégration de la modélisation des données bâtiment (BIM) est en cours et encouragée au sein de l'industrie de la construction québécoise. Dans le cadre de l'initiative ICQ 4.0 visant à accroître la productivité de cette industrie par la transition numérique, deux modèles d'évaluation de l'intégration du BIM au niveau organisationnel ont été pressenti afin de mesurer et guider les progrès des organisations dans le domaine.

Le modèle MCBIMQ (Modèle de compétence BIM du Québec) a été développé par le Groupe BIM du Québec en 2018. Il est basé sur le modèle de compétences BIM excellence développé par le docteur Bilal Succar la même année. Le modèle SCBIMMM (Supply Chain BIM Maturity Matrix) est un modèle de maturité développé en 2017 par Éva-Charlotte Forgues dans le cadre de la chaire de recherche sur l'intégration des nouvelles technologies en construction. Ces deux modèles aux bases théoriques différentes s'appliquent à toute la chaîne d'approvisionnement de la construction et évaluent au niveau organisationnel.

Afin de les confronter au contexte de l'industrie Québécoise, de formuler des pistes d'amélioration et de mieux comprendre les facteurs facilitant l'adoption d'un modèle d'évaluation de l'intégration du BIM, ces deux modèles ont été testés sur le terrain et soumis à une évaluation empirique intégrant les avis des évalués et des évaluateurs.

Cette évaluation a pris place entre Février 2019 et Juin 2020 et a nécessité la collaboration du Groupe de Recherche en Intégration du Développement Durable ainsi que des entreprises TBC, Provencher_Roy Architectes Associée et Aedifica qui ont gracieusement offert leur participation en tant que cas d'études pour l'évaluation des modèles.

Le rapport suivant présente les résultats de cette évaluation ainsi que les observations qui en découlent.

OUTIL D'ÉVALUATION EMPIRIQUE

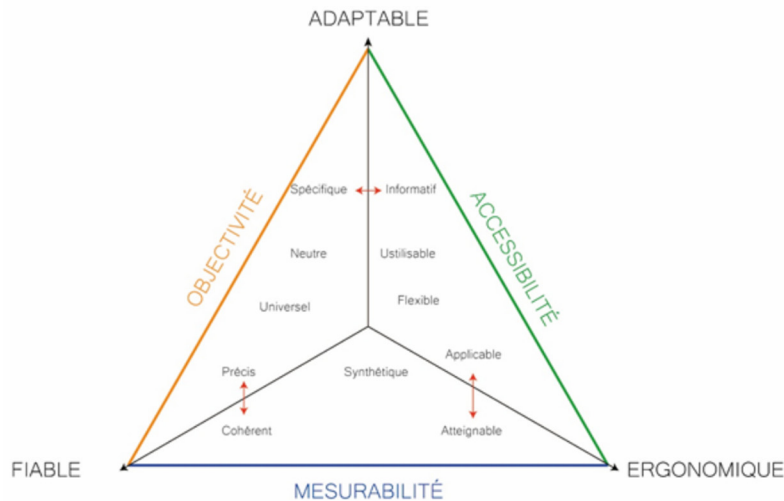
Développement

Afin de mettre les modèles sur un pied d'égalité et de les évaluer selon les mêmes critères malgré leur différence de base théorique, un outil d'évaluation empirique des modèles d'évaluation de l'intégration du BIM au niveau organisationnel a été développé. Cet outil évalue la qualité de la mesure, la pertinence de la méthodologie et l'objectivité du modèle en intégrant les avis à la fois des évaluateurs et des évalués.

Basé sur les critères de qualité du modèle d'évaluation du BIM énoncés par Succar, Sheer et Williams (2012), l'outil d'évaluation empirique permet d'évaluer selon 11 critères :

- La cohérence
- La capacité de synthèse
- L'atteignabilité des critères d'évaluation
- L'applicabilité du modèle
- La flexibilité
- L'informativité
- L'utilisabilité
- La précision
- La neutralité
- La spécificité
- L'universalité

Ces critères sont divisés en trois catégories selon leurs objectifs. La première catégorie réunissant les critères cohérent, synthétique, et atteignable sert à s'assurer de la qualité de la mesure. La seconde catégorie réunit les critères informatif, utilisable, flexible et applicable et sert à vérifier l'accessibilité du modèle et de sa méthodologie et enfin la troisième catégorie contenant les critères neutre, précis, spécifique et universel sert à s'assurer de l'objectivité du modèle. Ces catégories sont combinées pour évaluer des caractéristiques plus générales du modèle que sont la fiabilité, l'ergonomie et l'adaptabilité.



Chaque critère est détaillé en quatre items permettant d'évaluer le modèle. Ces items sont divisés à parts égales entre évaluateur et évalué donnant lieu à deux questionnaires à échelle de Likert de 22 questions chaque permettant d'apprécier chaque item sur une échelle à cinq options allant de "non" à "parfaitement".

Chaque option de l'échelle de Likert est ensuite pondérée de 0 à 4 de façon à donner un score à chaque item. La moyenne des items est réalisée pour obtenir le score de chaque critère puis la moyenne des critères donne le score de chaque catégorie. Pour les caractères du modèle, c'est-à-dire la fiabilité, l'ergonomie et l'adaptabilité, c'est la combinaison des moyennes des deux catégories adjacentes qui est considérée.

Procédure d'évaluation

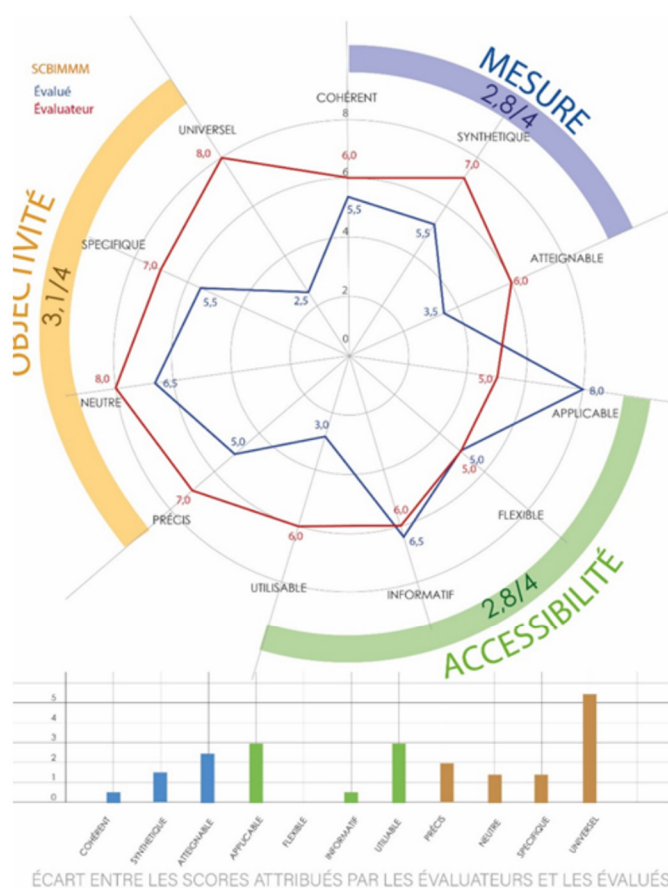
L'évaluation des modèles a pris place en quatre étapes;

- **La sélection des partenaires :** Trois entreprises ont accepté de participer à cette évaluation en réalisant leur évaluation de la maturité et des compétences BIM.
- **L'évaluation de la maturité et des compétences des partenaires :** Les évaluations de la maturité et des compétences se sont déroulées en parallèle pour deux des partenaires, la troisième organisation partenaire avait déjà été évaluée selon les deux modèles et avait donc plus de recul concernant les conséquences du processus sur sa pratique.
- **Les retours des partenaires et de l'évaluateur :** Les retours ont été réalisés via des formulaires en ligne. L'évaluateur a aussi pu fournir des commentaires détaillés en plus de l'évaluation selon l'échelle de Likert.
- **L'évaluation des modèles et l'analyse des résultats :** Une fois entrés dans la matrice d'évaluation, les résultats ont été analysés de façon à faire ressortir les divergences d'opinion entre les évaluateurs et les évalués et de façon à comparer les résultats des modèles

ÉVALUATION DU MODÈLE DE MATURITÉ SCBIMMM

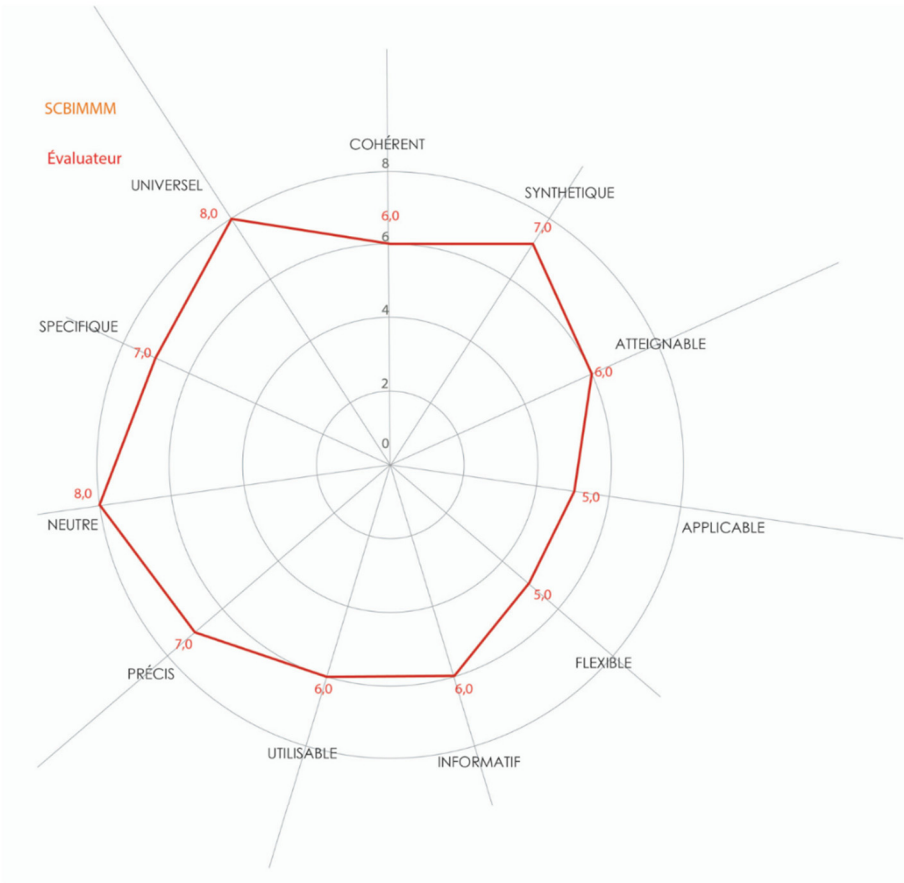
Globalement, le modèle SCBIMMM est modèle équilibré. Son point fort est l'objectivité alors que sa mesure et son accessibilité ont des scores similaires.

Les prochaines sections traitent des résultats du modèle SCBIMMM du point de vue de l'évaluateur puis du point de vue de l'évalué avant de donner quelques recommandations pour l'amélioration de ce modèle d'évaluation de la maturité BIM.



Résultats du modèle SCBIMMM : Évaluateur

Du point de vue de l'évaluateur, le modèle SCBIMMM remplit sa fonction. Il s'agit d'un modèle équilibré dont les points forts se situent au niveau de l'objectivité. Les points les plus faibles sont l'applicabilité et la flexibilité du modèle même si aucun critère n'est évalué au dessous de la moyenne.



Qualité de la mesure

Le modèle utilise comme outil de jugement une grille d'évaluation descriptive. Dans la situation de l'évaluation de l'intégration du BIM, il s'agit d'un outil fonctionnel et efficace. Les informations à propos de la situation de l'organisation sont récoltées par le biais des entrevues semi-dirigées et vérifiées lors d'une revue de documentation ce qui permet de s'assurer de leur véracité. Les items que présente le modèle quant à eux sont légèrement avancés par rapport aux pratiques de l'industrie québécoise, mais les premiers niveaux de maturité sont aptes à couvrir les premiers niveaux de l'intégration du BIM.

Les items couvrent généralement l'intégration du BIM au niveau organisationnel, mais étant donné qu'il s'agit d'un modèle devant être applicable à toute la chaîne d'approvisionnement, il reste aussi assez ouvert de façon à pouvoir être adaptable à des organisations très diverses et cela réduit la possibilité d'introduire des critères pointus par rapport au domaine. Enfin, les critères sont majoritairement les mêmes pour la plupart des organisations sauf trois indicateurs supplémentaires ajoutés spécifiquement pour les entrepreneurs et manufacturiers.

La collecte d'information par entrevues semi-dirigées est à la fois une méthode intéressante pour déceler les divergences d'opinions au sein d'une même organisation et une source de variation interévaluateur notamment. Les questions posées lors des entrevues malgré un guide intégré au modèle peuvent fortement varier en fonction du temps, de l'évaluateur, de l'endroit ou encore de la personne interrogée.

Accessibilité du modèle

Le modèle SCBIMMM est assez accessible pour l'évaluateur. Un guide complet est intégré pour faciliter la prise en main du modèle intégrant une explication du processus d'évaluation, des termes utiles, et de chaque outil intégré au modèle ainsi qu'un exemple d'utilisation de chacun d'eux. Le modèle permet aussi de s'adapter aux situations peu conventionnelles notamment en intégrant un système de pondération des critères.

Les résultats produits à partir de l'outil fourni par le modèle sont représentés sous un format compréhensible et facile à présenter aux commanditaires de l'évaluation. Par contre si le modèle peut être appliqué à plusieurs types d'organisations, certains items sont moins susceptibles d'être remplis, soit en fonction de la taille de l'organisation, soit en fonction de son type. Par exemple, le septième item de la catégorie alignement stratégique au niveau de maturité 2 : "Défini", recommande la présence d'un comité BIM reconnu au sein de l'entreprise. Suivant la taille de l'organisation ou encore sa méthode de gestion, le terme de comité est assez spécifique. L'organisation pourrait avoir une structure différente, mais tout aussi légitime remplaçant le comité. Néanmoins, cette problématique peut être adressée par la pondération du critère.

Une autre problématique concernant l'applicabilité à toute la chaîne d'approvisionnement réside dans les rôles à partir desquels sont attribués les questionnaires pour les entrevues semi-dirigées. En effet, il existe un questionnaire général, un questionnaire pour l'équipe BIM, un questionnaire pour la direction, un questionnaire pour l'équipe de support et un questionnaire pour l'équipe de projet. Cependant, certains rôles, spécifiques à certains types d'organisation entrent dans plusieurs de ces catégories ou encore dans aucunes. C'est par exemple le cas d'un directeur BIM qui peut être, selon les attributions de son poste à la fois dans l'équipe de direction et dans l'équipe BIM. Ou encore d'un contremaître qui ne rentre dans aucune de ces catégories dû à sa présence principalement sur le chantier.

Enfin, le modèle SCBIMMM ne permet pas de placer directement l'organisation sur une échelle comparative permettant de comparer la maturité de l'organisation à celle de l'industrie, mais il est possible de mettre en parallèle le niveau de maturité de plusieurs organisations. Toutefois, l'information fournie après évaluation à l'aide de ce modèle est pertinente à l'amélioration de l'organisation et fournit des directions claires quant à la direction à prendre. Le processus d'évaluation incluant les entrevues, la revue de documentation, l'analyse des processus et les ateliers est assez lourd et l'acceptation de ce processus est aussi dépendante des compétences de l'évaluateur, c'est à lui de s'assurer que chaque étape soit comprise et perçue par l'évalué comme nécessaire à la compréhension de la situation de l'organisation et utile à la définition d'une feuille de route.

Objectivité du modèle

Le modèle SCBIMMM est assez objectif. Les variations des critères sont représentées dans le résultat final et la correspondance entre les critères et la situation est simple à démontrer. L'évaluation n'introduit ni biais commerciaux ni schéma de développement prédéterminé, il établit principalement des jalons pour cette amélioration. L'intention du modèle répond au besoin de l'industrie et des organisations d'être guidée dans l'intégration du BIM. Pour l'évaluateur, le modèle fournit une base d'évaluation complète et les informations qui en sont tirées sont utiles pour avoir une vision générale de la situation de l'organisation.

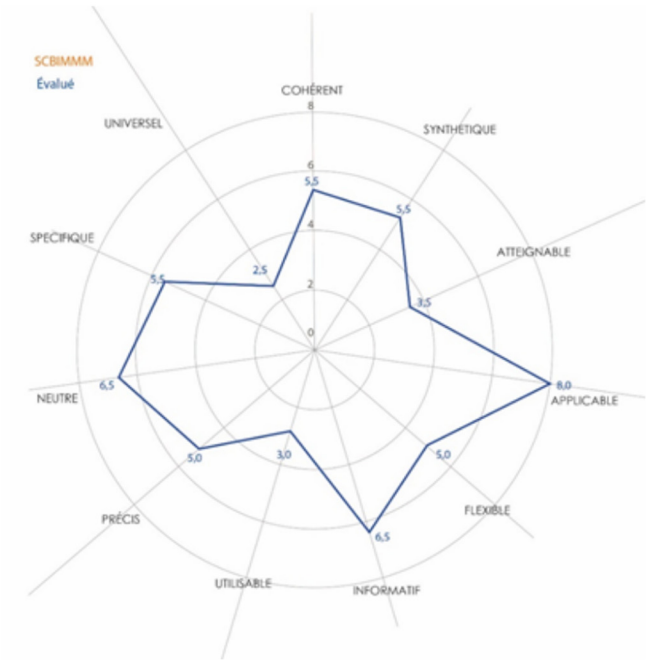
Résumé des réponses de l'évaluateur : SCBIMMM

	CRITÈRES DE MESURE	Score	
Cohérent	Peut-on obtenir deux fois le même résultat pour la même organisation ?		
	1 Le modèle utilise les mêmes questions, et situations pour différentes organisations (Variation de contenu)	2	À améliorer
	1 Les informations récoltées sont validées et triangulées (Variation d'échantillonnage)	4	Parfaitement
Cumulatif	Permet-il une progression logique ?		
	1 Le modèle présente un outil d'évaluation pertinent et fonctionnel (Fiabilité)	4	Parfaitement
	1 Les items de l'outil d'évaluation couvrent efficacement l'intégration du BIM (Validité de contenu)	3	Oui, en général
Atteignable	Les étapes sont-elles progressives ?		
	1 Les situations décrites par le modèle sont cohérentes à l'évolution de l'industrie et font partie des pratiques courantes de celle-ci (Validité de contenu)	3	Oui, en général
	1 Les items correspondent à des situations observables dans l'industrie (Validité de contenu écologique)	3	Oui, en général
	CRITÈRES D'ACCESSIBILITÉ		
Applicable	Le modèle s'applique-t-il à toute la chaîne d'approvisionnement ?		
	1 Le modèle peut être appliqué à plusieurs acteurs de la construction (Validité écologique)	3	Oui, en général
	1 Les critères d'évaluation couvrent des domaines d'applications valables pour plusieurs types d'organisations (Validité écologique)	2	À améliorer
Flexible	Le modèle permet-il d'évaluer à plusieurs échelles ?		
	1 Le modèle peut servir à évaluer toute taille d'organisation-projet (Robustesse)	2	À améliorer
	1 Le modèle possède des moyens d'ajustement pour les situations peu conventionnelles (Robustesse)	3	Oui, en général
Informatif	Peut-il servir de guide à l'amélioration de la situation ?		
	1 Les informations récoltées permettent de situer l'organisation sur une échelle	2	À améliorer
	1 Les informations fournies par le modèle sont pertinentes dans le processus d'amélioration de l'organisation (Validité de conséquences)	4	Parfaitement
Utilisable	Est-il intuitif et compréhensible ?		
	1 Le modèle présente un processus d'application simple (méthodologie)	2	À améliorer
	1 L'information produite est représentée sous un format compréhensible. (intention)	4	Parfaitement
	CRITÈRES D'OBJECTIVITÉ		
Précis	Est-il clair et non falsifiable ?		
	1 La variation d'un critère est majoritairement représentée dans le résultat final (Fiabilité)	3	Oui, en général
	1 Les résultats du modèle sont retraçables et explicables en fonction de la situation de l'entité évaluée (Fiabilité)	4	Parfaitement
Neutre	Dépend-il d'une organisation/personne/institution impartiale ?		
	1 Le modèle n'introduit pas de biais commerciaux particuliers (extérieurs à ceux de l'organisation évaluée)	4	Parfaitement
	1 Ce modèle ne favorise pas un schéma de développement prédéterminé	4	Parfaitement
Spécifique	Le modèle répond-il à un besoin de l'industrie ?		
	1 L'intention du modèle répond à un besoin de l'industrie (Pertinence)	3	Oui, en général
	1 Le modèle répond au besoin défini par son intention pour l'évaluateur (Validité de conséquences)	4	Parfaitement
Universel	Le modèle peut-il être applicable sans contrainte de temps ni d'espace ?		

Résultats du modèle SCBIMMM : Évalué

Parmi les organisations évaluées par le modèle SCBIMMM, deux personnes ont accepté de remplir le questionnaire de rétroaction de l'outil d'évaluation empirique. La moyenne de leurs réponses est rapportée ici.

La courbe du retour des évalués est moins régulière que la courbe des évaluateurs, trois points se situent en dessous de la moyenne, il s'agit de l'atteignabilité, de l'utilisabilité et de l'universalité. Un point obtient le score maximal et il s'agit de l'applicabilité du modèle.



Qualité de la mesure

Pour les évalués, le modèle SCBIMMM possède un système de mesure assez qualitatif, le modèle est cohérent et synthétique par rapport au domaine du BIM. Toutefois, le critère atteignable se situe au-dessous de la moyenne et ne fait pas l'unanimité chez les répondants. Le point le plus faible concerne la validité didactique du modèle, pour le premier répondant, le modèle évalue en général selon ce qu'il ou elle a pu apprendre concernant l'intégration du BIM pour le second répondant, ce n'est pas le cas. Le second point concerne la possibilité d'obtenir un résultat optimal à l'évaluation. Pour le premier répondant, il est possible d'atteindre un niveau de maturité optimal et pour le second non.

Accessibilité du modèle

Pour les répondants, les ressources à mettre en œuvre pour participer à l'évaluation, humaines, temporelles et matérielles sont parfaitement acceptables. Il y a une petite divergence d'opinions au niveau du critère informatif. Pour le premier répondant, les informations fournies lors de l'évaluation ont eu un impact mesurable sur la pratique et les projets de l'organisation. Pour le second, ces impacts n'ont pas été significatifs. Le point faible de l'accessibilité concerne l'utilisabilité du modèle et plus particulièrement la compréhension qu'ont eue les personnes les moins expertes de l'organisation du processus d'évaluation. Pour les deux répondants, le but ainsi que la pertinence de l'évaluation n'ont pas été évidents pour les non-experts en BIM.

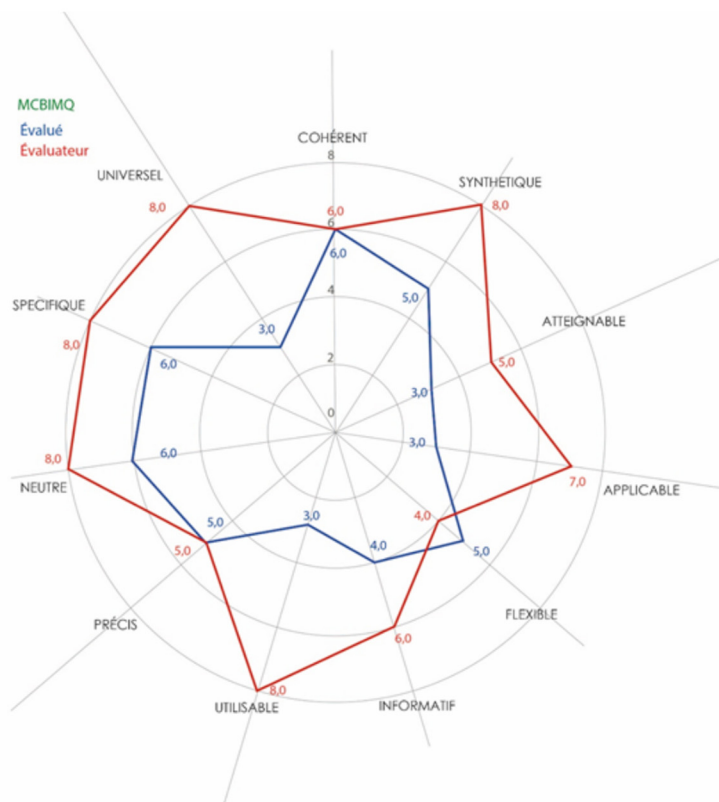
Objectivité du modèle

Pour les répondants, le modèle SCBIMMM est neutre et spécifique à la situation. Le modèle répond à ses intentions pour les évalués selon ce qui leur a été proposé au départ et ne favorise aucun schéma de développement ou technologie prédéterminés. Le point faible au niveau de l'objectivité concerne la précision, si les résultats du modèle semblent assez détaillés, les données sur lesquelles se base le modèle pour produire ces résultats ne semblent pas assez objectives et vérifiables. Le second point faible concerne l'universalité du modèle. Celui-ci semble posséder une forte barrière d'adoption et être peu disponible au grand public.

Résumé des réponses des évalués : SCBIMMM

		CRITÈRES DE MESURE		Score 1	Score 2	Peu
Cohérent		Peut-on obtenir deux fois le même résultat pour la même organisation ?				
	1	La correspondance entre un critère et l'évaluation qui lui est attribuée est claire et retraceable (Condition de correction du test)	2	À améliorer	3	Oui, en général
	1	Le modèle utilise une méthode d'évaluation standardisée quelle que soit l'organisation évaluée (Conditions d'administration du test)	3	Oui, en général	3	Oui, en général
Cumulatif		Permet-il une progression logique ?				
	1	Le modèle présente des critères à remplir présentant une terminologie claire et compréhensible (Conditions d'administration)	3	Oui, en général	2	À améliorer
	1	Les situations ou critères du construit sont cohérents au domaine évalué (Validité de contenu)	3	Oui, en général	3	Oui, en général
Atteignable		Les étapes sont-elles progressives ?				
	1	Le modèle permet d'évaluer selon des critères liés à la documentation pertinente disponible autour du sujet (Validité didactique)	0	Non	3	Oui, en général
	1	Les situations ou critères demandés afin d'atteindre un résultat optimal sont logiquement réalisables (Validité de contenu écologique)	4	Parfaitement	0	Non
		CRITÈRES D'ACCESSIBILITÉ				
Applicable		Le modèle s'applique-t-il à toute la chaîne d'approvisionnement ?				
	1	Les ressources humaines, matérielles et financières nécessaires à l'évaluation sont acceptables et proportionnelles au bénéfice encouru	4	Parfaitement	4	Parfaitement
	1	Le temps nécessaire à l'évaluation est acceptable pour l'évalué	4	Parfaitement	4	Parfaitement
Flexible		Le modèle permet-il d'évaluer à plusieurs échelles ?				
	1	Le modèle permet d'évaluer une organisation quelles que soient sa taille et sa capacité financière (Robustesse)	2	À améliorer	3	Oui, en général
	1	Ce modèle peut être appliqué à différents marchés et utilise des critères et normes adéquats (Robustesse)	2	À améliorer	3	Oui, en général
Informatif		Peut-il servir de guide à l'amélioration de la situation ?				
	1	Les informations récoltées sont utiles pour avoir une vision globale de la situation autour du BIM (Intention)	4	Parfaitement	3	Oui, en général
	1	Les informations fournies par le modèle ont eu un impact mesurable et ont été utiles à un projet postérieur à l'évaluation (Validité de conséquences)	4	Parfaitement	2	À améliorer
Utilisable		Est-il intuitif et compréhensible ?				
	1	Le modèle présente des ressources facilitant son usage (définitions, explications, vulgarisation) (documentation)	3	Oui, en général	2	À améliorer
	1	La méthode et les buts de l'évaluation sont légitimes et évidents pour des personnes non expertes dans le domaine (intention)	0	Non	1	Peu
		CRITÈRES D'OBJECTIVITÉ				
Précis		Est-il clair et non falsifiable ?				
	1	Les résultats du modèle sont basés sur des données objectives et vérifiables (Fiabilité)	1	Peu	2	À améliorer
	1	Le modèle présente un niveau de détail adéquat dans ses résultats (Fiabilité)	3	Oui, en général	4	Parfaitement
Neutre		Dépend-il d'une organisation/personne/institution impartiale ?				
	1	Les intentions dirigeant le modèle sont accessibles et claires pour les parties concernées	3	Oui, en général	4	Parfaitement
	1	Le modèle ne préconise pas une solution technologique en particulier	3	Oui, en général	3	Oui, en général
Spécifique		Le modèle répond-il à un besoin de l'industrie ?				
	1	Le modèle répond au besoin défini par son intention pour l'évalué (Validité de conséquences)	4	Parfaitement	3	Oui, en général
	1	Les résultats du modèle sont représentatifs des normes et des meilleures pratiques de l'industrie (Pertinence)	3	Oui, en général	1	Peu
Universel		Le modèle peut-il être applicable sans contrainte de temps ni d'espace ?				
	1	Le modèle possède une faible barrière d'adoption	0	Non	1	Peu
	1	Le modèle est largement disponible (Site web, publications, diffusion)	3	Oui, en général	1	Peu

PAGE | 14



Résultats comparés du modèle SCBIMMM

Il existe plusieurs divergences d'opinions entre les avis des évalués et celui de l'évaluateur. Les plus grands écarts étant au niveau de l'universalité, de l'applicabilité et de l'utilisabilité du modèle. Pour les évalués, le modèle remplit peu les critères d'universalité que sont la faible barrière d'adoption et la disponibilité du modèle tandis que pour l'évaluateur, le modèle correspond aux standards de l'industrie et possède une approche d'évaluation théoriquement reconnue.

Au niveau de l'applicabilité du modèle, c'est l'inverse, les évalués trouvent parfaitement justifiées les ressources qu'ils ont investies dans l'évaluation tandis que l'évaluateur, le modèle a encore une marge d'amélioration concernant son applicabilité à tout type d'organisation.

Enfin pour l'utilisabilité, c'est la compréhension des tenants et aboutissants de l'évaluation ainsi que les ressources disponibles pour faciliter cette compréhension qui restent à améliorer pour les évalués tandis que pour l'évaluateur si la méthodologie est assez lourde, l'information produite est très compréhensible.

Recommandations d'améliorations pour le modèle SCBIMMM

Certaines modifications mineures du modèle pourraient améliorer son accessibilité et sa mesure. Ces points concernent principalement un assouplissement des critères, une amélioration de la disponibilité du modèle au grand public et une réduction de la variation d'administration du test.

Variation des questions d'entrevue et données objectives

L'entrevue semi-dirigée est un moyen efficace de réunir des informations sur les pratiques d'une organisation. Elle laisse la latitude d'interroger les personnes sur les domaines qu'ils maîtrisent sans perdre de temps en questions non pertinentes. Toutefois, d'une part la qualité d'une entrevue semi-dirigée dépend fortement de l'habileté de l'évaluateur et de sa connaissance personnelle du domaine et d'autre part les avis issus d'entrevues semi-dirigées ne semblent pas compter comme des données objectives pour les évalués. Pourtant, en utilisant le modèle, l'évaluateur se base aussi sur la revue de documentation pour établir la correspondance aux critères de la grille descriptive. Ce point pourrait être mieux exploité lors de la présentation du résultat. Cela améliorerait la précision et la cohérence du test.

Applicabilité du test à tout type d'organisation

Le modèle SCBIMMM est censé être applicable à tout type d'organisation cependant, il existe quelques points d'améliorations comme l'intégration de questionnaires prenant en compte certains postes spécifiques à certaines organisations tels que les contremaîtres par exemple. Ou encore l'assouplissement de certains critères plus complexe à atteindre pour les organisations de petite taille comme la présence d'espaces dédiés à la coordination BIM ou la présence d'un comité BIM. Ces changements permettraient de rendre le modèle plus atteignable, plus applicable et plus flexible en rendant les critères plus souples et plus accessible aux organisations de petite taille.

Diffusion du modèle et des ressources associées

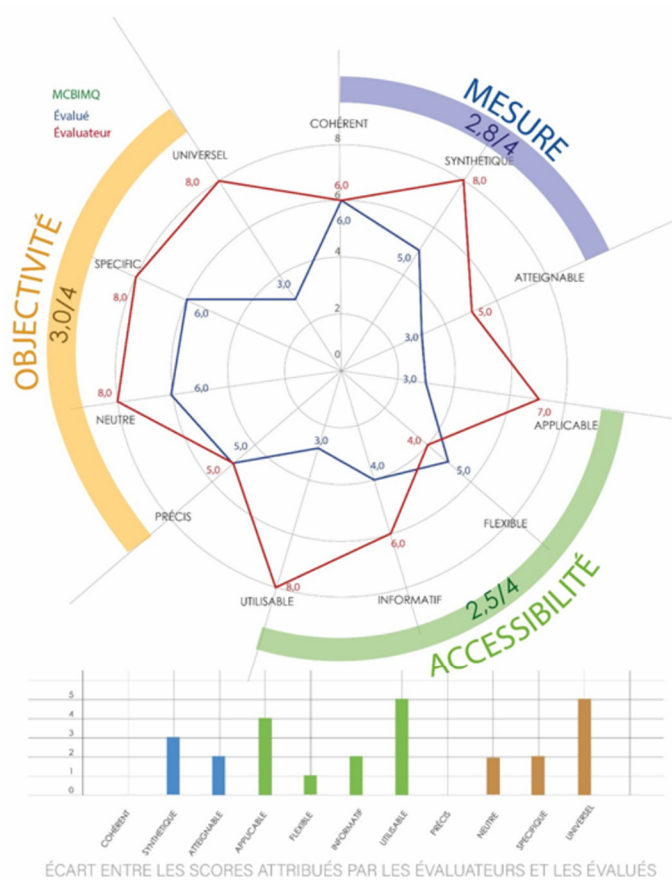
Le modèle SCBIMMM possède un guide d'application très détaillé à l'usage de l'évaluateur qui présente le modèle, les termes et les concepts abordés. Il explique aussi l'utilisation de chaque outil présent dans la trousse d'évaluation. L'évaluateur est donc bien informé et c'est à lui de transmettre ces informations aux évalués. Cette information reste au niveau exécutif.

L'évaluation fait ressortir que les personnes les moins informées en BIM ne comprennent pas ou peu les tenants et aboutissants de l'évaluation. Le modèle est aussi peu diffusé et disponible. La création d'une plateforme ou d'un document accessible par tous pourrait aider à la fois à la diffusion du modèle et à la compréhension du processus d'évaluation par les personnes non expertes en BIM.

ÉVALUATION DU MODÈLE DE COMPÉTENCES MCBIMQ

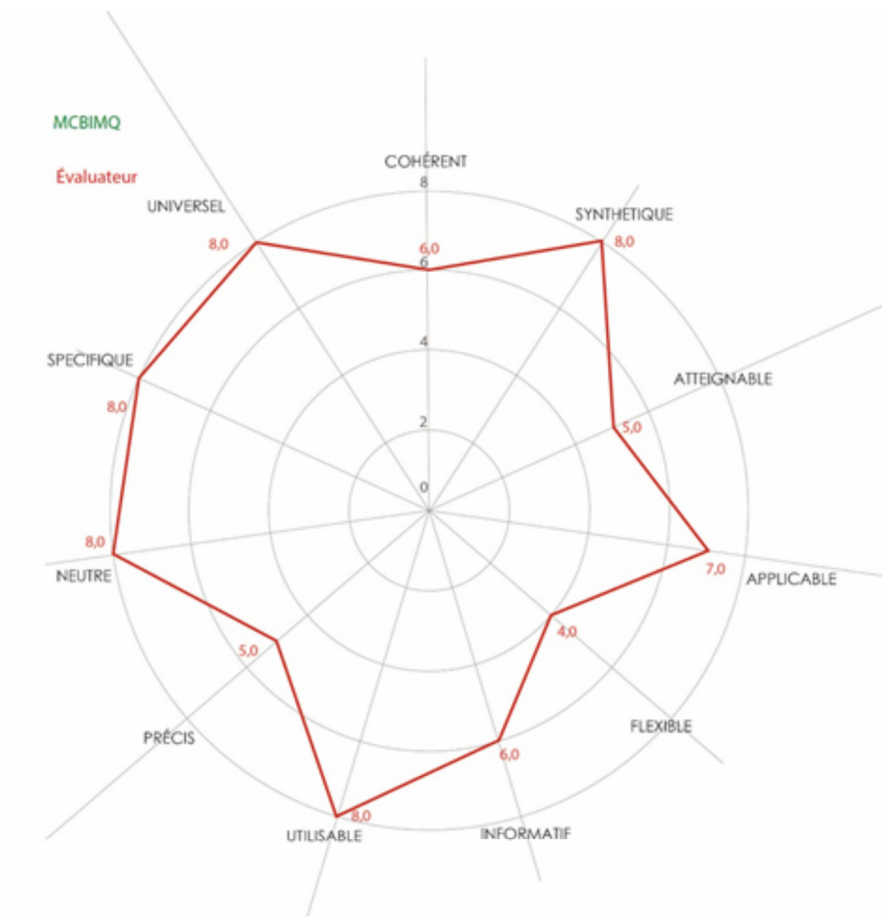
Seule la partie pré-évaluation du modèle MCBIMQ disponible en ligne à été revue dans le cadre de cette évaluation.

Globalement, le modèle MCBIMQ est modèle équilibré, son point fort est l'objectivité suivi de la qualité de la mesure et de son accessibilité. Les prochaines sections traitent des résultats du modèle MCBIMQ du point de vue de l'évaluateur puis du point de vue de l'évalué avant de donner quelques recommandations pour l'amélioration de ce modèle d'évaluation de la maturité BIM.



Résultats du modèle MCBIMQ : Évaluateur

Selon l'évaluateur, le modèle MCBIMQ est un modèle équilibré dont les grandes forces sont sa neutralité, sa spécificité à la situation québécoise, sa facilité d'utilisation et son aspect synthétique. Il ressort tout de même deux points d'amélioration que sont la précision et la flexibilité.



Qualité de la mesure

Le modèle MCBIMQ utilise pour collecter ses données un formulaire en ligne de 125 questions. Certaines sont à développement, si une première question posée sur l'existence d'une technologie reçoit une réponse négative, les questions suivantes abordant les détails autour de cette technologie ne seront pas accessibles. Cette fonction réduit la quantité de questions et permet d'éviter les questions non pertinentes pour l'évalué. Le questionnaire en ligne est le même pour tous les évalués ce qui renforce la cohérence du modèle. De plus, il peut être rempli à toute heure par un responsable et peut être mis sur pause afin de vérifier une donnée, puis repris ensuite.

Toutefois, le fait que toutes les questions ne soient pas forcément présentées au répondant, fait en sorte que si la première question a été mal comprise les questions dépendantes sont, inaccessibles. Lors de la procédure d'évaluation complète, les données récoltées grâce au questionnaire en ligne sont vérifiées par l'évaluateur dans le cadre d'une entrevue en entreprise ce qui règle le problème. Toutefois, cette étape vient après la pré-évaluation.

Le modèle MCBIMQ a une bonne couverture des compétences nécessaires à l'intégration du BIM dans l'échantillonnage des questions. Les compétences présentées au sein du modèle sont en avance par rapport à l'industrie. Cependant, le modèle étant réalisé pour favoriser l'intégration du BIM dans l'industrie québécoise, il est évident qu'il doit intégrer des compétences plus avancées afin de rester proactifs quant aux avancées futures.

Accessibilité du modèle

Pour l'évaluateur, le modèle d'évaluation MCBIMQ est accessible. Toute la partie pré-évaluation est réalisée en ligne et sur la base du volontariat des organisations. La méthodologie du modèle est simple et l'information nécessaire à la compréhension de la démarche est facilement disponible en ligne. Quant à l'information produite à la suite de l'évaluation, fournie sous un format compréhensible par tous, facile à lire en organisant les informations de la situation générale aux domaines de compétences particuliers. Les résultats produits affichent aussi la moyenne des autres répondants, ce qui permet à l'organisation de se situer immédiatement par rapport à l'industrie.

Le modèle peut être appliqué à plusieurs acteurs de la construction, le grand nombre d'items présentant un large échantillonnage des compétences nécessaires. Cependant, les items de la section « opération » étant basés sur les usages du BIM en vigueur dans l'organisation, il ne sera pas possible pour la même organisation de répondre positivement à toutes ces questions. Le modèle manque un peu de flexibilité en effet, certains items sont difficilement accessibles pour des organisations de petite taille car ils demandent des investissements importants en matière de ressources humaines ou matérielles. Par exemple la question 113 dans la section « support informatique » porte sur la présence de personnel à temps plein spécifiquement pour assurer le support autour des logiciels et des outils BIM.

Objectivité du modèle

Le modèle MCBIMQ, du point de vue de l'évaluateur possède plusieurs atouts au niveau de l'objectivité. Tout d'abord, le modèle est neutre. Ses items sont construits de façon à intégrer des exemples explicatifs, sans favoriser un fournisseur ou une technologie particulière. De même, le modèle ne favorise aucun schéma de développement prédéterminé, l'utilisation d'un guide ou d'un plan d'implémentation est même encouragé notamment aux questions 88, 89, et 90, à la section « fondements de l'implémentation ». Ensuite au niveau de la spécificité, l'intention du modèle répond au besoin d'émulation et d'analyse comparative de l'industrie. Il permet aux organisations de se comparer à la moyenne de l'industrie, mais aussi de planifier leur évolution. De plus, la participation à l'évaluation est un bon indicateur de l'engouement autour du BIM. Enfin, le modèle est fortement basé sur les normes en vigueur, les standards de l'industrie et les meilleures pratiques. Par exemple, la question 77 interroge le répondant au sujet des normes selon lesquelles les modèles BIM sont réalisés ou encore la question 34 cite les normes AINSI et ISO.

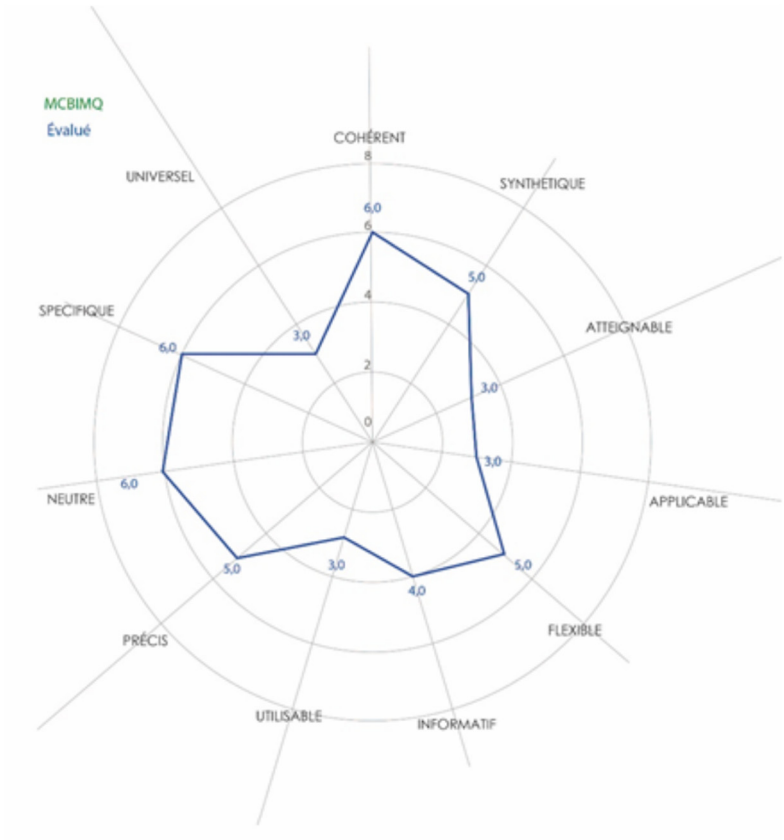
Au niveau des items de précision, il reste un point à améliorer. La correspondance ou non d'une organisation à un item du questionnaire est peu représentée dans le résultat de la pré-évaluation. Celui-ci est donné en pourcentages en fonction de la quantité de questions aux réponses positives. Étant donné le nombre d'items total du test, il est complexe d'observer la variation d'un critère donné. Ainsi, il peut être tout aussi complexe de retracer la correspondance entre le résultat affiché et la situation de l'organisation.

Résumé des réponses de l'évaluateur : MCBIMQ

	CRITÈRES DE MESURE	Score	
Cohérent	Peut-on obtenir deux fois le même résultat pour la même organisation ?		
	1 Le modèle utilise les mêmes questions et situations pour différentes organisations (Variation de contenu)	3	Oui, en général
	1 Les informations récoltées sont validées et triangulées (Variation d'échantillonnage)	3	Oui, en général
Cumulatif	Permet-il une progression logique ?		
	1 Le modèle présente un outil d'évaluation pertinent et fonctionnel (Fiabilité)	4	Parfaitement
	1 Les items de l'outil d'évaluation couvrent efficacement l'intégration du BIM (Validité de contenu)	4	Parfaitement
Atteignable	Les étapes sont-elles progressives ?		
	1 Les situations décrites par le modèle sont cohérentes à l'évolution de l'industrie et font parties des pratiques courantes de celle-ci (Validité de contenu)	3	Oui, en général
	1 Les items correspondent à des situations observables dans l'industrie (Validité de contenu écologique)	2	À améliorer
	CRITÈRES D'ACCESSIBILITÉ		
Applicable	Le modèle s'applique-t-il à toute la chaîne d'approvisionnement ?		
	1 Le modèle peut être appliqué à plusieurs acteurs de la construction (Validité écologique)	3	Oui, en général
	1 Les critères d'évaluation couvrent des domaines d'applications valables pour plusieurs types d'organisations (Validité écologique)	4	Parfaitement
Flexible	Le modèle permet-il d'évaluer à plusieurs échelles ?		
	1 Le modèle peut servir à évaluer toute taille d'organisation-projet (Robustesse)	2	À améliorer
	1 Le modèle possède des moyens d'ajustement pour les situations peu conventionnelles (Robustesse)	2	À améliorer
Informatif	Peut-il servir de guide à l'amélioration de la situation ?		
	1 Les informations récoltées permettent de situer l'organisation sur une échelle	4	Parfaitement
	1 Les informations fournies par le modèle sont pertinentes dans le processus d'amélioration de l'organisation (Validité de conséquences)	2	À améliorer
Utilisable	Est-il intuitif et compréhensible ?		
	1 Le modèle présente un processus d'application simple (méthodologie)	4	Parfaitement
	1 L'information produite est représentée sous un format compréhensible. (intention)	4	Parfaitement
	CRITÈRES D'OBJECTIVITÉ		
Précis	Est-il clair et non falsifiable ?		
	1 La variation d'un critère est majoritairement représentée dans le résultat final (Fiabilité)	2	À améliorer
	1 Les résultats du modèle sont retraçables et explicables en fonction de la situation de l'entité évaluée (Fiabilité)	3	Oui, en général
Neutre	Dépend-il d'une organisation/personne/institution impartiale ?		
	1 Le modèle n'introduit pas de biais commerciaux particuliers (extérieurs à ceux de l'organisation évaluée)	4	Parfaitement
	1 Ce modèle ne favorise pas un schéma de développement prédéterminé	4	Parfaitement
Spécifique	Le modèle répond-il à un besoin de l'industrie ?		
	1 L'intention du modèle répond à un besoin de l'industrie (Pertinence)	4	Parfaitement
	1 Le modèle répond au besoin défini par son intention pour l'évaluateur (Validité de conséquences)	4	Parfaitement

Résultats du modèle MCBIMQ: Évalué

Du point de vue de l'évalué, les forces du modèle sont sa neutralité, sa spécificité à la situation et sa cohérence. Au niveau des points faibles, on peut voir principalement l'utilisabilité du modèle et son universalité, notamment concernant les ressources accompagnant la compréhension du modèle.



Qualité de la mesure

Pour l'évalué, la qualité de la mesure amenée par le modèle MCBIMQ semble satisfaisante. Avec cependant deux points d'amélioration, le premier au niveau de la terminologie des critères. Étant donné que la première étape de l'évaluation se fait en ligne, ce point pourrait s'avérer particulièrement important pour une évaluation exacte des organisations. Le second point concerne la possibilité d'atteindre un résultat optimal au test. D'après le répondant, un résultat optimal n'est pas réalisable.

Accessibilité du modèle

L'accessibilité du modèle MCBIMQ semble moyenne pour l'évalué, les résultats sont assez ambivalents pour chaque critère, les plus grands écarts d'opinion entre les différents items situent au niveau de l'applicabilité et de l'informativité du modèle. Ainsi, si le temps fourni pour la tenue de l'évaluation est acceptable, les ressources humaines et financières le sont moins. On retrouve la même discordance au niveau de l'informativité du modèle. Si celui-ci semble offrir une vision globale au niveau de la situation autour du BIM de l'organisation, les informations fournies ont eu un faible impact sur l'organisation. Enfin, l'utilisabilité du modèle est assez faible, car selon l'évalué il y a peu de ressources explicatives et une faible compréhension du modèle par les personnes non expertes dans le domaine.

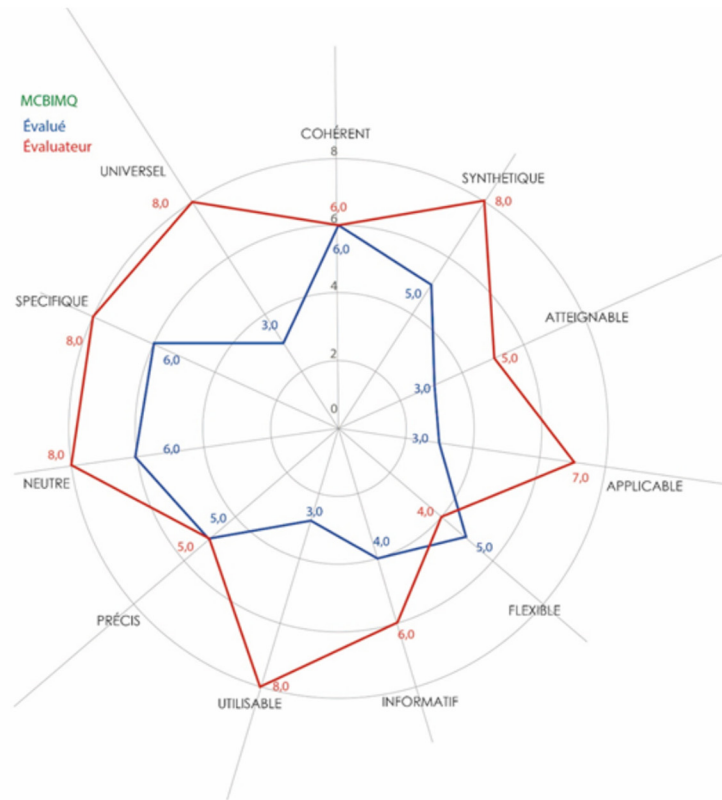
Objectivité du modèle

D'après la rétroaction fournie, l'objectivité du modèle MCBIMQ reste sa grande force avec des résultats assez élevés et constants pour la neutralité et la spécificité. On notera cependant deux points d'amélioration, tout d'abord l'objectivité des données sur lesquelles se base le modèle pour évaluer et ensuite, la présence d'une barrière d'adoption.

Résumé des réponses de l'évalué : MCBIMQ

	CRITÈRES DE MESURE	Score	
Cohérent	Peut-on obtenir deux fois le même résultat pour la même organisation ?		
	1 La correspondance entre un critère et l'évaluation qui lui est attribuée est claire et retraçable (Condition de correction du test)	3	Oui, en général
	1 Le modèle utilise une méthode d'évaluation standardisée quelle que soit l'organisation évaluée (Conditions d'administration du test)	3	Oui, en général
Cumulatif	Permet-il une progression logique ?		
	1 Le modèle présente des critères à remplir présentant une terminologie claire et compréhensible (Conditions d'administration)	2	À améliorer
	1 Les situations ou critères du construit sont cohérents au domaine évalué (Validité de contenu)	3	Oui, en général
Atteignable	Les étapes sont-elles progressives ?		
	1 Le modèle permet d'évaluer selon des critères liés à la documentation pertinente disponible autour du sujet (Validité didactique)	3	Oui, en général
	1 Les situations ou critères demandés afin d'atteindre un résultat optimal sont logiquement réalisables (Validité de contenu écologique)	0	Non
	CRITÈRES D'ACCESSIBILITÉ		
Applicable	Le modèle s'applique-t-il à toute la chaîne d'approvisionnement ?		
	1 Les ressources humaines, matérielles et financières nécessaires à l'évaluation sont acceptables et proportionnelles au bénéfice encouru	0	Non
	1 Le temps nécessaire à l'évaluation est acceptable pour l'évalué	3	Oui, en général
Flexible	Le modèle permet-il d'évaluer à plusieurs échelles ?		
	1 Le modèle permet d'évaluer une organisation quelle que soit sa taille et sa capacité financière (Robustesse)	3	Oui, en général
	1 Ce modèle peut être appliqué à différents marchés et utilise des critères et normes adéquats (Robustesse)	2	À améliorer
Informatif	Peut-il servir de guide à l'amélioration de la situation ?		
	1 Les informations récoltées sont utiles pour avoir une vision globale de la situation autour du BIM (Intention)	3	Oui, en général
	1 Les informations fournies par le modèle ont eu un impact mesurable et ont été utiles à un projet postérieur à l'évaluation (Validité de conséquences)	1	Peu
Utilisable	Est-il intuitif et compréhensible ?		
	1 Le modèle présente des ressources facilitant son usage (définitions, explications, vulgarisation) (documentation)	1	Peu
	1 La méthode et les buts de l'évaluation sont légitimes et évidents pour des personnes non expertes dans le domaine (intention)	2	À améliorer
	CRITÈRES D'OBJECTIVITÉ		
Précis	Est-il clair et non falsifiable ?		
	1 Les résultats du modèle sont basés sur des données objectives et vérifiables (Fiabilité)	2	À améliorer
	1 Le modèle présente un niveau de détail adéquat dans ses résultats (Fiabilité)	3	Oui, en général
Neutre	Dépend-il d'une organisation/personne/institution impartiale ?		
	1 Les intentions dirigeant le modèle sont accessibles et claires pour les parties concernées	3	Oui, en général
	1 Le modèle ne préconise pas une solution technologique en particulier	3	Oui, en général
Spécifique	Le modèle répond-il à un besoin de l'industrie ?		
	1 Le modèle répond au besoin défini par son intention pour l'évalué (Validité de conséquences)	3	Oui, en général
	1 Les résultats du modèle sont représentatifs des normes et des meilleures pratiques de l'industrie (Pertinence)	3	Oui, en général
Universel	Le modèle peut être applicable sans contrainte de temps ni d'espace		
	1 Le modèle possède une faible barrière d'adoption	0	Non
	1 Le modèle est largement disponible (Site web, publications, diffusion)	3	Oui, en général

PAGE | 24



Résultats comparés du modèle MCBIMQ

Les avis de l'évaluateur et de l'évalué divergent principalement au niveau de l'applicabilité, de l'universalité et de l'utilisabilité du modèle. Du point de vue de l'évaluateur, le modèle est applicable à tout type d'organisation et couvre les domaines d'application associés. Pour l'évalué, si le temps dédié à l'évaluation est acceptable par rapport au résultat, l'investissement en personnel ne l'est pas. Pour ce qui est de l'utilisabilité, le modèle possède une méthodologie simple et des informations fournies sous un format clair pour l'évaluateur, mais les ressources restent peu accessibles pour les utilisateurs moins informés concernant le BIM. Enfin, au niveau de l'universalité, le modèle repose sur une approche reconnue et sur les standards de l'industrie pour l'évaluateur, alors que du côté de l'évalué, bien qu'il soit disponible en ligne notamment il présente quand même une forte barrière d'adoption.

Recommandations d'améliorations pour le modèle MCBIMQ

Seule la partie en auto-évaluation du modèle MCBIMQ a été prise en compte dans cette évaluation. Certaines lacunes présentées dans cette évaluation sont adressées par les autres étapes de la procédure d'évaluation du modèle. Cependant, certains points d'amélioration ressortent de l'évaluation du modèle.

Accessibilité du modèle aux non-experts en BIM

Le modèle reste peu accessible aux personnes non expertes en BIM. La terminologie des critères et les ressources autour du modèle n'ont pas été suffisantes pour diffuser les buts et de l'évaluation aux personnes non expertes en BIM de l'organisation. Une meilleure diffusion des tenants et aboutissant de l'évaluation et une explication des termes utilisés au sein du test pourrait aider à augmenter l'utilisabilité du modèle.

Applicabilité et flexibilité du modèle pour les petites et moyennes organisations.

Trois points ressortent au niveau des critères du modèle. Premièrement, le modèle inclut une grande quantité d'usages possibles du BIM. Pour certaines organisations, ces usages ne sont pas nécessaires, mais ils sont présents. Deuxièmement, certains critères demandent des investissements considérables. Troisièmement le modèle est assez en avance sur l'industrie. C'est pourquoi, le fait de pouvoir obtenir un score optimal au test semble infaisable. Classer les usages en fonction des profils des organisations pourrait aider à rendre le modèle plus atteignable.

Précision de la pré-évaluation

Les résultats issus de la pré-évaluation manquent de précision, la variation des critères est difficilement représentée dans les résultats qui sont surtout sous forme de pourcentage. Les résultats en pourcentage sont utiles pour placer l'organisation sur une échelle au premier regard, mais moins pour comprendre les points faibles de l'organisation.

RÉSUMÉ DE L'ÉVALUATION DES MODÈLES MCBIMQ ET SCBIMMM

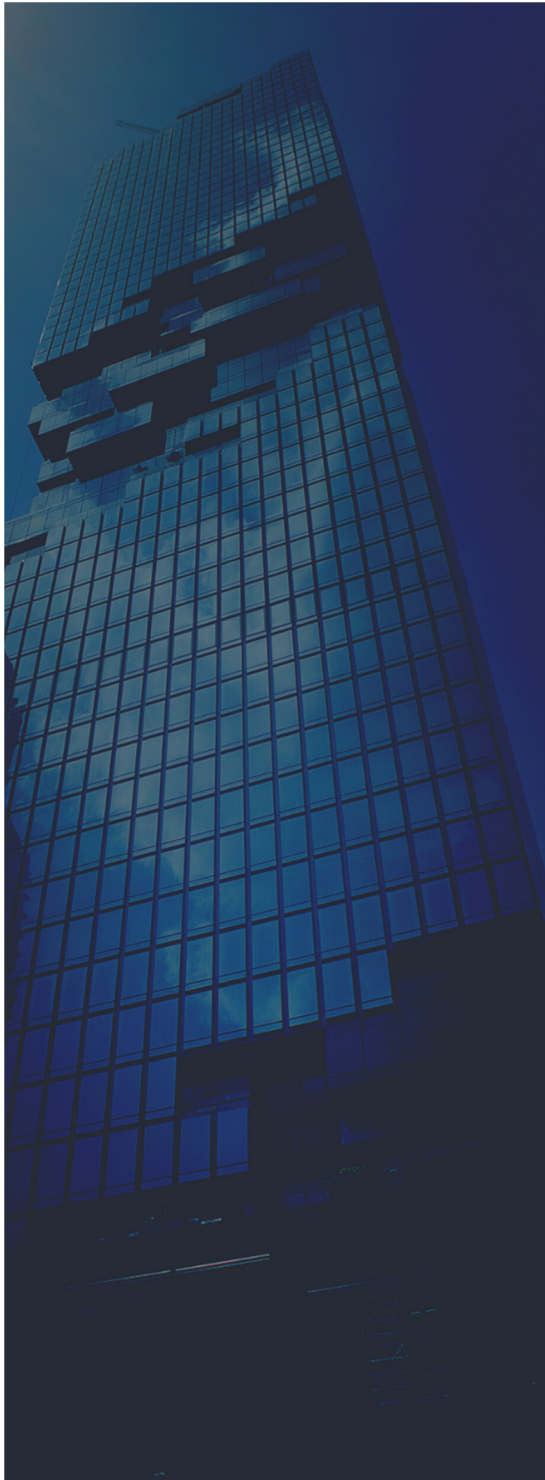
Le modèle SCBIMMM permet de réaliser une enquête en profondeur au sein d'une organisation et de déceler les forces et faiblesses de celle-ci. Il intègre un aspect humain en utilisant l'entrevue semi-dirigée comme première source d'information puis une revue de documentation pour confirmation. Au niveau de la méthodologie, tout est pris en charge par l'évaluateur qui a la responsabilité de transmettre aux évalués les buts, tenants et aboutissants de l'évaluation. La qualité de l'évaluation dépend fortement de l'habileté, des connaissances et des capacités de communication de l'évaluateur. Le modèle intègre aussi un outil de jugement performant, ce qui permet de présenter facilement l'information issue de l'évaluation aux commanditaires.

Trois points restent à améliorer pour ce modèle. Premièrement, pour que ce modèle puisse être adopté par l'industrie il faudrait qu'il soit plus diffusé et disponible via une plateforme libre. Deuxièmement, il faudrait éprouver le modèle en le soumettant à plus d'acteurs de la construction de façon à pouvoir intégrer davantage de postes spécifiques et rendre le modèle plus adaptable aux situations moins conventionnelles. Enfin, trouver un moyen de réduire la variation des questions serait intéressant, mais pourrait réduire souplesse de l'outil à intégrer les valeurs des évalués à l'évaluation.

Le modèle MCBIMQ est un modèle pragmatique, il est très cohérent et objectif, ce qui le rend très fiable. Ses items synthétisent de façon exhaustive les compétences nécessaires pour l'intégration du BIM et son outil de jugement à remplir directement en ligne limite fortement la variabilité dans l'administration du test. Ce modèle est construit pour être applicable à tout type d'organisation et permettre de positionner l'organisation par rapport à l'industrie mais aussi d'identifier ses forces et faiblesses. La méthodologie partage la responsabilité de la bonne tenue de l'évaluation entre l'évaluateur et l'évalué. C'est l'évalué qui doit faire le premier pas, s'informer sur la procédure et remplir le questionnaire de pré-évaluation du modèle. L'évaluateur n'entre en jeu qu'après, pour amener une compréhension plus avancée des informations fournies par le modèle, ce qui explique que les informations de la pré-évaluation ne représentent pas la variation de chaque critère.

Deux points pourraient améliorer l'accessibilité du modèle. Améliorer la diffusion des tenants et aboutissants de l'évaluation pour les non-initiés pourrait aider leur compréhension. Puis, le fait de rendre un peu plus flexible le modèle pour les petites et moyennes organisations pourrait aussi augmenter son applicabilité.

Si le modèle SCBIMMM est un bon modèle d'introspection pour l'organisation désirant innover, le modèle MCBIMQ est plus un modèle d'analyse comparative pour l'organisation devant performer au sein de l'industrie.



GRIDD

Groupe de recherche
en intégration et développement durable
en environnement bâti



RÉALISÉ À MONTRÉAL - 2020

GROUPE DE RECHERCHE EN INTÉGRATION
ET DÉVELOPPEMENT DURABLE EN
ENVIRONNEMENT BÂTI

ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE

ANNEXE II

QUESTIONNAIRES DE RÉTROACTION

Formulaire de rétroaction autour du modèle (à compléter)

Ce formulaire sert de rétroaction quant à l'évaluation de (à compléter) qui s'est déroulée au sein de votre entreprise. Il présente une vingtaine de questions concernant les modèles, leurs méthodes de mesure, la pertinence de leur usage et l'objectivité de leurs résultats. Toutes les questions présentent une échelle de Likert à cinq points allant de "non" à " parfaitement"

Critères de mesure

1.Pourriez-vous retracer fidèlement, grâce aux informations qui vous ont été transmises la correspondance entre votre situation et la notation qui vous a été établie pour chaque critère ?

- ☐ Non
- ☐ Peu
- ☐ Demande amélioration
- ☐ Oui en général
- ☐ Parfaitement
- ☐ n/a

2.Les conditions de test ont-elles été constantes tout au long de l'évaluation (temps disponible, environnement immédiat, personnes présentes) ?

- ☐ Non
- ☐ Peu
- ☐ Demande amélioration
- ☐ Oui en général
- ☐ Parfaitement
- ☐ n/a

3.La terminologie des critères évalués vous semble t-elle claire et conforme aux normes de votre pratique ?

- ☐ Non
- ☐ Peu
- ☐ Demande amélioration
- ☐ Oui en général
- ☐ Parfaitement
- ☐ n/a

4.Les critères à partir desquels votre organisation a été évaluée vous semblent-ils cohérents à ce qui entoure le BIM et son implémentation au sein de l'organisation ?

- ☐ Non
- ☐ Peu
- ☐ Demande amélioration
- ☐ Oui en général
- ☐ Parfaitement
- ☐ n/a

5.Les critères à partir desquels vous avez été évalués sont-ils issus de ce que vous avez pu apprendre au sujet du BIM selon la documentation et les formations auxquelles vous avez accès ?

- ☐ Non
- ☐ Peu
- ☐ Demande amélioration
- ☐ Oui en général
- ☐ Parfaitement
- ☐ n/a

6.Pensez-vous qu'il soit possible de correspondre à tous les critères de ce test afin d'obtenir un résultat optimal ?

- ☐ Non
- ☐ Peu
- ☐ Demande amélioration
- ☐ Oui en général
- ☐ Parfaitement
- ☐ n/a

Critères d'accessibilité

7.Les ressources humaines, financières et matérielles que vous avez investi dans la conduite de cet audit vous semblent-elles appropriées ?

- ☐ Non
- ☐ Peu
- ☐ Demande amélioration
- ☐ Oui en général
- ☐ Parfaitement
- ☐ n/a

8.Le temps que vous et vos collaborateurs avez investi dans la conduite de cet audit vous semble-t-il acceptable et justifié ?

- ☐ Non
- ☐ Peu
- ☐ Demande amélioration
- ☐ Oui en général
- ☐ Parfaitement
- ☐ n/a

9.Pensez-vous que ce modèle puisse permettre d'évaluer une organisation quelle que soit sa taille et sa capacité financière ?

- ☐ Non
- ☐ Peu
- ☐ Demande amélioration

- ☐ Oui en général
- ☐ Parfaitement
- ☐ n/a

10. Pensez-vous que le modèle selon lequel vous avez été évalué utilise les normes et standards adéquats pour recueillir des données sur votre situation ?

- ☐ Non
- ☐ Peu
- ☐ Demande amélioration
- ☐ Oui en général
- ☐ Parfaitement
- ☐ n/a

11. Les résultats qui vous ont été communiqués à la fin de l'évaluation vous fournissent-ils une vision globale conforme à votre situation autour du BIM ?

- ☐ Non
- ☐ Peu
- ☐ Demande amélioration
- ☐ Oui en général
- ☐ Parfaitement
- ☐ n/a

12. Les informations fournies par le compte rendu d'évaluation ont-elles eu un impact mesurable et vous ont-elles été utiles ?

- ☐ Non
- ☐ Peu
- ☐ Demande amélioration
- ☐ Oui en général
- ☐ Parfaitement
- ☐ n/a

13. Les ressources vous permettant de comprendre les tenants et aboutissants de l'évaluation de l'organisation vous ont t-elles semblé suffisantes ?

- ☐ Non
- ☐ Peu
- ☐ Demande amélioration
- ☐ Oui en général
- ☐ Parfaitement
- ☐ n/a

14. Pensez-vous que la méthode d'évaluation et les buts de celle-ci ont été compris par les personnes non expertes en BIM de votre organisation ?

- ☐ Non
- ☐ Peu
- ☐ Demande amélioration
- ☐ Oui en général
- ☐ Parfaitement
- ☐ n/a

Critères d'objectivité

15. Pensez-vous que les résultats du modèle sont basés sur des données objectives et vérifiables ?

- ☐ Non
- ☐ Peu
- ☐ Demande amélioration
- ☐ Oui en général
- ☐ Parfaitement
- ☐ n/a

16. Les résultats de l'évaluation fournis par le modèle vous semblent t-ils assez détaillés ?

- ☐ Non

- ☐ Peu
- ☐ Demande amélioration
- ☐ Oui en général
- ☐ Parfaitement
- ☐ n/a

17. Avez-vous eu accès au but et à la méthodologie de cette évaluation sont-ils clairs pour vous ?

- ☐ Non
- ☐ Peu
- ☐ Demande amélioration
- ☐ Oui en général
- ☐ Parfaitement
- ☐ n/a

18. Pensez-vous que cette méthode d'évaluation et par extension ce modèle ne favorise aucune technologie précise (logiciel, matériel) pour remplir ses critères ?

- ☐ Non
- ☐ Peu
- ☐ Demande amélioration
- ☐ Oui en général
- ☐ Parfaitement
- ☐ n/a

19. Cette évaluation a-t-elle répondu à vos besoins en matière d'audit conformément à ce qui vous a été proposé lors de la réunion de démarrage ou de la prise de contact initiale ?

- ☐ Non
- ☐ Peu
- ☐ Demande amélioration
- ☐ Oui en général
- ☐ Parfaitement

- ☐ n/a

20. Les résultats qui vous ont été présentés vous semblent-ils représentatifs des normes de l'industrie pour vous orienter vers de meilleures pratiques ?

- ☐ Non
- ☐ Peu
- ☐ Demande amélioration
- ☐ Oui en général
- ☐ Parfaitement
- ☐ n/a

21.Utiliseriez-vous cette méthode d'évaluation pour surveiller votre progression ?

- ☐ Non
- ☐ Peu
- ☐ Demande amélioration
- ☐ Oui en général
- ☐ Parfaitement
- ☐ n/a

22.Ce modèle est-il largement disponible et diffusé, vous est-il facile d'y avoir accès ?

- ☐ Non
- ☐ Peu
- ☐ Demande amélioration
- ☐ Oui en général
- ☐ Parfaitement
- ☐ n/a

Formulaire de rétroaction autour du modèle (à compléter)

Ce formulaire sert de rétroaction quant à l'évaluation de (à compléter) que vous avez mené au sein de l'entreprise (à compléter). Il présente une vingtaine de questions concernant les modèles, leurs méthodes de mesure, la pertinence de leur usage et l'objectivité de leurs résultats. Toutes les questions présentent une échelle de Likert à cinq points allant de "non" à " parfaitement"

Critères de mesure

1. Le modèle utilise t'il les mêmes questions, la même matrice pour différentes organisations ?
 - ☐ Non
 - ☐ Peu
 - ☐ Demande amélioration
 - ☐ Oui en général
 - ☐ Parfaitement
 - ☐ n/a

2. D'après la méthodologie d'évaluation, devez-vous procéder à une vérification pour les informations que vous recueillez ?
 - ☐ Non
 - ☐ Peu
 - ☐ Demande amélioration
 - ☐ Oui en général
 - ☐ Parfaitement
 - ☐ n/a

3. L'outil d'évaluation utilisé par le modèle vous a t'il semblé performant pour la tâche que vous aviez à réaliser ?

- ☐ Non
- ☐ Peu
- ☐ Demande amélioration
- ☐ Oui en général
- ☐ Parfaitement
- ☐ n/a

4. Trouvez-vous que les critères d'évaluation du modèle touchent à tous les domaines de connaissances nécessaires à une intégration complète du BIM au sein d'une organisation ?

- ☐ Non
- ☐ Peu
- ☐ Demande amélioration
- ☐ Oui en général
- ☐ Parfaitement
- ☐ n/a

5. Les situations décrites par le modèle vous semblent t'elles cohérentes à l'état actuel et à l'évolution de l'industrie ?

- ☐ Non
- ☐ Peu
- ☐ Demande amélioration
- ☐ Oui en général
- ☐ Parfaitement
- ☐ n/a

6. Les items (questions, descriptions, critères, autres) du modèle correspondent 'ils à des situations observables dans l'industrie ?

- ☐ Non
- ☐ Peu
- ☐ Demande amélioration
- ☐ Oui en général
- ☐ Parfaitement

- n/a

Critères d'accessibilité

7. Pensez-vous que ce modèle puisse être appliqué à plusieurs acteurs de la construction ?
- Non
 - Peu
 - Demande amélioration
 - Oui en général
 - Parfaitement
 - n/a
8. Les critères d'évaluation sont-ils applicables à plusieurs types d'organisation ?
- Non
 - Peu
 - Demande amélioration
 - Oui en général
 - Parfaitement
 - n/a
9. Le modèle peut-il servir à évaluer une organisation quelle que soit sa taille (de l'entreprise individuelle à la multinationale) ?
- Non
 - Peu
 - Demande amélioration
 - Oui en général
 - Parfaitement
 - n/a
10. La méthodologie préconisée par le modèle permet-elle de s'adapter aux situations peu conventionnelles selon vous ?

- ☐ Non
- ☐ Peu
- ☐ Demande amélioration
- ☐ Oui en général
- ☐ Parfaitement
- ☐ n/a

11. Les informations que vous avez récoltées durant l'audit permettent-elle de situer l'organisation sur une échelle par rapport à ses pratiques BIM ?

- ☐ Non
- ☐ Peu
- ☐ Demande amélioration
- ☐ Oui en général
- ☐ Parfaitement
- ☐ n/a

12. Les informations fournies par le modèle sont-elles utiles et pertinentes quant à l'amélioration des pratiques et processus de l'organisation ?

- ☐ Non
- ☐ Peu
- ☐ Demande amélioration
- ☐ Oui en général
- ☐ Parfaitement
- ☐ n/a

13. Selon vous, le processus d'application du modèle est-il simple ?

- ☐ Non
- ☐ Peu
- ☐ Demande amélioration
- ☐ Oui en général
- ☐ Parfaitement
- ☐ n/a

14. Une fois les données recueillies et traitées, l'information produite grâce au modèle d'évaluation est-elle claire et compréhensible ?

- ☐ Non
- ☐ Peu
- ☐ Demande amélioration
- ☐ Oui en général
- ☐ Parfaitement
- ☐ n/a

Critères d'objectivité

15. Est-il possible de déceler la correspondance ou non à un critère lorsque l'on analyse les résultats finaux de l'audit ?

- ☐ Non
- ☐ Peu
- ☐ Demande amélioration
- ☐ Oui en général
- ☐ Parfaitement
- ☐ n/a

16. Selon vous, les résultats finaux sont-ils représentatifs et justifiables par rapport à la situation de l'organisation évaluée ?

- ☐ Non
- ☐ Peu
- ☐ Demande amélioration
- ☐ Oui en général
- ☐ Parfaitement
- ☐ n/a

17. Le modèle introduit-il des biais commerciaux en favorisant un produit ou une solution donnée ?

- ☐ Non
- ☐ Peu
- ☐ Demande amélioration
- ☐ Oui en général
- ☐ Parfaitement
- ☐ n/a

18. Le modèle favorise-t-il un schéma de développement précis pour que les organisations puissent améliorer leurs résultats ?

- ☐ Non
- ☐ Peu
- ☐ Demande amélioration
- ☐ Oui en général
- ☐ Parfaitement
- ☐ n/a

19. Selon-vous, l'intention du modèle (document présentant son but) répond -elle à un besoin au sein de l'industrie ?

- ☐ Non
- ☐ Peu
- ☐ Demande amélioration
- ☐ Oui en général
- ☐ Parfaitement
- ☐ n/a

20. Pour vous, le modèle répond -il au besoin défini dans son intention ?

- ☐ Non
- ☐ Peu
- ☐ Demande amélioration
- ☐ Oui en général
- ☐ Parfaitement
- ☐ n/a

21. Au regard des connaissances que vous possédez dans ce domaine, l'évaluation que propose ce modèle repose t'elle sur les standards de l'industrie ?

- ☐ Non
- ☐ Peu
- ☐ Demande amélioration
- ☐ Oui en général
- ☐ Parfaitement
- ☐ n/a

22. Le modèle présente-t-il une approche d'évaluation théoriquement reconnue par les experts du domaine ?

- ☐ Non
- ☐ Peu
- ☐ Demande amélioration
- ☐ Oui en général
- ☐ Parfaitement
- ☐ n/a

ANNEXE III

RÉSULTATS DES ÉVALUATIONS EMPIRIQUES

Tableau-A III-1 Grille de l'évaluateur MCBIMQ

GRILLE DE L'ÉVALUATEUR : MCBIMQ										
			CRITÈRES DE MESURE	Score	N.	Peu	D-A	O-G	p.	S.P
		Cohérent	Peut-on obtenir deux fois le même résultat pour la même organisation ?							
Évaluateur	A-1		1 Le modèle utilise les mêmes questions, et situations pour différentes organisations (Variation de contenu)	3				x		3
Évaluateur	A-4		1 Les informations récoltées sont validées et triangulées (Variation d'échantillonnage)	3				x		3
		Cumulatif	Permet-il une progression logique ?							
Évaluateur	B-1		1 Le modèle présente un outil d'évaluation pertinent et fonctionnel (Fiabilité)	4					x	4
Évaluateur	B-2		1 Les items de l'outil d'évaluation couvrent efficacement l'intégration du BIM (Validité de Contenu)	4					x	4
		Atteignable	Les étapes sont-elles progressives ?							
Évaluateur	C-2		1 Les situations décrites par le modèle sont cohérentes à l'évolution de l'industrie et font parties des pratiques courantes de celle-ci (Validité de contenu)	3				x		3
Évaluateur	C-4		1 Les items correspondent à des situations observables dans l'industrie (Validité de contenu écologique)	2			x			2
			CRITÈRES D'ACCESSIBILITÉ		N.	Peu	D-A	O-G	p.	
		Applicable	Le modèle s'applique t'il à toute la chaîne d'approvisionnement ?							
Évaluateur	D-1		1 Le modèle peut être appliqué à plusieurs acteurs de la construction (Validité écologique)	3				x		3
Évaluateur	D-4		1 Les critères d'évaluation couvrent des domaines d'applications valables pour plusieurs types d'organisations (Validité écologique)	4					x	4
		Flexible	le modèle permet-il d'évaluer à plusieurs échelles ?							
Évaluateur	E-1		1 Le modèle peut servir à évaluer toute taille d'organisation-projet (Robustesse)	2			x			2
Évaluateur	E-4		1 Le modèle possède des moyens d'ajustement pour les situations peu conventionnelles (Robustesse)	2			X			2
		Informatif	Peut il servir de guide à l'amélioration de la situation ?							
Évaluateur	F-2		1 Les informations récoltées permettent de situer l'organisation sur une échelle	4					x	4
Évaluateur	F-4		1 Les informations fournies par le modèle sont pertinentes dans le processus d'amélioration de l'organisation (Validité de conséquences)	2			x			2
		Utilisable	Est-il intuitif et compréhensible ?							
Évaluateur	G-1		1 Le modèle présente un processus d'application simple (méthodologie)	4					x	4
Évaluateur	G-3		1 L'information produite est représentée sous un format compréhensible. (intention)	4					x	4
			CRITÈRES D'OBJECTIVITÉ		N.	Peu	D-A	O-G	p.	
		Précis	Est -il clair et non falsifiable ?							
Évaluateur	H-1		1 La variation d'un critère est majoritairement représentée dans le résultat final (Fiabilité)	2			x			2
Évaluateur	H-3		1 Les résultats du modèle sont retraçables et explicables en fonction de la situation de l'entité évaluée (Fiabilité)	3				x		3
		Neutre	Dépend t'il d'une organisation/personne/institution impartiale ?							
Évaluateur	I-1		1 Le modèle n'introduit pas de biais commerciaux particuliers (extérieurs à ceux de l'organisation évaluée)	4					x	4
Évaluateur	I-2		1 Ce modèle ne favorise pas un schéma de développement prédéterminé	4					x	4
		Spécifique	Le modèle répond -il à un besoin de l'industrie ?							
Évaluateur	J-1		1 L'intention du modèle répond à un besoin de l'industrie (Pertinence)	4					x	4
Évaluateur	J-3		1 Le modèle répond au besoin défini par son intention pour l'évaluateur (Validité de conséquences)	4					x	4
		Universel	Le modèle peut être applicable sans contrainte de temps ni d'espace							
Évaluateur	K-1		1 L'évaluation du modèle repose sur des standards de l'industrie	4					x	4
Évaluateur	K-2		1 Le modèle présente une approche d'évaluation théoriquement reconnue	4					x	4

Tableau-A III-2 Grille de l'évalué MCBIMQ

GRILLE DE L'ÉVALUÉ : MCBIMQ										
			CRITÈRES DE MESURE	Score	N.	Peu	D-A	O-G	p.	S.P
		Cohérent	Peut-on obtenir deux fois le même résultat pour la même organisation ?							
Évalué	A-2		1 La correspondance entre un critère et l'évaluation qui lui est attribuée est claire et retraçable (Condition de correction du test)	3				x		3
Évalué	A-3		1 Le modèle utilise une méthode d'évaluation standardisée quelle que soit l'organisation évaluée (Conditions d'administration du test)	3				x		3
		Cumulatif	Permet-il une progression logique ?							
Évalué	B-3		1 Le modèle présente des critères à remplir présentant une terminologie claire et compréhensible (Conditions d'administration)	2			x			2
Évalué	B-4		1 Les situations ou critères du construit sont cohérents au domaine évalué (Validité de Contenu)	3				x		3
		Atteignable	Les étapes sont-elles progressives ?							
Évalué	C-1		1 Le modèle permet d'évaluer selon des critères liés à la documentation pertinente disponible autour du sujet (Validité didactique)	3				x		3
Évalué	C-3		1 Les situations ou critères demandés afin d'atteindre un résultat optimal sont logiquement réalisables (Validité de contenu écologique)	0	x					0
			CRITÈRES D'ACCESSIBILITÉ		N.	Peu	D-A	O-G	p.	
		Applicable	Le modèle s'applique-t-il à toute la chaîne d'approvisionnement ?							
Évalué	D-2		1 Les ressources humaines, matérielles et financières nécessaires à l'évaluation sont acceptables et proportionnelles au bénéfice encouru	0	x					0
Évalué	D-3		1 Le temps nécessaire à l'évaluation est acceptable pour l'évalué	3				x		3
		Flexible	le modèle permet-il d'évaluer à plusieurs échelles ?							
Évalué	E-2		1 Le modèle permet d'évaluer une organisation quelle que soit sa taille et sa capacité financière (Robustesse)	3				x		3
Évalué	E-3		1 Ce modèle peut être appliqué à différents marchés et utilise des critères et normes adéquats (Robustesse)	2			x			2
		Informatif	Peut-il servir de guide à l'amélioration de la situation ?							
Évalué	F-1		1 Les informations récoltées sont utiles pour avoir une vision globale de la situation autour du BIM (Intention)	3				x		3
Évalué	F-3		1 Les informations fournies par le modèle ont eu un impact mesurable et ont été utiles à un projet postérieur à l'évaluation (Validité de conséquences)	1		x				1
		Utilisable	Est-il intuitif et compréhensible ?							
Évalué	G-2		1 Le modèle présente des ressources facilitant son usage (définitions, explications, vulgarisation) (documentation)	1		x				1
Évalué	G-4		1 La méthode et les buts de l'évaluation sont légitimes et évidents pour des personnes non expertes dans le domaine (intention)	2			x			2
			CRITÈRES D'OBJECTIVITÉ		N.	Peu	D-A	O-G	p.	
		Précis	Est-il clair et non falsifiable ?							
Évalué	H-2		1 Les résultats du modèle sont basés sur des données objectives et vérifiables (Fiabilité)	2			x			2
Évalué	H-4		1 Le modèle présente un niveau de détail adéquat dans ses résultats (Fiabilité)	3				x		3
		Neutre	Dépend-il d'une organisation/personne/institution impartiale ?							
Évalué	I-3		1 Les intentions dirigeant le modèle sont accessibles et claires pour les parties concernées	3				x		3
Évalué	I-4		1 Le modèle ne préconise pas une solution technologique en particulier	3				x		3
		Spécifique	Le modèle répond-il à un besoin de l'industrie ?							
Évalué	J-2		1 Le modèle répond au besoin défini par son intention pour l'évalué (Validité de conséquences)	3				x		3
Évalué	J-4		1 Les résultats du modèle sont représentatifs des normes et des meilleures pratiques de l'industrie (Pertinence)	3				x		3
		Universel	Le modèle peut être applicable sans contrainte de temps ni d'espace							
Évalué	K-3		1 Le modèle possède une faible barrière d'adoption	0	x					0
Évalué	K-4		1 Le modèle est largement disponible (Site web, publications, diffusion)	3				x		3

Tableau-A III-3 Résumé de l'évaluation pour le modèle MCBIMQ

RÉSUMÉ DE L'ÉVALUATION MCBIMQ					
Audience	ID	Critère	P.	Indicateur	
MESURE					
		Cohérent		Peut-on obtenir deux fois le même résultat pour la même organisation ?	
Évaluateur	A-1		1	Le modèle utilise les mêmes questions, et situations pour différentes organisations (Variation de contenu)	3
Évalué	A-2		1	La correspondance entre un critère et l'évaluation qui lui est attribuée est claire et retraçable (Condition de correction du test)	3
Évalué	A-3		1	Le modèle utilise une méthode d'évaluation standardisée quelle que soit l'organisation évaluée (Conditions d'administration du test)	3
Évaluateur	A-4		1	Les informations récoltées sont validées et triangulées (Variation d'échantillonnage)	3
		Cumulatif		Permet-il une progression logique ?	
Évaluateur	B-1		1	Le modèle présente un outil d'évaluation pertinent et fonctionnel (Fiabilité)	4
Évaluateur	B-2		1	Les items de l'outil d'évaluation couvrent efficacement l'intégration du BIM (Validité de Contenu)	4
Évalué	B-3		1	Le modèle présente des critères à remplir présentant une terminologie claire et compréhensible (Conditions d'administration)	2
Évalué	B-4		1	Les situations ou critères du construit sont cohérents au domaine évalué (Validité de Contenu)	3
		Atteignable		Les étapes sont-elles progressives ?	
Évalué	C-1		1	Le modèle permet d'évaluer selon des critères liés à la documentation pertinente disponible autour du sujet (Validité didactique)	3
Évaluateur	C-2		1	Les situations décrites par le modèle sont cohérentes à l'évolution de l'industrie et font parties des pratiques courantes de celle-ci (Validité de contenu)	3
Évalué	C-3		1	Les situations ou critères demandés afin d'atteindre un résultat optimal sont logiquement réalisables (Validité de contenu écologique)	0
Évaluateur	C-4		1	Les items correspondent à des situations observables dans l'industrie (Validité de contenu écologique)	2
ACCESSIBILITÉ					
		Applicable		Le modèle s'applique t'il à toute la chaîne d'approvisionnement ?	
Évaluateur	D-1		1	Le modèle peut être appliqué à plusieurs acteurs de la construction (Validité écologique)	3
Évalué	D-2		1	Les ressources humaines, matérielles et financières nécessaires à l'évaluation sont acceptables et proportionnelles au bénéfice encouru	0
Évalué	D-3		1	Le temps nécessaire à l'évaluation est acceptable pour l'évalué	3
Évaluateur	D-4		1	Les critères d'évaluation couvrent des domaines d'applications valables pour plusieurs types d'organisations (Validité écologique)	4
		Flexible		le modèle permet-il d'évaluer à plusieurs échelles ?	
Évaluateur	E-1		1	Le modèle peut servir à évaluer toute taille d'organisation-projet (Robustesse)	2
Évalué	E-2		1	Le modèle permet d'évaluer une organisation quelle que soit sa taille et sa capacité financière (Robustesse)	3
Évalué	E-3		1	Ce modèle peut être appliqué à différents marchés et utilise des critères et normes adéquats (Robustesse)	2
Évaluateur	E-4		1	Le modèle possède des moyens d'ajustement pour les situations peu conventionnelles (Robustesse)	2
		Informatif		Peut-il servir de guide à l'amélioration de la situation ?	
Évalué	F-1		1	Les informations récoltées sont utiles pour avoir une vision globale de la situation autour du BIM (Intention)	3
Évaluateur	F-2		1	Les informations récoltées permettent de situer l'organisation sur une échelle	4
Évalué	F-3		1	Les informations fournies par le modèle ont eu un impact mesurable et ont été utiles à un projet postérieur à l'évaluation (Validité de conséquences)	1
Évaluateur	F-4		1	Les informations fournies par le modèle sont pertinentes dans le processus d'amélioration de l'organisation (Validité de conséquences)	2
		Utilisable		Est-il intuitif et compréhensible ?	
Évaluateur	G-1		1	Le modèle présente un processus d'application simple (méthodologie)	4
Évalué	G-2		1	Le modèle présente des ressources facilitant son usage (définitions, explications, vulgarisation) (documentation)	1
Évaluateur	G-3		1	L'information produite est représentée sous un format compréhensible. (intention)	4
Évalué	G-4		1	La méthode et les buts de l'évaluation sont légitimes et évidents pour des personnes non expertes dans le domaine (intention)	2

Tableau-A III-3 Résumé de l'évaluation pour le modèle MCBIMQ (suite)

OBJECTIVITÉ					
		Précis		Est -il clair et non falsifiable ?	
Évaluateur	H-1		1	La variation d'un critère est majoritairement représentée dans le résultat final (Fiabilité)	2
Évalué	H-2		1	Les résultats du modèle sont basés sur des données objectives et vérifiables (Fiabilité)	2
Évaluateur	H-3		1	Les résultats du modèle sont retraçables et explicables en fonction de la situation de l'entité évaluée (Fiabilité)	3
Évalué	H-4		1	Le modèle présente un niveau de détail adéquat dans ses résultats (Fiabilité)	3
		Neutre		Dépend -il d'une organisation/personne/institution impartiale ?	
Évaluateur	I-1		1	Le modèle n'introduit pas de biais commerciaux particuliers (extérieurs à ceux de l'organisation évaluée)	4
Évaluateur	I-2		1	Ce modèle ne favorise pas un schéma de développement prédéterminé	4
Évalué	I-3		1	Les intentions dirigeant le modèle sont accessibles et claires pour les parties concernées	3
Évalué	I-4		1	Le modèle ne préconise pas une solution technologique en particulier	3
		Spécifique		Le modèle répond -il a un besoin de l'industrie ?	
Évaluateur	J-1		1	L'intention du modèle répond à un besoin de l'industrie (Pertinence)	4
Évalué	J-2		1	Le modèle répond au besoin définit par son intention pour l'évalué (Validité de conséquences)	3
Évaluateur	J-3		1	Le modèle répond au besoin définit par son intention pour l'évaluateur (Validité de conséquences)	4
Évalué	J-4		1	Les résultats du modèle sont représentatifs des normes et des meilleures pratiques de l'industrie (Pertinence)	3
		Universel		Le modèle peut être applicable sans contrainte de temps ni d'espace	
Évaluateur	K-1		1	L'évaluation du modèle repose sur des standards de l'industrie	4
Évaluateur	K-2		1	Le modèle présente une approche d'évaluation théoriquement reconnue	4
Évalué	K-3		1	Le modèle possède une faible barrière d'adoption	0
Évalué	K-4		1	Le modèle est largement disponible (Site web, publications, diffusion)	3

Tableau-A III-4 Résumé des résultats MCBIMQ

MCBIMQ				
Catégorie	Critère	Évalué	Évaluateur	Total
Mesure	Cohérent	6	6	0
	Cumulatif	5	8	3
	Atteignable	3	5	2
	Moyenne	2,3	3,2	0,9
Applicabilité	Applicable	3	7	4
	Flexible	5	4	1
	Informatif	4	6	2
	Utilisable	3	8	5
	Moyenne	1,9	3,1	1,2
Objectivité	Précis	5	5	0
	Neutre	6	8	2
	Spécifique	6	8	2
	Universel	3	8	5
	Moyenne	2,5	3,6	1,1
Ergonomique		4,2	6,3	2,1
Adaptable		4,4	6,8	2,4
Fiable		4,8	6,8	2

Tableau-A III-5 Grille de l'évaluateur SCBIMMM

GRILLE DE L'ÉVALUATEUR : SCBIMMM											
				CRITÈRES DE MESURE	Score	N.	Peu	D-A	O-G	p.	S.P
		Cohérent		Peut-on obtenir deux fois le même résultat pour la même organisation ?							
Évaluateur	A-1		1	Le modèle utilise les mêmes questions, et situations pour différentes organisations (Variation de contenu)	2			x			2
Évaluateur	A-4		1	Les informations récoltées sont validées et triangulées (Variation d'échantillonnage)	4					x	4
		Cumulatif		Permet-il une progression logique ?							
Évaluateur	B-1		1	Le modèle présente un outil d'évaluation pertinent et fonctionnel (Fiabilité)	4					x	4
Évaluateur	B-2		1	Les items de l'outil d'évaluation couvrent efficacement l'intégration du BIM (Validité de Contenu)	3				x		3
		Atteignable		Les étapes sont-elles progressives ?							
Évaluateur	C-2		1	Les situations décrites par le modèle sont cohérentes à l'évolution de l'industrie et font parties des pratiques courantes de celle-ci (Validité de contenu)	3				x		3
Évaluateur	C-4		1	Les items correspondent à des situations observables dans l'industrie (Validité de contenu écologique)	3				x		3
				CRITÈRES D'ACCESSIBILITÉ		N.	Peu	D-A	O-G	p.	S.P
		Applicable		Le modèle s'applique-t-il à toute la chaîne d'approvisionnement ?							
Évaluateur	D-1		1	Le modèle peut être appliqué à plusieurs acteurs de la construction (Validité écologique)	3				x		3
Évaluateur	D-4		1	Les critères d'évaluation couvrent des domaines d'applications valables pour plusieurs types d'organisations (Validité écologique)	2			x			2
		Flexible		Le modèle permet-il d'évaluer à plusieurs échelles ?							
Évaluateur	E-1		1	Le modèle peut servir à évaluer toute taille d'organisation-projet (Robustesse)	2			x			2
Évaluateur	E-4		1	Le modèle possède des moyens d'ajustement pour les situations peu conventionnelles (Robustesse)	3				x		3
		Informatif		Peut-il servir de guide à l'amélioration de la situation ?							
Évaluateur	F-2		1	Les informations récoltées permettent de situer l'organisation sur une échelle	2			x			2
Évaluateur	F-4		1	Les informations fournies par le modèle sont pertinentes dans le processus d'amélioration de l'organisation (Validité de conséquences)	4					x	4
		Utilisable		Est-il intuitif et compréhensible ?							
Évaluateur	G-1		1	Le modèle présente un processus d'application simple (méthodologie)	2			x			2
Évaluateur	G-3		1	L'information produite est représentée sous un format compréhensible. (intention)	4					x	4
				CRITÈRES D'OBJECTIVITÉ		N.	Peu	D-A	O-G	p.	S.P
		Précis		Est -il clair et non falsifiable ?							
Évaluateur	H-1		1	La variation d'un critère est majoritairement représentée dans le résultat final (Fiabilité)	3				x		3
Évaluateur	H-3		1	Les résultats du modèle sont retraçables et explicables en fonction de la situation de l'entité évaluée (Fiabilité)	4					x	4
		Neutre		Dépend t'il d'une organisation/personne/institution impartiale ?							
Évaluateur	I-1		1	Le modèle n'introduit pas de biais commerciaux particuliers (extérieurs à ceux de l'organisation évaluée)	4					x	4
Évaluateur	I-2		1	Ce modèle ne favorise pas un schéma de développement prédéterminé	4					x	4
		Spécifique		Le modèle répond t'il a un besoin de l'industrie ?							
Évaluateur	J-1		1	L'intention du modèle répond à un besoin de l'industrie (Pertinence)	3				x		3
Évaluateur	J-3		1	Le modèle répond au besoin défini par son intention pour l'évaluateur (Validité de conséquences)	4					x	4
		Universel		Le modèle peut être applicable sans contrainte de temps ni d'espace							
Évaluateur	K-1		1	L'évaluation du modèle repose sur des standards de l'industrie	4					x	4
Évaluateur	K-2		1	Le modèle présente une approche d'évaluation théoriquement reconnue	4					x	4

Tableau-A III-6 Grille de l'évalué SCBIMMM, répondant 1

GRILLE DE L'ÉVALUÉ n-1 : SCBIMMM										
			CRITÈRES DE MESURE	Score	N.	Peu	D-A	O-G	p.	S.P
		Cohérent	Peut-on obtenir deux fois le même résultat pour la même organisation ?							
Évalué	A-2		1 La correspondance entre un critère et l'évaluation qui lui est attribuée est claire et retraceable (Condition de correction du test)	2			x			2
Évalué	A-3		1 Le modèle utilise une méthode d'évaluation standardisée quelle que soit l'organisation évaluée (Conditions d'administration du test)	3				x		3
		Cumulatif	Permet-il une progression logique ?							
Évalué	B-3		1 Le modèle présente des critères à remplir présentant une terminologie claire et compréhensible (Conditions d'administration)	3				x		3
Évalué	B-4		1 Les situations ou critères du construit sont cohérents au domaine évalué (Validité de Contenu)	3				x		3
		Atteignable	Les étapes sont-elles progressives ?							
Évalué	C-1		1 Le modèle permet d'évaluer selon des critères liés à la documentation pertinente disponible autour du sujet (Validité didactique)	0	x					0
Évalué	C-3		1 Les situations ou critères demandés afin d'atteindre un resultat optimal sont logiquement réalisables (Validité de contenu écologique)	4					x	4
			CRITÈRES D'ACCESSIBILITÉ		N.	Peu	D-A	O-G	p.	S.P
		Applicable	Le modèle s'applique-t-il à toute la chaîne d'approvisionnement ?							
Évalué	D-2		1 Les ressources humaines, matérielles et financières nécessaires à l'évaluation sont acceptables et proportionnelles au bénéfice encouru	4					x	4
Évalué	D-3		1 Le temps nécessaire à l'évaluation est acceptable pour l'évalué	4					x	4
		Flexible	le modèle permet-il d'évaluer à plusieurs échelles ?							
Évalué	E-2		1 Le modèle permet d'évaluer une organisation quelle que soit sa taille et sa capacité financière (Robustesse)	2			x			2
Évalué	E-3		1 Ce modèle peut être appliqué à différents marchés et utilise des critères et normes adéquats (Robustesse)	2			x			2
		Informatif	Peut-il servir de guide à l'amélioration de la situation ?							
Évalué	F-1		1 Les informations récoltées sont utiles pour avoir une vision globale de la situation autour du BIM (Intention)	4					x	4
Évalué	F-3		1 Les informations fournies par le modèle ont eu un impact mesurable et ont été utiles à un projet postérieur à l'évaluation (Validité de conséquences)	4					X	4
		Utilisable	Est-il intuitif et compréhensible ?							
Évalué	G-2		1 Le modèle présente des ressources facilitant son usage (définitions, explications, vulgarisation) (documentation)	3				x		3
Évalué	G-4		1 La méthode et les buts de l'évaluation sont légitimes et évidents pour des personnes non expertes dans le domaine (intention)	0	x					0
			CRITÈRES D'OBJECTIVITÉ		N.	Peu	D-A	O-G	p.	S.P
		Précis	Est -il clair et non falsifiable ?							
Évalué	H-2		1 Les résultats du modèle sont basés sur des données objectives et vérifiables (Fiabilité)	1		x				1
Évalué	H-4		1 Le modèle présente un niveau de détail adéquat dans ses résultats (Fiabilité)	3				x		3
		Neutre	Dépend -il d'une organisation/personne/institution impartiale ?							
Évalué	I-3		1 Les intentions dirigeant le modèle sont accessibles et claires pour les parties concernées	3				x		3
Évalué	I-4		1 Le modèle ne préconise pas une solution technologique en particulier	3				x		3
		Spécifique	Le modèle répond -il a un besoin de l'industrie ?							
Évalué	J-2		1 Le modèle répond au besoin définit par son intention pour l'évalué (Validité de conséquences)	4					x	4
Évalué	J-4		1 Les résultats du modèle sont représentatifs des normes et des meilleures pratiques de l'industrie (Pertinence)	3				x		3
		Universel	Le modèle peut être applicable sans contrainte de temps ni d'espace							
Évalué	K-3		1 Le modèle possède une faible barrière d'adoption	0	x					0
Évalué	K-4		1 Le modèle est largement disponible (Site web, publications, diffusion)	3				x		3

Tableau-A III-7 Grille de l'évalué SCBIMMM, répondant 2

GRILLE DE L'ÉVALUÉ n-2 : SCBIMMM											
			CRITÈRES DE MESURE	Score	N.	Peu	D-A	O-G	p.	S.P	
		Cohérent	Peut-on obtenir deux fois le même résultat pour la même organisation ?								
Évalué	A-2		1 La correspondance entre un critère et l'évaluation qui lui est attribuée est claire et retraceable (Condition de correction du test)	3				x		3	
Évalué	A-3		1 Le modèle utilise une méthode d'évaluation standardisée quelle que soit l'organisation évaluée (Conditions d'administration du test)	3				x		3	
		Cumulatif	Permet-il une progression logique ?								
Évalué	B-3		1 Le modèle présente des critères à remplir présentant une terminologie claire et compréhensible (Conditions d'administration)	2			x			2	
Évalué	B-4		1 Les situations ou critères du construit sont cohérents au domaine évalué (Validité de Contenu)	3				x		3	
		Atteignable	Les étapes sont-elles progressives ?								
Évalué	C-1		1 Le modèle permet d'évaluer selon des critères liés à la documentation pertinente disponible autour du sujet (Validité didactique)	3				x		3	
Évalué	C-3		1 Les situations ou critères demandés afin d'atteindre un résultat optimal sont logiquement réalisables (Validité de contenu écologique)	0	x					0	
			CRITÈRES D'ACCESSIBILITÉ		N.	Peu	D-A	O-G	p.	S.P	
		Applicable	Le modèle s'applique-t-il à toute la chaîne d'approvisionnement ?								
Évalué	D-2		1 Les ressources humaines, matérielles et financières nécessaires à l'évaluation sont acceptables et proportionnelles au bénéfice encouru	4					x	4	
Évalué	D-3		1 Le temps nécessaire à l'évaluation est acceptable pour l'évalué	4					x	4	
		Flexible	Le modèle permet-il d'évaluer à plusieurs échelles ?								
Évalué	E-2		1 Le modèle permet d'évaluer une organisation quelle que soit sa taille et sa capacité financière (Robustesse)	3				x		3	
Évalué	E-3		1 Ce modèle peut être appliqué à différents marchés et utilise des critères et normes adéquats (Robustesse)	3				x		3	
		Informatif	Peut-il servir de guide à l'amélioration de la situation ?								
Évalué	F-1		1 Les informations récoltées sont utiles pour avoir une vision globale de la situation autour du BIM (Intention)	3				x		3	
Évalué	F-3		1 Les informations fournies par le modèle ont eu un impact mesurable et ont été utiles à un projet postérieur à l'évaluation (Validité de conséquences)	2			x			2	
		Utilisable	Est-il intuitif et compréhensible ?								
Évalué	G-2		1 Le modèle présente des ressources facilitant son usage (définitions, explications, vulgarisation) (documentation)	2			x			2	
Évalué	G-4		1 La méthode et les buts de l'évaluation sont légitimes et évidents pour des personnes non expertes dans le domaine (intention)	1		x				1	
			CRITÈRES D'OBJECTIVITÉ		N.	Peu	D-A	O-G	p.	S.P	
		Précis	Est-il clair et non falsifiable ?								
Évalué	H-2		1 Les résultats du modèle sont basés sur des données objectives et vérifiables (Fiabilité)	2			x			2	
Évalué	H-4		1 Le modèle présente un niveau de détail adéquat dans ses résultats (Fiabilité)	4					x	4	
		Neutre	Dépend-il d'une organisation/personne/institution impartiale ?								
Évalué	I-3		1 Les intentions dirigeant le modèle sont accessibles et claires pour les parties concernées	4					x	4	
Évalué	I-4		1 Le modèle ne préconise pas une solution technologique en particulier	3				x		3	
		Spécifique	Le modèle répond-il à un besoin de l'industrie ?								
Évalué	J-2		1 Le modèle répond au besoin défini par son intention pour l'évalué (Validité de conséquences)	3				x		3	
Évalué	J-4		1 Les résultats du modèle sont représentatifs des normes et des meilleures pratiques de l'industrie (Pertinence)	1		x				1	
		Universel	Le modèle peut être applicable sans contrainte de temps ni d'espace								
Évalué	K-3		1 Le modèle possède une faible barrière d'adoption	1		x				1	
Évalué	K-4		1 Le modèle est largement disponible (Site web, publications, diffusion)	1		x				1	

Tableau-A III-8 Résumé de l'évaluation pour le modèle SCBIMMM

RÉSUMÉ					
Audience	ID	Critère	P.	Indicateur	
		Cohérent		Peut-on obtenir deux fois le même résultat pour la même organisation ?	
Évaluateur	A-1		1	Le modèle utilise les mêmes questions, et situations pour différentes organisations (Variation de contenu)	2
Évalué	A-2		1	La correspondance entre un critère et l'évaluation qui lui est attribuée est claire et retraçable (Condition de correction du test)	2,5
Évalué	A-3		1	Le modèle utilise une méthode d'évaluation standardisée quelle que soit l'organisation évaluée (Conditions d'administration du test)	3
Évaluateur	A-4		1	Les informations récoltées sont validées et triangulées (Variation d'échantillonnage)	4
		Synthétique		Permet-il une progression logique ?	
Évaluateur	B-1		1	Le modèle présente un outil d'évaluation pertinent et fonctionnel (Fiabilité)	4
Évaluateur	B-2		1	Les items de l'outil d'évaluation couvrent efficacement l'intégration du BIM (Validité de Contenu)	3
Évalué	B-3		1	Le modèle présente des critères à remplir présentant une terminologie claire et compréhensible (Conditions d'administration)	2,5
Évalué	B-4		1	Les situations ou critères du construit sont cohérents au domaine évalué (Validité de Contenu)	3
		Atteignable		Les étapes sont-elles progressives ?	
Évalué	C-1		1	Le modèle permet d'évaluer selon des critères liés à la documentation pertinente disponible autour du sujet (Validité didactique)	1,5
Évaluateur	C-2		1	Les situations décrites par le modèle sont cohérentes à l'évolution de l'industrie et font parties des pratiques courantes de celle-ci (Validité de contenu)	3
Évalué	C-3		1	Les situations ou critères demandés afin d'atteindre un résultat optimal sont logiquement réalisables (Validité de contenu écologique)	2
Évaluateur	C-4		1	Les items correspondent à des situations observables dans l'industrie (Validité de contenu écologique)	3
		Applicable		Le modèle s'applique-t-il à toute la chaîne d'approvisionnement ?	
Évaluateur	D-1		1	Le modèle peut être appliqué à plusieurs acteurs de la construction (Validité écologique)	3
Évalué	D-2		1	Les ressources humaines, matérielles et financières nécessaires à l'évaluation sont acceptables et proportionnelles au bénéfice encouru	4
Évalué	D-3		1	Le temps nécessaire à l'évaluation est acceptable pour l'évalué	4
Évaluateur	D-4		1	Les critères d'évaluation couvrent des domaines d'applications valables pour plusieurs types d'organisations (Validité écologique)	2
		Flexible		Le modèle permet-il d'évaluer à plusieurs échelles ?	
Évaluateur	E-1		1	Le modèle peut servir à évaluer toute taille d'organisation-projet (Robustesse)	2
Évalué	E-2		1	Le modèle permet d'évaluer une organisation quelle que soit sa taille et sa capacité financière (Robustesse)	2,5
Évalué	E-3		1	Ce modèle peut être appliqué à différents marchés et utilise des critères et normes adéquats (Robustesse)	2,5
Évaluateur	E-4		1	Le modèle possède des moyens d'ajustement pour les situations peu conventionnelles (Robustesse)	3
		Informatif		Peut-il servir de guide à l'amélioration de la situation ?	
Évalué	F-1		1	Les informations récoltées sont utiles pour avoir une vision globale de la situation autour du BIM (Intention)	3,5
Évaluateur	F-2		1	Les informations récoltées permettent de situer l'organisation sur une échelle	2
Évalué	F-3		1	Les informations fournies par le modèle ont eu un impact mesurable et ont été utiles à un projet postérieur à l'évaluation (Validité de conséquences)	3
Évaluateur	F-4		1	Les informations fournies par le modèle sont pertinentes dans le processus d'amélioration de l'organisation (Validité de conséquences)	4
		Utilisable		Est-il intuitif et compréhensible ?	
Évaluateur	G-1		1	Le modèle présente un processus d'application simple (méthodologie)	2
Évalué	G-2		1	Le modèle présente des ressources facilitant son usage (définitions, explications, vulgarisation) (documentation)	2,5
Évaluateur	G-3		1	L'information produite est représentée sous un format compréhensible. (intention)	4
Évalué	G-4		1	La méthode et les buts de l'évaluation sont légitimes et évidents pour des personnes non expertes dans le domaine (intention)	0,5

Tableau-A III-8 Résumé de l'évaluation pour le modèle SCBIMMM (suite)

Audience	ID	Critère	P.	Indicateur	Audience
		Précis		Est-il clair et non falsifiable ?	
Évaluateur	H-1		1	La variation d'un critère est majoritairement représentée dans le résultat final (Fiabilité)	3
Évalué	H-2		1	Les résultats du modèle sont basés sur des données objectives et vérifiables (Fiabilité)	1,5
Évaluateur	H-3		1	Les résultats du modèle sont retraçables et explicables en fonction de la situation de l'entité évaluée (Fiabilité)	4
Évalué	H-4		1	Le modèle présente un niveau de détail adéquat dans ses résultats (Fiabilité)	3,5
		Neutre		Dépend-il d'une organisation/personne/institution impartiale ?	
Évaluateur	I-1		1	Le modèle n'introduit pas de biais commerciaux particuliers (extérieurs à ceux de l'organisation évaluée)	4
Évaluateur	I-2		1	Ce modèle ne favorise pas un schéma de développement prédéterminé	4
Évalué	I-3		1	Les intentions dirigeant le modèle sont accessibles et claires pour les parties concernées	3,5
Évalué	I-4		1	Le modèle ne préconise pas une solution technologique en particulier	3
		Spécifique		Le modèle répond -il a un besoin de l'industrie ?	
Évaluateur	J-1		1	L'intention du modèle répond à un besoin de l'industrie (Pertinence)	3
Évalué	J-2		1	Le modèle répond au besoin définit par son intention pour l'évalué (Validité de conséquences)	3,5
Évaluateur	J-3		1	Le modèle répond au besoin définit par son intention pour l'évaluateur (Validité de conséquences)	4
Évalué	J-4		1	Les résultats du modèle sont représentatifs des normes et des meilleures pratiques de l'industrie (Pertinence)	2
		Universel		Le modèle peut être applicable sans contrainte de temps ni d'espace	
Évaluateur	K-1		1	L'évaluation du modèle repose sur des standards de l'industrie	4
Évaluateur	K-2		1	Le modèle présente une approche d'évaluation théoriquement reconnue	4
Évalué	K-3		1	Le modèle possède une faible barrière d'adoption	0,5
Évalué	K-4		1	Le modèle est largement disponible (Site web, publications, diffusion)	2

Tableau-A III-9 Résumé des résultats SCBIMMM

SCBIMMM				
Catégorie	Critères	Évalué	Évaluateur	Écart
Mesure	Cohérent	5,5	6	0,5
	Cumulatif	5,5	7	1,5
	Atteignable	3,5	6	2,5
	Moyenne	2,4	3,2	0,8
Applicabilité	Applicable	8	5	3
	Flexible	5	5	0
	Informatif	6,5	6	0,5
	Utilisable	3	6	3
	Moyenne	2,8	2,8	0
Objectivité	Précis	5	7	2
	Neutre	6,5	8	1,5
	Spécifique	5,5	7	1,5
	Universel	2,5	8	5,25
	Moyenne	2,4	3,8	1,4
Ergonomique		5,2	5,9	0,7
Adaptable		5,3	6,5	1,2
Fiable		4,9	6,9	2

ANNEXE IV

GUIDE D'UTILISATION DE L'OUTIL D'ÉVALUATION EMPIRIQUE DES MODELES D'ÉVALUATION DU BIM

JUILLET 2020

Guide d'utilisation

OUTIL D'ÉVALUATION EMPIRIQUE DES
MODÈLES D'ÉVALUATION DU BIM

Emmanuelle NONIRIT

APERÇU



L'industrie de la construction subit actuellement un virage technologique massif. Après de nombreuses années à observer un système traditionnel, les acteurs de ce secteur doivent maintenant changer leurs pratiques afin d'augmenter leur performance. C'est un secteur vital de l'industrie canadienne (Ruparathna et Hewage, 2015) qui a comme principale préoccupation de moderniser ses outils et ses pratiques (Miettinen et Paavola, 2014). La modélisation des données du bâtiment ou BIM (Building Information Modeling) est l'un des développements les plus prometteur de l'industrie (Eastman et al., 2011), sa valeur ajoutée a été testée dans le cadre d'études théoriques et pratiques (Davies et Harty, 2013; Migilinskas et al., 2013). Aujourd'hui, l'implantation du BIM à l'échelle provinciale pourrait permettre de faciliter les processus collaboratifs, de réduire les erreurs et d'augmenter la qualité du livrable (Sebastian et Van Berlo, 2011).

Toutefois, le BIM est un changement de paradigme, une technologie de rupture (Forgues, Staub-French et Farah, 2011). Succar (2010) le décrit comme un ensemble interrelié de politiques, processus et technologies description à laquelle Miettinen et Paavola (2014) ajoutent qu'il est multidimensionnel, évolutif et complexe. D'où le fait que l'implémentation du BIM dans le cadre du changement des pratiques en construction comprend de nombreux risques et défis. En effet, l'implantation du BIM demande aux entreprises un investissement initial considérable (Olatunji, 2011). Cependant, d'après Smits, van Buiten et Hartmann (2016) les retours ne sont pas toujours au rendez-vous notamment parce qu'une implémentation réussie du BIM dépend fortement de son intégration au niveau des processus organisationnels et d'une évolution harmonieuse des ressources humaines et technologiques (Smits, van Buiten et Hartmann, 2016; Succar, Sher et Williams, 2012).

Pour guider et formaliser l'implémentation du BIM, de nombreux modèles d'évaluation ont été développés (Arayici et al., 2009) présentant une grande diversité de mesures, de méthodologies et de bases théoriques. Certains outils ont été développés pour l'usage d'un acteur de l'industrie dans un contexte précis (OBIMA, BIMCAT...) d'autres ont été conçus avec l'intention de développer une mesure standard pour l'industrie. Le processus de développement standard d'un modèle d'évaluation du BIM consiste en quatre étapes :

1. La revue des modèles existants
2. L'énonciation des défauts des modèles existants
3. Le choix d'un modèle existant comme base théorique
4. Le développement d'un nouveau modèle contextuellement ancré

Cette méthode a mené au développement de modèles d'évaluation nombreux, uniques et utilisant leurs propres échelles ce qui les rend difficilement comparables (Chengke et al., 2016; Wu et al., 2018). Actuellement les modèles d'évaluation du BIM au niveau organisationnel sont testés lors de leur développement toutefois, la portée de la recherche s'arrête à la production d'un modèle applicable. Les modèles manquent de validation scientifique de leur processus et de leur résultats (Sebastian et Van Berlo, 2011), ce constat est aussi fait par les chercheurs développant ces modèles, car ceux-ci préconisent comme recherches futures l'amélioration de leur modèle suite à des validation empiriques (Forgues, 2017; Giel et Issa, 2014).

Il est donc nécessaire d'étudier et d'apporter une validation aux modèles existant pour premièrement éprouver et potentiellement améliorer ces modèles et deuxièmement pour déterminer si ils sont en adéquation à leur contexte.



La méthode d'évaluation empirique développée ramène les modèle d'évaluation de l'intégration du BIM à des points simples qui caractérisent tout moyen d'évaluation :

- Une intention (que souhaite t'on évaluer et dans quel but)
- Une méthode de collecte d'information
- Un outil de jugement (servant à attribuer une appréciation d'une situation)
- Des résultats (Ils représentent les informations issues du modèle)
- Des conséquences

Ceci à pour avantages de permettre la comparaison de modèles quels que soit la base théorique sur laquelle ils sont fondés.

Le chapitre 2 suivant se concentre sur le développement de l'outil et les notions de psychométries abordées ensuite, le chapitre 3 développe chaque item du modèle et son application. L'outil d'évaluation empirique des modèles d'évaluation de l'intégration du BIM a été développé dans le cadre de la chaire d'intégration des nouvelles technologies dans le domaine de la construction. Avec la participation du Groupe BIM du Québec et de MITACS Accélération.

TEA-BIMIA

DÉVELOPPEMENT DE L'OUTIL

ASSOCIATION DES CRITÈRES

Les critères énoncés par Succar, Sher et Williams (2012) sont évoqués par les chercheurs développant des modèles d'évaluation du BIM comme des principes de base guidant le développement de leur modèle. Ces critères peuvent être regroupés sous trois groupes : Les critères de mesure, les critères d'accessibilité et les critères d'objectivité. Ceux-ci peuvent ensuite être combinés comme présente la figure 1 ci-dessous.

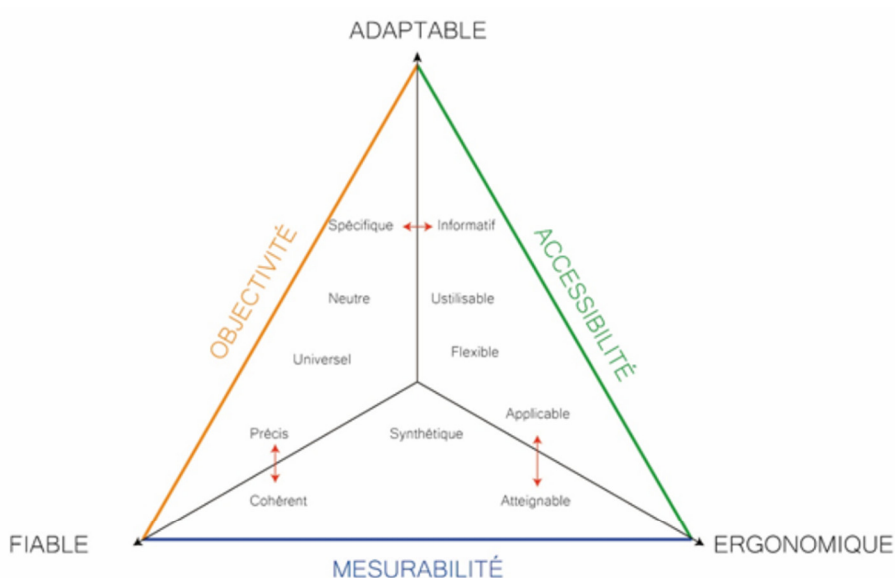


Figure 1: Base de l'évaluation empirique des modèle d'évaluation de l'intégration un BIM à partir des critères énoncés par Succar, Sheer, Williams (2012)

La précision et la cohérence sont les principaux indicateurs de la fiabilité d'un modèle qui dépend généralement de son objectivité et de la qualité de sa mesure. Dans la même optique, un modèle facilement applicable et atteignable augmentera en usabilité. L'adaptabilité est plus difficile à associer à des catégories toutefois, certains items influant sur la cohérence du modèle tels que la non variation de contenu et la non variation des conditions d'administration semblent s'opposer à la notion d'adaptabilité. C'est pourquoi celle-ci est associée principalement à l'accessibilité et l'adaptabilité.

NOTIONS DE PSYCHOMETRIE

Les notions de psychométries associées aux critères énoncés précédemment concernent principalement la validité, la fidélité, la pertinence et la robustesse de la méthode d'évaluation. La validité et la fidélité sont deux notions importantes en psychométrie. La fidélité désigne la justesse de la mesure sans regard à ce que celle-ci doit mesurer. La validité désigne la pertinence de la mesure par rapport à son intention et son contexte. Il existe plusieurs types de validité, les principales utilisées dans le développement de ce modèle sont :

- **La validité de construit** : Le test permet-il de mesurer l'objet théorique qui doit être évalué
- **La validité de contenu** : L'échantillonnage du test permet-il de couvrir les éléments du domaine elle comprend :
 - **La validité de contenu logique** : qui associe les items du test à une vision d'experts théoriques
 - **La validité de contenu écologique** : qui associe les items du test à une vision d'experts pratiques
- **La validité critériée** : Met en relation le test et la valeur de critères représentant le construit
- **La validité de conséquences** : L'usage du test a-t-il permis d'atteindre le but fixé dans les intentions.
- **La validité didactique** : Le test est-il basé sur des notions qu'il est possible d'apprendre.

Le principe de validité se base beaucoup sur la notion de construit. Un construit représente le trait, la construction théorique que souhaite évaluer le test. Le construit est un idéal théorique évolutif et en constante co-construction par rapport à la réalité du domaine. Cependant, selon sa validité telle que détaillé ci-dessus, un test ne s'aligne pas forcément à son construit. On obtient alors, comme le montre la figure 2 ci-contre une variance non reliée au construit et une sous-représentation du construit.

La variance non reliée au construit représente ce que mesure le test qui n'est pas le construit recherché. Tandis que la sous-représentation du construit représente ce que ne mesure pas le test mais qui fait partie du construit recherché. Pour qu'un test soit valide l'on recherche le meilleur alignement entre le domaine, le construit et le test avec un minimum de variance et de sous-représentation.

Dans le domaine de l'évaluation de l'intégration du BIM, comme représenté dans la figure 3, le domaine de connaissance est le BIM, le construit est l'évaluation du BIM au niveau organisationnel. A droite, le test présentant un faible alignement sera moins pertinent quant à son intention qu'un test présentant un meilleur alignement et une faible sous-représentation du construit.

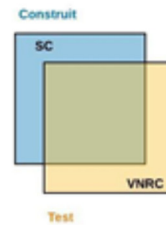


Figure 3: Construit, sous-représentation du construit et variance non reliée au construit adapté de Introduction à la psychométrie, Thomas P. Hogan (2017)

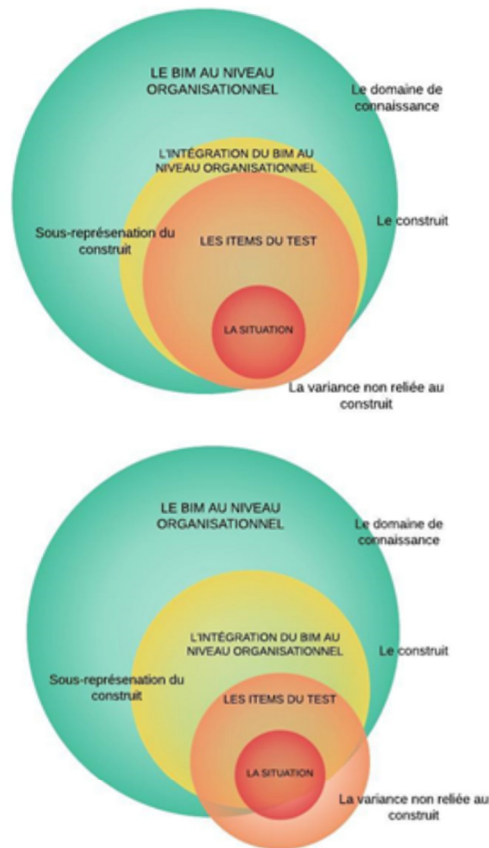


Figure 3: Alignement et validité du construit du test

ASSOCIATION DE CRITÈRES DE VALIDITÉ-FIABILITÉ AUX CRITÈRES DE DÉVELOPPEMENT DE MODÈLES D'ÉVALUATION DU BIM.

Dans l'idée du développement d'un outil de jugement des modèles d'évaluation, les critères énoncés par Succar, Sher et Williams (2012) ont été associés à des notions de psychométrie. Celles-ci grâce aux facteurs qui les influencent ont permis d'affiner les critères et de développer des items ou indicateurs permettant de déterminer la correspondance à ces critères. La figure 4 ci-contre résume les relations entre les différents types de validité et de fidélité et les critères de développement d'un modèle d'évaluation du BIM.

CRITERES DE MESURE			
Réfèrent à l'alignement du test par rapport au domaine	Cohérent	Fiabilité : Qualité de la mesure sans rapport à son contexte	
	Cumulatif	Validité de contenu : L'échantillonnage couvre le domaine d'étude	Fiabilité : Qualité de la mesure sans rapport à son contexte
	Atteignable	Validité de contenu écologique : L'échantillonnage couvre le domaine d'étude selon l'évalué	Validité didactique : L'échantillonnage couvre le domaine d'étude selon lce qui peut être appris
CRITERES D'ACCESSIBILITÉ			
Réfèrent a l'alignement du test par rapport a son but et son intention	Informatif	Validité de conséquences : Les résultats du modèle sont conformes a son intention	
	Utilisable	Méthodologie, intention, documentation.	
	Flexible	Robustesse : Stabilité de la qualité du test malgré les situation peu conventionnelles	
	Applicable	Validité de contenu écologique : L'échantillonnage couvre le domaine d'étude selon l'évalué et son contexte	
CRITERES D'OBJECTIVITÉ			
Réfèrent a l'alignement du test par rapport a son contexte	Neutre	Principe de bienveillance : Le test ne doit pas etre conçu de façon a nuire de quelque façon que ce soit à l'évalué	
	Spécifique	Pertinence : Adéquation entre le test, son intention et son contexte	Validité de conséquences : Les résultats du modèle sont conformes a son intention
	Universel	Normes et standards : Le test repose sur des bases théoriques fortes	
	Précis	Fiabilité : Qualité de la mesure sans rapport à son contexte	

Figure 4: Répartition des notions de psychométrie

MÉTHODOLOGIE

L'utilisation de l'outil d'évaluation se fait dans le cadre d'une étude de cas. Celle-ci se déroule en sept étapes, idéalement, le chercheur n'est impliqué qu'au début et à la fin du processus. Autrement, selon la méthodologie, le cadre et la portée de la recherche, le chercheur peut se placer à la fois en tant que chercheur et évaluateur.

1. **L'étude du modèle d'évaluation à tester** : Le modèle d'évaluation à tester doit être étudié par le chercheur selon la documentation disponible à son propos, ceci inclut toute documentation pertinente sur son développement, la méthodologie à appliquer lors de l'évaluation ainsi que son but et l'intention de ses développeurs.
2. **La sélection des entreprises** : L'échantillonnage des entreprises doit se faire principalement de façon à être représentatif du but et de l'intention du modèle.
3. **La sélection d'un évaluateur** : Cette étape est facultative dépendant du rôle du chercheur, si un évaluateur extérieur est mandaté, son niveau d'expérience quant au sujet (construit) devrait lui aussi dépendre de la méthodologie préconisée par le modèle évalué.
4. **La définition du cadre** : La définition du cadre se rapporte à la mise en place d'un contrat entre les différents participants. Ce que retirent de cette démarche les entreprises, l'évaluateur et le chercheur est défini à cette étape.
5. **L'évaluation de l'entreprise** : L'évaluation doit se faire selon les instructions du modèle. Y déroger pourrait fausser les résultats finaux, de même, l'expérience de l'évaluateur en terme d'audit peut être déterminante.
6. **Les rétroactions** : Les rétroactions se font sous la forme de réponses à des questionnaires basés sur une échelle de Likert. Un formulaire est destiné aux évaluateurs, un second aux évalués. Ces questionnaires de 22 questions chaque sont ensuite communiqués au chercheur.
7. **Les résultats et l'analyse** : Chaque question correspond à un item de la grille d'évaluation. Les réponses sont transférées dans la matrice Excel et les résultats sont immédiatement affichés à la page résultats. L'analyse de ceux-ci peut se faire avec l'aide des personnes ayant participé aux évaluations.

DESCRIPTION DES ITEMS

CRITERES DE MESURE

Les critères de mesure servent à établir si le système de mesure du modèle d'évaluation de l'intégration du BIM est pertinent, s'il mesure le construit qui est annoncé dans les intentions du modèle et si les résultats qui en ressortiront seront représentatifs des situations évaluées. Les critères de mesure sont : Cohérent, cumulatif et atteignable.

ITEMS DE COHERENCE

La cohérence se rapproche de la notion de Fiabilité du test, les items de cohérence servent à déterminer la correspondance entre le score final et la réponse aux critères du test. La variation du contenu, la variation des conditions d'administration et la variation d'échantillonnage de la documentation peuvent influencer sur la cohérence du test, et c'est autour de la limite de ces variations que sont axés les différents items.

Cohérent	Peut-on obtenir deux fois le même résultat pour la même organisation ?	
A-1	Le modèle utilise les mêmes questions, et situations pour différentes organisations (Variation de contenu)	La variation des questions pour différentes organisations peut être problématique pour l'audit d'entreprise. Si les questions varient grandement d'une organisation évaluée à l'autre, la comparaison entre ces organisations via leurs scores au test peut être incertaine. De même si les questions peuvent varier d'une évaluation à l'autre, les résultats peuvent être faussés.
A-2	La correspondance entre un critère et l'évaluation qui lui est attribuée est claire et retraçable (Condition de correction du test)	L'impact de chaque critère devrait être traçable par rapport au score final. Cela permet par exemple de détecter plus facilement d'éventuelles erreurs de notation.
A-3	Le modèle utilise une méthode d'évaluation standardisée quelle que soit l'organisation évaluée (Conditions d'administration du test)	La non-variation des conditions d'évaluation est importante pour la fidélité du test. En gardant les mêmes conditions d'une évaluation à l'autre on a moins de chance d'introduire des facteurs venant fausser les résultats et la progression.
A-4	Les informations récoltées sont validées et triangulées (Variation d'échantillonnage)	L'échantillonnage des données est un facteur pouvant influencer sur la fidélité de la mesure. Ainsi il est important de valider les données récoltées de façon à ce qu'elles soient représentatives de la situation.

Tableau 1: Items de cohérence

ITEMS DE SYNTHÈSE

Un modèle d'évaluation de l'intégration du BIM synthétique renvoie à l'idée que ses items et ses critères permettent un échantillonnage de la situation d'une organisation qui soit correctement distribué et supporte l'intégration du BIM comme un tout logique

Synthétique	Permet-il l'agrégation des sous-ensembles qui caractérisent le construit ?	
B-1	Le modèle présente un outil d'évaluation pertinent et fonctionnel (Fiabilité)	L'outil d'évaluation devrait permettre la précision et devrait être adapté aux besoins de l'évaluation. Comme "outil de jugement" on peut retrouver par exemple l'échelle d'appréciation (bon, moyen, mauvais), la grille d'évaluation (appréciation par critère), la liste de vérification (on atteste de la présence ou non de critères), l'échelle descriptive et la grille d'évaluation descriptive. Ici on laisse l'appréciation à un jugement d'expert de la part de l'évaluateur concernant la pertinence de l'outil.
B-2	Les items de l'outil d'évaluation couvrent efficacement l'intégration du BIM (Validité de Contenu)	Les items du test devraient couvrir le construit que le test doit évaluer. Une faible sous-représentation du construit doit être l'objectif. Il est laissé à l'évaluateur le jugement quant à la construction des items par rapport aux critères.
B-3	Le modèle présente des critères à remplir présentant une terminologie claire et compréhensible (Conditions d'administration)	La terminologie des critères est importante par rapport au construit, elle devrait être issue des standards de l'industrie. Pour une évaluation précise d'un domaine donné, tous les intervenants doivent pouvoir s'accorder sur la définition des termes.
B-4	Les situations ou critères du construit sont cohérents au domaine évalué (Validité de Contenu)	Les situations et les critères devraient être représentatifs du domaine évalué. Cela permet de réduire la variance non reliée au construit, c'est-à-dire que le test va mesurer seulement ce pour quoi il a été conçu.

Tableau 2: Items de synthèse

ITEMS D' ATTEIGNABLE

Un modèle atteignable est réaliste par rapport à son contexte. Les situations dépeintes par les critères à réaliser sont atteignable ou découlent de situations observées au sein de l'industrie. Le fait que les critères du modèle soient atteignables dépend de la validité de contenu, plus précisément de la validité de contenu écologique qui en dépend et de la validité didactique. La validité de contenu écologique d'un test dépend de la population visée par ce test, celle-ci détermine si les critères à atteindre sont cohérents à sa situation. La validité didactique concerne ce qu'il est possible d'apprendre dans le contexte dans lequel est réalisée l'évaluation.

Atteignable	Les étapes sont elles progressives ?	
C-1	Le modèle permet d'évaluer selon des critères liés à la documentation pertinente disponible autour du sujet (Validité didactique)	Les critères d'évaluation devraient être basés sur la documentation la plus à jour possible et la plus pertinente possible. Ainsi, les évalués ne seront pas menés vers des pratiques obsolètes ou non approuvées par les experts du domaine.
C-2	Les situations décrites par le modèle sont cohérentes à l'évolution de l'industrie et font parties des pratiques courantes de celle-ci (Validité de contenu)	Les situations à atteindre devraient correspondre au contexte industriel de façon à pouvoir relier simplement les situations existantes aux critères du modèle. Ainsi les évalués ne sont pas confrontés à des situations surréalistes ou irréalisables.
C-3	Les situations ou critères demandés afin d'atteindre un résultat optimal sont logiquement réalisables (Validité de contenu écologique)	Il devrait être possible de remplir les critères demandés, si certains critères à atteindre représentent une évolution qui n'est pas encore présente dans l'industrie, celle-ci devrait avoir été observée dans d'autres industries ou être logiquement possible.
C-4	Les items correspondent à des situations observables dans l'industrie (Validité de contenu écologique)	Les items associés aux critères doivent être pertinents par rapport aux critères qu'ils évaluent et pertinents au contexte. Cette appréciation est laissée à l'évaluateur.

Tableau 3: Items d'atteignabilité

CRITÈRES D'ACCESSIBILITÉ

Les critères d'accessibilité servent à déterminer si le modèle d'évaluation de l'intégration du BIM peut être utilisé à grande échelle. Ils se basent majoritairement sur la validité du modèle. Un modèle facilement applicable, flexible, hautement informatif pour tous les partis et facilement utilisable aura une meilleure diffusion.

ITEMS D'APPLICABILITÉ

L'applicabilité du domaine dépend de la facilité avec laquelle les parties prenantes de l'évaluation peuvent se l'approprier. Le temps et les ressources nécessaires sont des facteurs importants à la diffusion du modèle de même que son adaptabilité à différentes tailles d'organisations.

Applicable	Le modèles'applique à toute la chaine d'approvisionnement ?	
D-1	Le modèle peut être appliqué à plusieurs acteurs de la construction (Validité écologique)	L'applicabilité du modèle à différents acteurs de la construction dépend de l'intention du développeur. Cet item peut être pondéré de façon à ne pas compter dans l'évaluation si l'intention est d'avoir un modèle spécifique à un acteur de la chaîne. Autrement, c'est à l'évaluateur de juger si le modèle peut être appliqué à différents acteurs de la construction.
D-2	Les ressources humaines, matérielles et financières nécessaires à l'évaluation sont acceptables et proportionnelles au bénéfice encouru	La participation à l'évaluation ne devrait pas induire une dépense excessive. La pertinence de la dépense en ressources pour l'évaluation est laissée à l'appréciation des évalués.
D-3	Le temps nécessaire à l'évaluation est acceptable pour l'évalué	Le temps consacré à l'évaluation de l'organisation devrait être proportionnel au bénéfice retiré et l'évaluation ne devrait pas empiéter sur les activités de l'organisation. Le temps consacré par l'entreprise à la réalisation de l'évaluation est laissé à l'appréciation des évalués.
D-4	Les critères d'évaluation couvrent des domaines d'applications valables pour plusieurs types d'organisations (Validité écologique)	Les critères d'évaluations devraient pouvoir être applicables quel que soit le type d'organisation (OBNL, SA, SI...), ce critère dépend principalement de l'intention du modèle. L'appréciation est ici laissée à l'évaluateur.

Tableau 4: Items d'applicabilité

ITEMS DE FLEXIBILITÉ

La flexibilité du modèle dépend majoritairement de son intention mais aussi de sa robustesse. La robustesse désigne la qualité de la mesure malgré les situations moins conventionnelles. Un modèle peut être réalisé pour être uniquement utilisé pour un marché. Cependant si un modèle doit devenir un standard pour l'industrie, il doit pouvoir être flexible.

Flexible	Le modèles'applique à toute la chaîne d'approvisionnement ?	
E-1	Le modèle peut servir à évaluer toute taille d'organisation-projet (Robustesse)	Étant donné la fragmentation de l'industrie, les organisations sont de toutes tailles et les projets auxquelles elles participent sont variés, un modèle souhaitant devenir un standard dans l'industrie devrait pouvoir s'y adapter. En cas de situations peu conventionnelles, le modèle devrait proposer une ou plusieurs alternatives.
E-2	Le modèle permet d'évaluer une organisation quelle que soit sa taille et sa capacité financière (Robustesse)	Étant donné la situation de l'industrie de la construction, le modèle devrait pouvoir permettre l'évaluation d'organisations de taille et de capacités financières différentes. Ainsi le modèle ne favorisera pas systématiquement les organisations pouvant se permettre de gros investissements monétaires, mais évaluera aussi les développements procéduraux.
E-3	Ce modèle peut être appliqué à différents marchés et utilise des critères et normes adéquats (Robustesse)	Le modèle s'il doit devenir un standard devrait reposer sur des standards déjà établis pour les marchés où il sera appliqué. Ainsi il sera en accord avec son environnement légal et normatif.
E-4	Le modèle possède des moyens d'ajustement pour les situations peu conventionnelles (Robustesse)	Le modèle doit pouvoir s'adapter à des situations peu conventionnelles. Ces moyens d'ajustement sont à la discrétion de l'évaluateur.

Tableau 5: Items de flexibilité

ITEMS D'INFORMATIVITÉ

Un modèle est informatif s'il délivre les informations que ses développeurs ont dit vouloir apporter lors de l'écriture de l'intention. Ses informations doivent satisfaire les évaluateurs et les évalués. Ce critère repose principalement sur la validité de conséquences et sur la correspondance à l'intention du modèle.

Informatif	Peut-il servir de guide à l'amélioration de la situation ?	
F-1	Les informations récoltées sont utiles pour avoir une vision globale de la situation autour du BIM (Intention)	L'information issue du modèle devrait permettre d'offrir à l'évalué une vision globale de sa situation autour du BIM à moins que le modèle soit dédié à un aspect précis. La pertinence de l'information transmise est laissée à l'appréciation de l'évalué, cette information pourrait lui paraître partielle ou au contraire trop détaillée pour ses besoins.
F-2	Les informations récoltées permettent de situer l'organisation sur une échelle	Si le modèle est réalisé pour l'analyse comparative alors, l'organisation devrait pouvoir se situer sur une échelle, autrement, cet item peut être pondéré pour ne pas figurer dans l'évaluation.
F-3	Les informations fournies par le modèle ont eu un impact mesurable et ont été utiles à un projet postérieur à l'évaluation (Validité de conséquences)	Une évaluation devrait avoir un impact sur l'organisation en lui permettant par exemple de visualiser ses faiblesses. Une évaluation même complète et voulue par l'évalué pourrait avoir un impact très limité ou au contraire changer le regard de l'évalué envers le construit.
F-4	Les informations fournies par le modèle sont pertinentes dans le processus d'amélioration de l'organisation (Validité de conséquences)	Si l'intention affichée est spécifiquement d'évaluer le BIM et non pas les processus connexes, il devrait y avoir un minimum de variance non reliée au construit. Autrement, si le modèle affiche une visée plus générale, cet item peut être pondéré.

Tableau 6: Items d'informativité

ITEMS D'USAGE

La facilité d'usage du modèle se base majoritairement sur la perception des utilisateurs par rapport à ce qui est défini dans l'intention du modèle. Encore une fois, il ne faut pas que l'un ou l'autre parti soit favorisé au niveau de ses investissements quant à l'application du modèle.

Utilisable	Est-il intuitif et compréhensible ?	
G-1	Le modèle présente un processus d'application simple (méthodologie)	La méthodologie préconisée par l'auteur du modèle devrait être compréhensible par l'évaluateur. Une méthodologie trop complexe peut mener à une mauvaise compréhension de la part de celui-ci et à des erreurs.
G-2	Le modèle présente des ressources facilitant son usage (définitions, explications, vulgarisation) (documentation)	Un modèle d'évaluation devrait être accompagné de ressources explicatives permettant de comprendre l'évaluation, la méthode et les résultats. L'appréciation est laissée à l'évalué quant à la qualité de la documentation et des ressources qui lui sont fournies pour comprendre le modèle si celles-ci sont présentes.
G-3	L'information produite est représentée sous un format compréhensible. (intention)	L'information produite par le modèle et transmise à l'évalué devrait être facilement compréhensible et présentée sous un format attractif de façon à pouvoir être diffusée au sein de l'organisation. Une information trop complexe à assimiler peut-être moins bien partagée ou être perçue comme rébarbative.
G-4	La méthode et les buts de l'évaluation sont légitimes et évidents pour des personnes non expertes dans le domaine (intention)	Les buts de l'évaluation et ce qui en ressortira devraient être clairs pour les personnes devant y participer. Si les buts de l'évaluation sont légitimes pour l'évalué celui-ci aura plus tendance à s'investir dans le processus d'évaluation.

Tableau 7: Items d'usage

CRITÈRES D'OBJECTIVITÉ

Afin de fournir une évaluation qui décrive avec exactitude et sans biais la situation dans laquelle se trouve l'organisation évaluée quatre critères sont à considérer : La précision, la neutralité, la spécificité au besoin de l'industrie et l'universalité du modèle.

ITEMS DE PRÉCISION

La précision du modèle est interdépendante de sa cohérence, elle est donc elle aussi liée à la fidélité du modèle. Pour dire qu'un modèle est précis, celui-ci doit pouvoir représenter fidèlement la situation évaluée. Et on doit pouvoir retracer les critères dont dépend l'évaluation dans le résultat.

Précis	Est -il clair et non falsifiable ?	
H-1	La variation d'un critère est majoritairement représentée dans le résultat final (Fiabilité)	La variation d'un critère devrait pouvoir être perceptible dans le résultat final. Dans un modèle manquant de précision, la non-correspondance à un critère ne sera pas visible rendant difficile la lecture des forces et faiblesses de l'organisation.
H-2	Les résultats du modèle sont basés sur des données objectives et vérifiables (Fiabilité)	L'évalué devrait être en mesure de lier les données échantillonnées et la correspondance aux critères d'évaluation. L'explication donnée concernant la correspondance ou non à un critère doit être appuyé par une documentation fiable.
H-3	Les résultats du modèle sont retraçables et explicables en fonction de la situation de l'entité évaluée (Fiabilité)	Des points précis situation de l'évaluée devraient permettre d'expliquer ses résultats et vice versa. Un résultat général peut être facilement incompris et contesté.
H-4	Le modèle présente un niveau de détail adéquat dans ses résultats (Fiabilité)	Les résultats du modèle devraient être assez précis pour que l'organisation puisse établir ses forces et ses faiblesses. Pour l'évalué l'information présentée à un niveau de détail adéquat de façon à synthétiser les aspects importants de son évaluation sera mieux diffusée.

Tableau 8: Items de précision

ITEMS DE NEUTRALITÉ

La neutralité n'est pas une notion présente dans les critères du test psychométrique, atteindre une parfaite neutralité étant très complexe pour des tests impliquant des humains et des organisations. En psychométrie on préférera l'obligation de bienveillance dans les intentions du chercheur. Toutefois, dans le cadre des modèle d'évaluation de l'intégration du BIM, un certain niveau de neutralité commerciale et politique est nécessaire.

Neutre	Dépend -il d'une organisation/personne/institution impartiale ?	
I-1	Le modèle n'introduit pas de biais commerciaux particuliers (extérieurs à ceux de l'organisation évaluée)	Un biais désigne un moyen détourné d'atteindre un but commercial ou politique, pour assurer la neutralité du modèle il est important que celui-ci n'en contienne pas. Ce type de motivations non publiques pourraient ultimement fausser les résultats.
I-2	Ce modèle ne favorise pas un schéma de développement prédéterminé	Un modèle d'évaluation du BIM ne devrait pas se limiter à un schéma de développement pour rencontrer ses critères. Un schéma de développement prédéterminé pourrait orienter les répondants vers une voie réduisant l'exploration procédurale à laquelle se soumet une industrie en transition.
I-3	Les intentions dirigeant le modèle sont accessibles et claires pour les parties concernées	Les intentions du modèle désignent le document qui en décrit l'usage et le but, ce document devrait être accessible et décrire fidèlement l'usage prévu par les développeurs. Les évalués doivent avoir accès à cette documentation de façon à pouvoir consentir à l'évaluation en toute connaissance de cause.
I-4	Le modèle ne préconise pas une solution technologique en particulier	Un modèle d'évaluation du BIM ne devrait pas favoriser une technologie précise pour rencontrer ces critères, mais plus un type de technologies. Que le modèle oriente l'utilisateur vers une technologie peut poser deux problématiques, premièrement, cette technologie peut ne pas être parfaitement adaptée au type d'organisation de l'évalué, deuxièmement, cela peut aussi représenter un biais commercial.

Tableau 9: Items de neutralité

ITEMS DE SPÉCIFICITÉ

La spécificité du modèle est très liée à son caractère informatif. Le modèle doit pouvoir fournir des informations nécessaires et répondre à un besoin de l'industrie. Un modèle spécifique est un modèle qui est adapté à son contexte, conforme à son intention et répond à son besoin, cet alignement se rapproche de la validité de conséquences et de la pertinence du modèle. La première représente la correspondance entre l'intention du modèle et ses conséquences, la seconde représente son adéquation à son contexte.

Spécifique	Le modèle répond -il à un besoin de l'industrie ?	
J-1	L'intention du modèle répond à un besoin de l'industrie (Pertinence)	L'intention du modèle désigne les objectifs du modèle et ce que ses développeurs souhaitent comme conséquences à l'évaluation. Les objectifs du modèle devraient répondre à un besoin de l'industrie .
J-2	Le modèle répond au besoin défini par son intention pour l'évalué (Validité de conséquences)	L'évaluation du BIM devrait répondre aux besoins des deux parties. Il est donc important vérifier que le modèle est conforme aux besoins de l'évaluateur ou de l'organisation commanditaire de cette évaluation et conformes aux besoins des évalués.
J-3	Le modèle répond au besoin défini par son intention pour l'évaluateur (Validité de conséquences)	L'évaluation du BIM devrait répondre aux besoins des deux parties. Il est donc important vérifier que le modèle est conforme aux besoins de l'évaluateur ou de l'organisation commanditaire de cette évaluation et conformes aux besoins des évalués.
J-4	Les résultats du modèle sont représentatifs des normes et des meilleures pratiques de l'industrie (Pertinence)	L'évalué devrait pouvoir comparer les résultats donnés par l'évaluation à ce qu'il a pu remarquer dans l'industrie. Ainsi on peut évaluer la pertinence des modèles d'évaluation du BIM servant à l'analyse comparative des entreprises mais aussi dans le cas d'un modèle non comparatif apprécier la pertinence des résultats par rapport à ce qui est attendu des évalués dans l'industrie.

Tableau 10: Items de spécificité

ITEMS D'UNIVERSALITÉ

L'universalité n'est pas rattachée à un principe de validité ou de fidélité de l'évaluation. En effet l'évaluation impliquant des humains est très contextuellement ancrée. Il est donc particulièrement difficile de produire un modèle qui ne soit pas contraint par le temps ou les marchés. Toutefois, il est possible de produire un modèle qui soit durable en le faisant reposer sur des bases et des valeurs communes aux différents marchés et en lui permettant une diffusion à grande échelle.

Universel	Le modèle peut-il être applicable sans contrainte de temps ni d'espace ?	
K-1	L'évaluation du modèle repose sur des standards de l'industrie	L'évaluation issue du modèle devrait reposer sur des pratiques standard conformes aux marchés au sein desquels le modèle évolue. Pour que le modèle d'évaluation soit plus universel il est important qu'il se base sur des standards internationaux.
K-2	Le modèle présente une approche d'évaluation théoriquement reconnue	Le modèle pour continuer à évoluer devrait présenter une méthode d'évaluation qui soit accessible aux chercheurs et reposer sur des bases théoriques solides et internationalement reconnues.
K-3	Le modèle possède une faible barrière d'adoption	La barrière d'adoption est dépendante du niveau de compréhension et d'adhésion au construit des évalués toutefois, avoir une appréciation de leur part concernant leur vision du modèle peut être un indice quant à son adoption future. Une mauvaise perception de l'évaluation de la part de l'évalué, ou encore une incompatibilité avec les développements futurs de son organisation pourraient être des barrières. Le jugement est laissé à l'évalué concernant ses impressions quant à la diffusion du modèle.
K-4	Le modèle est largement disponible (Site web, publications, diffusion)	Un modèle visant à devenir un standard devrait être disponible et connu. De la disponibilité du modèle dépend sa diffusion, un modèle peu connu et peu reconnu deviendra difficilement un standard. Un modèle largement disponible au contraire sera plus facilement adoptable par les organisations.

Tableau 11: Items d'universalité

DESCRIPTION DES RÉSULTATS

CATÉGORIES : MESURE, ACCESSIBILITÉ, OBJECTIVITÉ

La pertinence de la mesure, l'accessibilité du modèle et l'objectivité de l'évaluation sont les trois catégories dans lesquelles peuvent être classés les critères du modèle d'évaluation du BIM énoncés par Succar, Sher et Williams (2012). Dans le cadre de l'évaluation empirique de modèles d'évaluation du BIM au niveau organisationnel, même si un minimum est important le but n'est pas d'obtenir un score élevé dans toutes ces catégories mais plus tôt que les résultats du modèle d'évaluation du BIM correspondent au besoin de celui qui l'utilise. Ainsi dans le cadre d'un modèle d'évaluation du BIM prévu pour l'auto-évaluation des entreprises l'accent peut être mis sur l'applicabilité pour une utilisation régulière tandis que pour un modèle d'évaluation du BIM visant la certification, l'accent peut être mis sur l'objectivité du modèle pour une évaluation reposant sur des standards établis et le plus possible dépourvue de biais. L'évaluation donnée par l'outil de jugement des modèles est donc dépendante de l'intention de l'utilisateur vis-à-vis de celui-ci. C'est pourquoi, la pondération des items ou des critères peut être un moyen d'ajuster l'outil d'évaluation empirique aux besoins du contexte.

Pour un modèle hautement spécifique par exemple dédié à un seul acteur de la chaîne d'approvisionnement (OBIMA) l'on pourra pondérer les items de flexibilité de façon à ce qu'ils comptent moins dans l'évaluation. Toutefois, afin de limiter la variation de condition d'administration de l'évaluation empirique, il serait judicieux de conserver toutes les questions lors du remplissage de la grille de façon à ne pas fausser les résultats finaux.

CARACTÈRES: FIABILITÉ, ADAPTABILITÉ, ERGONOMIE

La fiabilité, l'adaptabilité et l'usabilité du modèle sont les caractères que définissent Succar, Sher et Williams (2012) pour un modèle d'évaluation du BIM performant. Les différents critères énoncés servent à améliorer ces caractères et à rendre le modèle plus apte à l'utilisation. Les caractères du modèle ne sont pas des catégories de critères, ils sont plutôt liés à des combinaisons de critères ce qui les rends plus complexes à évaluer. Toutefois, un score élevé dans deux catégories peut être corrélé à l'augmentation d'un des trois caractères définis. Ainsi, un modèle ayant une mesure pertinente et objective sera plus fiable. Car il reposera principalement sur sa précision, son impartialité et sur sa correspondance aux standards établis. D'autres part un modèle dont la mesure est pertinente et qui est facilement accessible et informatif aura une meilleure usabilité, c'est-à-dire que sa méthodologie si elle est plus souple et moins spécifique pourra plus facilement se diffuser. Enfin, si l'adaptabilité du modèle est le critère le plus complexe à définir, on peut noter que le fait de se conformer aux items de cohérences, c'est-à-dire limiter les variations de conditions d'administrations, de corrections et d'échantillonnage pourraient rendre le modèle d'évaluation du BIM moins adaptable. C'est pourquoi l'adaptabilité se place au croisement des critères d'accessibilité et d'objectivité.

FORCES ET FAIBLESSES DU MODÈLE ÉVALUÉ

Les forces et faiblesses du modèle d'évaluation sont représentées au niveau du tableau de résultat. Toute évaluation en dessous de 2 est considérée comme à améliorer et toute évaluation au-dessus de 3 est considéré comme un atout du modèle évalué.

Le modèle d'évaluation empirique est basé sur une échelle de Likert à cinq options. Le nombre d'options impaire a été choisi dans l'idée de permettre de garder une possibilité de neutralité et de réduire les biais positifs comme l'indiquent Croasmun et Ostrom (2011). D'autre part, Mattel et Jacoby (1971) cité par Croasmun et Ostrom (2011) indiquent que le nombre d'options ne joue pas sur la fidélité et la validité de l'outil de jugement utilisant une échelle de Likert. Cinq options semblent donc être un nombre approprié et usuel aux questionnaires comportant des échelles de Likert. Chaque option est notée de de 0 à 4 points comme l'indique le tableau suivant.

Non	Pas vraiment	Demande amélioration	Oui en général	Parfaitement
0	1	2	3	4

Tableau 12: Échelle de Likert

Les items sont énoncés de façon positive par exemple : « Le modèle utilise les mêmes questions » au lieu de « Il n'y a pas de variations entre les questions ». Si la formulation positive semble établir un biais dans les questionnaires à échelle de Likert (Croasmun et Ostrom, 2011), elle évite aussi les confusions possibles dues à la double négation. Par exemple : « les ressources financières sont acceptables » au lieu de « Les ressources financières ne sont pas inacceptables ».

Chaque item est donc noté de 0 à 4 puis la moyenne pondérée des items donne le score attribué au critère. La moyenne des critères donne ensuite le score de la catégorie. Il n'y a pas de calcul de score total car celui-ci ne serait pas représentatif de la qualité du modèle. En effet, un modèle visant à être un standard devrait plutôt se trouver à l'équilibre entre les différentes catégories, tandis qu'un modèle plus spécifique devrait posséder un score plus haut dans les catégories correspondant à ce qui est annoncé dans l'intention du modèle.

Les forces et les faiblesses du modèle devraient être établies non pas en fonction du score final mais plus tôt en fonction d'un ajustement entre évaluation empirique et intention du modèle.

FORMULAIRES DE RÉTROACTION

Les items, sont divisés entre évaluateur et évalués et intégrés à deux questionnaires de 22 questions chaque pouvant être remplis en ligne de façon anonyme.

Un ou plusieurs évaluateurs et évalués peuvent répondre aux questionnaires en ligne, une moyenne de leurs réponses sera réalisée afin de déterminer le profil du modèle soumis à l'évaluation empirique.

Les questions sont formulées à la voie positive de façon à éviter les questions à double négation.

FORMULAIRE DE L'ÉVALUATEUR (EXEMPLE)

Ce formulaire sert de rétroaction quant à l'évaluation de (à compléter) que vous avez mené au sein de l'entreprise (à compléter). Il présente une vingtaine de questions concernant les modèles, leurs méthodes de mesure, la pertinence de leur usage et l'objectivité de leurs résultats. Toutes les questions présentent une échelle de Likert à cinq points allant de "non" à "parfaitement"

CRITÈRES DE MESURE

1- Le modèle utilise-t-il les mêmes questions, la même matrice pour différentes organisations ?

Non	Pas vraiment	Demande amélioration	Oui en général	Parfaitement

2- D'après la méthodologie d'évaluation, devez-vous procéder à une vérification pour les informations que vous recueillez ?

Non	Pas vraiment	Demande amélioration	Oui en général	Parfaitement

3- L'outil d'évaluation utilisé par le modèle vous a-t-il semblé performant pour la tâche que vous aviez à réaliser ?

Non	Pas vraiment	Demande amélioration	Oui en général	Parfaitement

4- Trouvez-vous que les critères d'évaluation du modèle touchent à tous les domaines de connaissances nécessaires à une intégration complète du BIM au sein d'une organisation ?

Non	Pas vraiment	Demande amélioration	Oui en général	Parfaitement

5- Les situations décrites par le modèle vous semblent t'elles cohérentes à l'état actuel et à l'évolution de l'industrie ?

Non	Pas vraiment	Demande amélioration	Oui en général	Parfaitement

6- Les items (questions, descriptions, critères, autres) du modèle correspondent ils à des situations observables dans l'industrie ?

Non	Pas vraiment	Demande amélioration	Oui en général	Parfaitement

CRITÈRES D'ACCESSIBILITÉ

7- Pensez-vous que ce modèle puisse être appliqué à plusieurs acteurs de la construction ?

Non	Pas vraiment	Demande amélioration	Oui en général	Parfaitement

8- Les critères d'évaluation sont-ils applicables à plusieurs types d'organisation ?

Non	Pas vraiment	Demande amélioration	Oui en général	Parfaitement

9-Le modèle peut-il servir à évaluer une organisation quelle que soit sa taille (de l'entreprise individuelle à la multinationale) ?

Non	Pas vraiment	Demande amélioration	Oui en général	Parfaitement

10-La méthodologie préconisée par le modèle permet-elle de s'adapter aux situations peu conventionnelles selon vous ?

Non	Pas vraiment	Demande amélioration	Oui en général	Parfaitement

11- Les informations que vous avez récolté durant l'audit permettent-elle de situer l'organisation sur une échelle par rapport à ses pratiques BIM ?

Non	Pas vraiment	Demande amélioration	Oui en général	Parfaitement

12- Les informations fournies par le modèle sont elles utiles et pertinentes quant à l'amélioration des pratiques et processus de l'organisation ?

Non	Pas vraiment	Demande amélioration	Oui en général	Parfaitement

13-Selon vous, le processus d'application du modèle est-il simple ?

Non	Pas vraiment	Demande amélioration	Oui en général	Parfaitement

14-Une fois les données recueillies et traitées, l'information produite grâce au modèle d'évaluation est elle claire et compréhensible ?

Non	Pas vraiment	Demande amélioration	Oui en général	Parfaitement

CRITÈRES D'OBJECTIVITÉ

15- Est-il possible de déceler la correspondance ou non à un critère lorsque l'on analyse les résultats finaux de l'audit ?

Non	Pas vraiment	Demande amélioration	Oui en général	Parfaitement

16- Selon vous, les résultats finaux sont ils représentatifs et justifiables par rapport à la situation de l'organisation évaluée ?

Non	Pas vraiment	Demande amélioration	Oui en général	Parfaitement

17- Le modèle introduit-il des biais commerciaux en favorisant un produit ou une solution donnée ?

Non	Pas vraiment	Demande amélioration	Oui en général	Parfaitement

18- Le modèle favorise t-il un schéma de développement précis pour que les organisations puissent améliorer leurs résultats ?

Non	Pas vraiment	Demande amélioration	Oui en général	Parfaitement

19- Selon-vous, l'intention du modèle (document présentant son but) répond t-elle à un besoin au sein de l'industrie ?

Non	Pas vraiment	Demande amélioration	Oui en général	Parfaitement

20- Pour vous, le modèle répond t-il au besoin défini dans son intention ?

Non	Pas vraiment	Demande amélioration	Oui en général	Parfaitement

21-Au regard des connaissances que vous possédez dans ce domaine, l'évaluation que propose ce modèle repose t'elle sur les standards de l'industrie ?

Non	Pas vraiment	Demande amélioration	Oui en général	Parfaitement

22-Le modèle présente t'il une approche d'évaluation théoriquement reconnue par les experts du domaine ?

Non	Pas vraiment	Demande amélioration	Oui en général	Parfaitement

FORMULAIRE DE L'ÉVALUÉ (EXEMPLE)

Ce formulaire sert de rétroaction quant à l'évaluation de (à compléter) qui s'est déroulée au sein de votre entreprise. Il présente une vingtaine de questions concernant les modèles, leurs méthodes de mesure, la pertinence de leur usage et l'objectivité de leurs résultats. Toutes les questions présentent une échelle de Likert à cinq points allant de "non" à " parfaitement"

CRITÈRES DE MESURE

1- Pourriez-vous retracer fidèlement, grâce aux informations qui vous ont été transmises la correspondance entre votre situation et la notation qui vous a été établie pour chaque critères ?

Non	Pas vraiment	Demande amélioration	Oui en général	Parfaitement

2- Les conditions de test ont elles été constantes tout au long de l'évaluation (temps disponible, environnement immédiat, personnes présentes) ?

Non	Pas vraiment	Demande amélioration	Oui en général	Parfaitement

3- Les critères à partir desquels votre organisation à été évaluée vous semblent ils cohérents à ce qui entoure le BIM et son implémentation au sein de l'organisation ?

Non	Pas vraiment	Demande amélioration	Oui en général	Parfaitement

4- La terminologie des critères évalués vous semble t'elle claire et conforme aux normes de votre pratique ?

Non	Pas vraiment	Demande amélioration	Oui en général	Parfaitement

5- Les critères à partir desquels vous avez été évalués sont-ils issus de ce que vous avez pu apprendre au sujet du BIM selon la documentation et les formations auxquelles vous avez accès ?

Non	Pas vraiment	Demande amélioration	Oui en général	Parfaitement

6-Pensez-vous qu'il soit possible de correspondre à tous les critères de ce test afin d'obtenir un résultat optimal ?

Non	Pas vraiment	Demande amélioration	Oui en général	Parfaitement

CRITÈRES D'ACCESSIBILITÉ

7- Les ressources humaines, financières et matérielles que vous avez investi dans la conduite de cet audit vous semblent-elles appropriées ?

Non	Pas vraiment	Demande amélioration	Oui en général	Parfaitement

8- Le temps que vous et vos collaborateurs ont investis dans la conduite de cet audit vous semble t'il acceptable et justifié ?

Non	Pas vraiment	Demande amélioration	Oui en général	Parfaitement

9-Pensez-vous que ce modèle puisse permettre d'évaluer une organisation quelle que soit sa taille et sa capacité financière ?

Non	Pas vraiment	Demande amélioration	Oui en général	Parfaitement

10-Pensez-vous que le modèle selon lequel vous avez été évalué utilise les normes et standards adéquats pour recueillir des données sur votre situation ?

Non	Pas vraiment	Demande amélioration	Oui en général	Parfaitement

11- Les résultats qui vous ont été communiqués à la fin de l'évaluation vous fournissent ils une vision globale conforme à votre situation autour du BIM ?

Non	Pas vraiment	Demande amélioration	Oui en général	Parfaitement

12- Les informations fournies par le compte rendu d'évaluation ont elle eu un impact mesurable, vous ont-elles été utiles pour des projets et développements postérieurs à l'évaluation ?

Non	Pas vraiment	Demande amélioration	Oui en général	Parfaitement

13- Les ressources vous permettant de comprendre les tenants et aboutissants de l'évaluation de l'organisation vous ont t-elles semblé suffisantes ?

Non	Pas vraiment	Demande amélioration	Oui en général	Parfaitement

14- Pensez-vous que la méthode d'évaluation et les buts de celle-ci ont été compris par les personnes non expertes en BIM de votre organisation ?

Non	Pas vraiment	Demande amélioration	Oui en général	Parfaitement

CRITÈRES D'OBJECTIVITÉ

15- Pensez-vous que les résultats du modèle sont basés sur des données objectives et vérifiables ?

Non	Pas vraiment	Demande amélioration	Oui en général	Parfaitement

16- Les résultats de l'évaluation fournis par le modèle vous semblent il assez détaillés ?

Non	Pas vraiment	Demande amélioration	Oui en général	Parfaitement

17-Avez-vous eu accès au but et à la méthodologie de cette évaluation sont ils clairs pour vous ?

Non	Pas vraiment	Demande amélioration	Oui en général	Parfaitement

18-Pensez-vous que cette méthode d'évaluation et par extension ce modèle ne favorise aucune technologie précise (logiciel, matériel) pour remplir ses critères ?

Non	Pas vraiment	Demande amélioration	Oui en général	Parfaitement

19- Cette évaluation a t-elle répondu à vos besoins en matière d'audit conformément à ce qui vous a été proposé lors de la réunion de démarrage ou de la prise de contact initiale ?

Non	Pas vraiment	Demande amélioration	Oui en général	Parfaitement

20- Les résultats qui vous ont été présentés vous semblent-ils représentatifs des normes de l'industrie, vous oriente t-il vers de meilleures pratiques (flou) ?

Non	Pas vraiment	Demande amélioration	Oui en général	Parfaitement

21-Utiliseriez vous cette méthode d'évaluation pour surveiller votre progression ?

Non	Pas vraiment	Demande amélioration	Oui en général	Parfaitement

22-Utiliseriez vous cette méthode d'évaluation pour surveiller votre progression ?

Non	Pas vraiment	Demande amélioration	Oui en général	Parfaitement

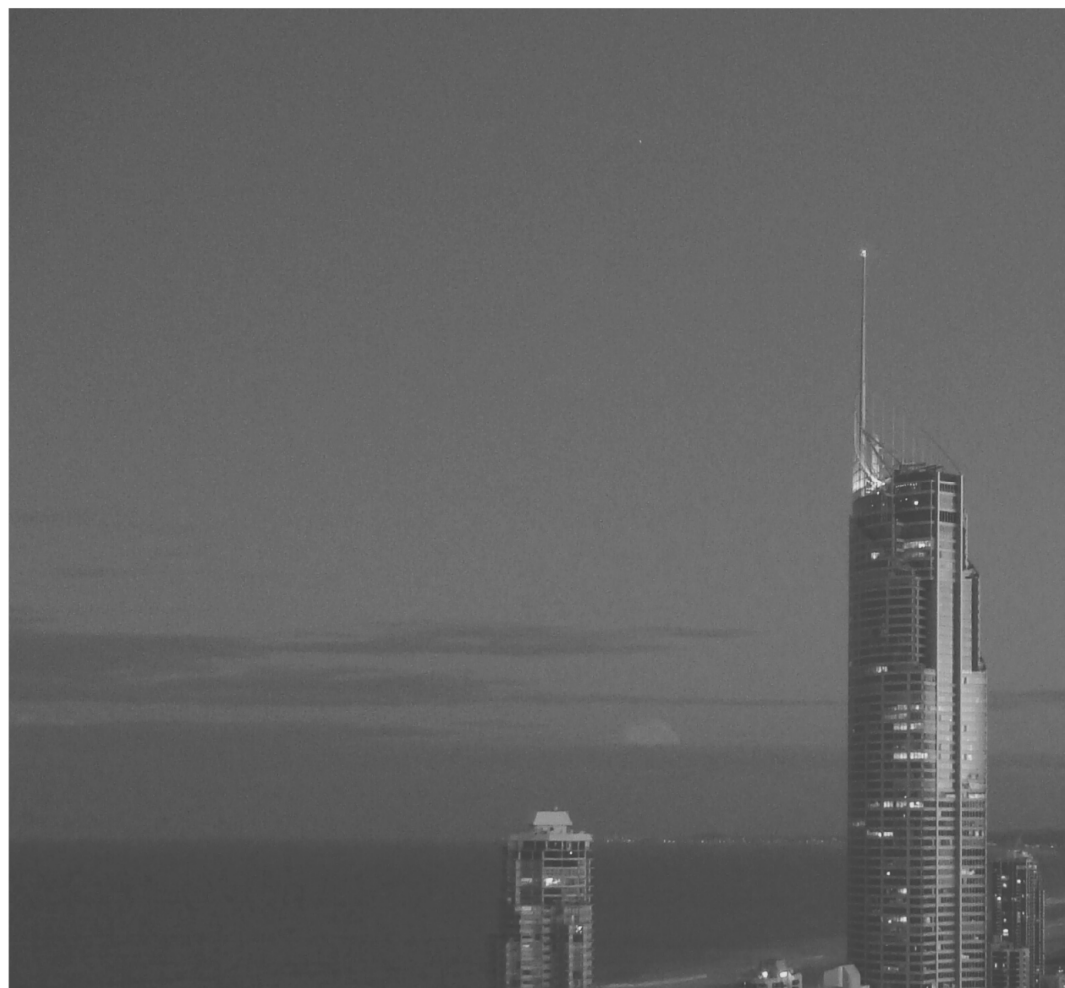
CONCLUSION

L'outil d'évaluation empirique des modèles d'évaluation du BIM au niveau organisationnel présente une méthodologie pour calibrer des modèles d'évaluation du BIM suite à des études de cas. Il présente un cadre afin de mettre sur un pied d'égalité les modèles d'évaluation quelle que soit leur base théorique et ce en les ramenant à leurs fonctions (Évaluer, Informer, Classifier) et en les confrontant à leur pertinence par rapport à leur contexte. L'outil d'évaluation empirique vise à impliquer les différentes parties prenantes dans l'évaluation empirique et à réunir leurs perceptions sur l'application d'un modèle d'évaluation. Plusieurs modèles d'évaluation de l'intégration du BIM sont développés chaque année et la validation de ces modèles ne suit pas de méthodologie précise. La portée des recherches visant à développer de nouveaux modèles d'évaluation du BIM s'arrêtent souvent avant l'amélioration de ceux-ci. Les recherches futures proposées par les auteurs concernent souvent le test empirique des modèles. Pour obtenir un modèle standard à l'industrie, deux solutions sont à envisager : La première consiste à évaluer les forces et les faiblesses des modèles existants puis à en développer un nouveau qui comblera les faiblesses, la seconde consiste à évaluer et à améliorer les modèles existants jusqu'à obtenir un modèle qui deviendra un standard. Dans les deux cas, l'évaluation des modèles est une étape nécessaire à leur amélioration. D'autre part, dans le cadre de cette recherche, l'évaluation empirique des modèles vise à évaluer la pertinence à leur contexte de deux modèles d'évaluation du BIM au niveau organisationnel prévus pour l'industrie Québécoise. Cet exemple montre que ce type de méthode d'évaluation empirique pourrait être utilisée pour établir la quel méthode d'évaluation devrait être utilisée à grande échelle.

BIBLIOGRAPHIE

- André, Nathalie, Nathalie Loye et Louis Laurencelle. 2015. « La validité psychométrique: un regard global sur le concept centenaire, sa genèse, ses avatars ». *Mesure et évaluation en éducation*, vol. 37, n° 3, p. 125-148.
- Arayici, Y, F Khosrowshahi, AM Ponting et SA Mihindu. 2009. « Towards Building Information Modelling Paper Engineering Management and Technology ».
- Chengke, Wu, Xu Bo, Mao Chao et Li Xiao. 2016. « Overview of BIM maturity measurement tools ». *Journal of information technology in construction*, vol. 22, p. 34-62.
- Croasmun, James T, et Lee Ostrom. 2011. « Using Likert-Type Scales in the Social Sciences ». *Journal of Adult Education*, vol. 40, n° 1, p. 19-22.
- Davies, Richard, et Chris Harty. 2013. « Implementing 'Site BIM': a case study of ICT innovation on a large hospital project ». *Automation in construction*, vol. 30, p. 15-24.
- Eastman, C, P Teicholz, R Sacks et K Liston. 2011. *BIM Handbook A Guide to Building Information Modeling*. John Wiley & Sons.
- Forgues, Daniel, Sheryl Staub-French et Leila M Farah. 2011. « Teaching Building Design and Construction Engineering. Are we ready for the paradigm shift? ». *Proceedings of the Canadian Engineering Education Association (CEEA)*.
- Forgues, Eva-Charlotte. 2017. « Adaptation d'un modèle de maturité BIM pour les principaux intervenants de la chaîne d'approvisionnement en construction ». École de technologie supérieure.
- Giel, B, et RRA Issa. 2014. « Framework for evaluating the BIM competencies of building owners ». In *Computing in Civil and Building Engineering (2014)*. p. 552-559.
- Miettinen, Reijo , et Sami Paavola. 2014. « Beyond the BIM utopia : approaches to the development and implementation of building information modeling ».
- Migilinskas, Darius, Vladimir Popov, Virgaudas Juocevicius et Leonas Ustinovichius. 2013. « The benefits, obstacles and problems of practical BIM implementation ». *Procedia Engineering*, vol. 57, p. 767-774.
- Olatunji, Oluwole Alfred. 2011. « Modelling the costs of corporate implementation of building information modelling ». *Journal of Financial Management of Property and Construction*, vol. 16, n° 3, p. 211-231.

- Ruparathna, Rajeev, et Kasun Hewage. 2015. « Sustainable procurement in the Canadian construction industry: current practices, drivers and opportunities ». *Journal of Cleaner Production*, vol. 109, p. 305-314.
- Sebastian, Rizal, et Léon Van Berlo. 2011. « Tool for Benchmarking BIM Performance of Design, Engineering and Construction Firms in The Netherlands ». *Architectural Engineering and Design Management*, vol. 6, n° 4, p. 254-263.
- Smits, Wim, Marc van Buiten et Timo Hartmann. 2016. « Yield-to-BIM: impacts of BIM maturity on project performance ». *Building Research & Information*, vol. 45, n° 3, p. 336-346.
- Succar, Bilal. 2010. « The Five Components of BIM Performance Measurement ». In *CIB World Congress*. p. 14.
- Succar, Bilal, Willy Sher et Anthony Williams. 2012. « Measuring BIM performance: Five metrics ». *Architectural Engineering and Design Management*, vol. 8, n° 2, p. 120-142.
- Wu, Wei, Glenda Mayo, Tamera L McCuen, Raja RA Issa et Dana K Smith. 2018. « Building information modeling body of knowledge. I: Background, framework, and initial development ». *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 144, n° 8, p. 04018065.



**Guide réalisé dans le cadre du mémoire :
Évaluation empirique de modèles d'évaluation de l'intégration
du BIM**

Auteure:

Emmanuelle Nonirit
B sc.A, candidat à la maîtrise en génie de la construction

Directeur de mémoire:

Daniel Forgues

Co-directeur de mémoire :

Érik Poirier



ANNEXE V

MATRICE D'ÉVALUATION SCBIMMM

Tableau-A V-1 Matrice d'évaluation SCBIMMM, alignement stratégique

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	0 Non-existant	1 Initial	2 Défini	3 Géré Partagé	4 Formalisé	5 Optimisé
Vision de l'entreprise	Une mission est l'objectif fondamental de l'existence d'une organisation.	Aucune mission de l'entreprise	Mission de l'entreprise établie	Mission de l'entreprise spécifiée selon des fonctions, services et départements, mais non partagée	Mission de l'entreprise partagée et connue	Mission et visions de l'entreprise sont partagées et alignées avec la planification stratégique long terme	Mission de l'entreprise partagée, spécifiée et mise à jour selon l'évolution de l'entreprise
Objectifs de l'entreprise	Les objectifs sont des buts spécifiques que l'organisation souhaite accomplir et dont la réalisation participe à la réalisation de la mission de l'organisation.	Aucun objectif	Objectifs d'entreprise établis	Objectifs d'entreprise alignés avec les fonctions, services et départements 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	Les visions BIM regroupent une image de l'implémentation BIM que l'organisation s'efforce de devenir	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 et connue selon la mission de l'entreprise, la stratégie et la culture de l'entreprise	Vision BIM partagée et alignée à la planification stratégique long terme	Vision BIM alignée, partagée, spécifiée et mise à jour selon l'évolution de l'entreprise
Objectifs BIM	Les objectifs sont des buts spécifiques que l'organisation souhaite accomplir et dont la réalisation participe à la réalisation de la mission ou des visions 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
Support de la haute direction	Le niveau de soutien et l'implication de la direction dans le processus de planification et d'implémentation du BIM	Aucun support	Support limité pour évaluer la faisabilité de l'implémentation BIM	Support suffisant avec quelques ressources engagées	Support complet documenté dans un plan stratégique BIM et ressources appropriées mobilisées	Soutien et budget complets pour mener les efforts de façon ponctuelle	Engagement complet et continu pour supporter le processus d'implémentation de façon continue et itérative
Champion d'implémentation BIM	Un champion d'implémentation BIM est une personne compétente et motivée pour guider l'entreprise à améliorer leurs processus d'adoption du BIM, gérer la résistance au changement et assurer l'implantation du BIM.	Aucun Champion d'implémentation BIM	Personne désignée par la haute direction pour assurer le BIM	Champion d'implémentation BIM reconnu, mais sans ressources dédiées	Champion d'implémentation BIM reconnu avec les ressources imposées (aucun pouvoir sur les décisions organisationnels)	Champion d'implémentation BIM parrainé par un commanditaire avec des ressources adéquates	Champion d'implémentation BIM travaillant étroitement avec le commanditaire pour diriger et réviser la stratégie du BIM
Comité de planification BIM	Le Comité de planification BIM est chargé d'élaborer et assurer l'implémentation de la stratégie BIM de l'organisation	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

Tableau-A V-2 Matrice d'évaluation SCBIMMM, alignement organisationnel

Alignement organisationnel	L'adaptation de l'entreprise au nouveau contexte de travail BIM et aux modifications organisationnelles telles que la structure hiérarchique, les rôles et responsabilité, l'adhésion du personnel, la formation, etc.	0 Non-Existant	1 Initial	2 Défini	3 Géré Partagé	4 Formalisé	5 Optimisé
Responsabilités BIM	Les responsabilités sont les tâches et obligations dans le cadre de ce rôle. Les responsabilités BIM réfèrent à l'adaptation et redéfinition des rôles et responsabilités traditionnelles face à l'implémentation BIM	Aucune responsabilité BIM définie	La responsabilité BIM est la responsabilité du Champion d'implémentation 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 selon les compétences de tous et chacun
Structure organisationnelle	Organigramme organisationnelle permettant de distinguer la hiérarchie de l'entreprise ainsi que de situer le BIM dans la structure organisationnelle	Le BIM n'est pas mentionné dans la structure organisationnelle	Le Champion d'implémentation 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	Équipe BIM pour chaque département	Équipe BIM interdisciplinaire intégrée
Formation et éducation	L'éducation réfère à la valorisation des enjeux BIM au sein de l'industrie, de ses apports principaux, de l'implémentation et de ses usages. La formation BIM décrit l'effort pour faciliter et comprendre l'utilisation des logiciels BIM et l'application particulière des procédures ou processus BIM	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 d'éducation embryonnaire	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	La volonté et l'état de préparation de l'organisation à intégrer le BIM	Résistance au changement total	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	La volonté d'amélioration continue par le changement des pratiques fait partie de la culture de l'organisation

Tableau-A V-3 Matrice d'évaluation SCBIMMM, infrastructure

Infrastructure	La capacité de l'entreprise à répondre aux besoins informatiques (logiciels, matériels technologiques) et physiques (espace collaboratif) engendrés par la transition BIM.	0 Non-existant	1 Initial	2 Défini	3 Géré Partagé	4 Formalisé	5 Optimisé
Logiciel (software)	Programmes informatiques, <i>plugins-in</i> , plate-forme en ligne et interactive, utilisés pour supporter le BIM.	Aucun logiciel compatible BIM	Logiciels capables de lire des fichiers BIM	Système de base de logiciels BIM	Système avancé de logiciels BIM interopérable	Utilisation de systèmes de logiciels BIM interopérables avec les standards de l'industrie (IFC, etc.)	Programme établi pour évoluer avec le marché des logiciels BIM
Équipements technologiques (hardware)	Matériel informatique requis pour stocker et d'exécuter le logiciel BIM (RAM, Processeur, Carte Graphiques, Écrans, etc.) ainsi que les technologies mobiles et autres équipements technologiques nécessaires pour pratiquer le BIM	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 BIM	Matériels maintenus à la fine pointe de la technologie et favorisant la collaboration intra- et inter-organisation	Programme établi pour évoluer les équipements technologiques avec les besoins des logiciels BIM
Déploiement de l'infrastructure	Gestion de la transition entre les nouvelles et anciennes infrastructures	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-uns 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	Espaces ou salles dédiées dans le bâtiment utilisées pour pratiquer le BIM collaboratif intra et interorganisationnel	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 adaptés	Programme établi pour évoluer avec les méthodes des installations et espaces physiques pour la collaboration BIM
ENTREPRENEUR Équipements technologiques sur le chantier	Qualité du matériel informatique requis pour stocker et d'exécuter le logiciel BIM en 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

Tableau-A V-4 Matrice d'évaluation SCBIMMM, Formalisation de la modélisation

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.	0 Non-Existant	1 Initial	2 Défini	3 Géré Partagé	4 Formalisé	5 Optimisé
Arborescence des composantes (MEB)	La structure de l'arborescence des composantes du modèle 3D est des identifiants assignés à chaque élément physique ou fonctionnel dans la décomposition du modèle	Aucune arborescence définie	MEB simple 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 sont partagés et 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)	Le niveau de développement (LOD) décrit le niveau de détail auquel un élément du modèle est modélisé	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 sont partagés et s'alignent avec les standards de l'industrie	Le LOD évolue selon les standards de l'industrie	Les modifications du LOD standard industriel sont proposées
Règles de modélisation	La formalisation de la modélisation porte sur les règles internes définies pour encadrer l'utilisation d'outils de création d'information graphique	Absence de règles de modélisation	Règles de modélisation décentralisées 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 intraorganisationnelle documentées et imposées dans le PGB selon les usages	Mise à jour des règles de modélisation selon les leçons apprises, l'expérience et les meilleures pratiques
Synchronisation des bases de données	L'interopérabilité des bases de données réfère à la synchronisation des informations non-géométriques et des informations géométriques des modèles numériques afin de comptabiliser, mesurer et contrôler les données du bâtiment	Aucun effort de synchronisation des bases de données	Décentralisation des bases de données interopérables	Certaines bases de données sont interopérables et utilisées de façon complémentaire	Certaines bases de données sont systématiquement mises à contribution pour la réalisation de certaines tâches nécessitant plusieurs informations de nature diverses	Toutes les bases de données sont mises à contribution pour optimiser l'ensemble des processus internes, y compris entre les départements	Mise à jour de l'interopérabilité des bases de données en fonction des nouveaux besoins et des meilleures pratiques de l'industrie
Plan de gestion BIM (PGB)	Le plan de la gestion BIM est un document regroupant la totalité des relations d'affaires des échanges BIM au sein d'un projet. Idéalement, les partenaires devraient avoir une bonne connaissance du contenu attendu, puisqu'ils devraient participer à son développement ou en commenter le contenu lors de sa création.	Aucune gestion des échanges BIM	Gestion ad hoc des échanges BIM	PGB rédigé pour quelques projets BIM	PGB utilisé dans tous les projets BIM	Formalisation des échanges BIM révisés s'accordant au plan stratégique de l'entreprise	Mise à jour du gabarit du PGB selon les leçons apprises, les meilleures pratiques et l'expérience
Contrat BIM	Modification des contrats pour s'adapter aux nouvelles contraintes du BIM et légales	Aucune modification aux contrats	Utilisation de contrats avec quelques adaptations BIM	Utilisation de contrats exigeant le BIM	Utilisation de contrats BIM s'alignant avec les standards de l'industrie	Mise à niveau régulière des contrats BIM	La firme s'implique avec le gouvernement pour réviser les clauses légales favorisant l'implémentation BIM
SOUS-TRAITANT Standardisation des objets	Les éléments modélisés utilisent les standards de fabrications et du fournisseur de la pièce	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 fabricants pour standardiser des objets sur mesure via le cadre numérique BIM	Modification et proposition d'évoluer les standards avec les manufacturiers
MANUFACTURIER Nomenclature (BOM)	La structure du BOM est des identifiants assignés à chaque élément physique ou fonctionnel dans la décomposition du modèle spécifique à la fabrication.	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 sont partagés et 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

Tableau-A V-5 Matrice d'évaluation SCBIMMM, Formalisation des relations d'affaires

Formalisation des relations d'affaires	La capacité de l'entreprise à définir et à formaliser les relations inter et intra organisationnelles avec le BIM.	0 Non-existant	1 Initial	2 Défini	3 Géré Partagé	4 Formalisé	5 Optimisé
Usages intraorganisationnels	Un usage du BIM est défini par une méthode ou une stratégie appliquant le BIM pour extraire des informations à des fins spécifiques. Ces usages BIM sont spécifiques aux besoins ou services d'une organisation.	Aucun usage du BIM	Usages ad hoc	Usages intraorganisationnels définis et imposés dans quelques projets	Usages intraorganisationnels définis imposés sur tous les projets et gérés selon le phasage	Formalisation des usages intraorganisationnels alignés avec le plan stratégique de l'entreprise	Mise à jour des usages intraorganisationnels selon les leçons apprises, les meilleures pratiques et l'expérience
Processus intraorganisationnels	La documentation de processus de BIM interne à l'organisation. Il est impossible d'optimiser ce qui n'est pas mesuré et documenté.	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
Usages interorganisationnels	Un usage du BIM est défini par une méthode ou une stratégie appliquant le BIM pour extraire des informations à des fins spécifiques. Ces usages BIM sont spécifiques aux besoins ou services d'un projet	Aucun usage du BIM	Usages ad hoc	Usages interorganisationnels définis et imposés dans quelques projets	Usages interorganisationnels définis, imposés sur tous les projets 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, les meilleures pratiques et l'expérience
Processus interorganisationnels	La documentation de processus BIM de projet externe. Il est impossible d'optimiser ce qui n'est pas mesuré et documenté.	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
Aptitude à collaborer	Collaboration intra et interorganisationnelle pour faciliter la transition vers le BIM dans les projets et au sein de l'organisation.	Travail seul	Collaboration ad hoc et limité	L'organisation est ouverte au partage d'information avec les autres intervenants, mais a quelques réticences	L'organisation partage l'information avec tous les intervenants sur demande et encourage le partage d'information	L'organisation est très ouverte et transparente, promeut les meilleures pratiques BIM entre les intervenants	L'organisation est une leader dans la collaboration et est reconnue pour ses meilleures pratiques qui évoluent avec le temps
MANUFACTURIER Gestion de l'achat	La gestion de l'achat se caractérise par le contrôle de la chaîne manufacturière de l'entrée des matières premières à la pièce finale via une plateforme centralisée BIM	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	Partage de la base de données BIM entre les départements et avec les autres fournisseurs	Intégration des intervenants de la chaîne manufacturière via une plateforme collaborative BIM

LISTE DE RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abdirad, Hamid. 2017. « Metric-based BIM implementation assessment: a review of research and practice ». *Architectural Engineering and Design Management*, vol. 13, n° 1, p. 52-78.
- Abdirad, Hamid, et Pardis Pishdad-Bozorgi. 2014. « Trends of assessing BIM implementation in construction research ». *Computing in Civil and Building Engineering*, p. 496-503.
- Alaghbandrad, Ali. 2015. « BIM maturity assessment and certification in construction project team selection ». École de technologie supérieure.
- André, Nathalie, Nathalie Loye et Louis Laurencelle. 2015. « La validité psychométrique: un regard global sur le concept centenaire, sa genèse, ses avatars ». *Mesure et évaluation en éducation*, vol. 37, n° 3, p. 125-148.
- Arayici, Y, F Khosrowshahi, AM Ponting et SA Mihindu. 2009. « Towards Building Information Modelling Paper Engineering Management and Technology ».
- Arayici, Yusuf, P Coates, Lauri Koskela, Mike Kagioglou, Colin Usher et KJSS O'Reilly. 2011. « BIM adoption and implementation for architectural practices ». *Structural survey*, vol. 29, n° 1, p. 7-25.
- Association, American Educational Research, American Psychological Association, Joint Committee on Standards for Educational, Psychological Testing et National Council on Measurement in Education. 1985. *Standards for educational and psychological testing*. American Educational Research Association.
- Aubret, Jacques, et Patrick Gilbert. 2003. *L'évaluation des compétences*. Editions Mardaga.
- Azhar, Salman. 2011. « Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry ». *Leadership and management in engineering*, vol. 11, n° 3, p. 241-252.
- Azhar, Salman, Irtishad Ahmad et Maung K Sein. 2009. « Action research as a proactive research method for construction engineering and management ». *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 136, n° 1, p. 87-98.
- Becerik-Gerber, Burcin, et Samara Rice. 2010. « The perceived value of building information modeling in the US building industry ». *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, vol. 15, n° 15, p. 185-201.
- Bernstein, Phillip G, et Jon H Pittman. 2004. « Barriers to the adoption of building information modeling in the building industry ». *Autodesk building solutions*.

- Bonny, Yves. 2015. « Les recherches partenariales participatives: Ce que chercher veut dire ». In *Les recherches-actions collaboratives*, Presses de l'EHESP. p. 36-43.
- Bougroum, Youssef. 2016. « An analysis of the current Building Information Modelling assessment methods ». *Research dissertation, University of Bath, Bath, UK*.
- Brewer, Marilyn B, et William D Crano. 2000. « Research design and issues of validity ». *Handbook of research methods in social and personality psychology*, p. 3-16.
- Brière, Laurence, Mélissa Lieutenant-Gosselin et Florence Piron. 2018. « Et si la recherche scientifique ne pouvait pas être neutre? ».
- Brousselle, Astrid, François Champagne, André-Pierre Contandriopoulos et Zulmira Hartz. 2011. *L'évaluation: concepts et méthodes: Deuxième édition*. Les Presses de l'Université de Montréal.
- Buckingham, BR, WA McCall, AS Otis, HO Rugg, MR Trabue et SA Courtis. 1921. « Report of the standardization committee ». *Journal of Educational Research*, vol. 4, n° 1, p. 78-80.
- Caldwell, Raymond. 2008. « HR business partner competency models: re-contextualising effectiveness ». *Human Resource Management Journal*, vol. 18, n° 3, p. 275-294.
- Campanale, Françoise, et Gilles Raïche. 2008. « L'évaluation dans la formation supérieure et professionnelle ». *Mesure et évaluation en éducation*, vol. 31, n° 3, p. 35-59.
- Chengke, Wu, Xu Bo, Mao Chao et Li Xiao. 2016. « Overview of BIM maturity measurement tools ». *Journal of information technology in construction*, vol. 22, p. 34-62.
- Cook, David A, et Thomas J Beckman. 2006. « Current concepts in validity and reliability for psychometric instruments: theory and application ». *The American journal of medicine*, vol. 119, n° 2, p. 166. e7-166. e16.
- Cox, Andrew, et Paul Ireland. 2002. « Managing construction supply chains: the common sense approach ». *Engineering, construction and architectural management*, vol. 9, n° 5/6, p. 409-418.
- Croasmun, James T, et Lee Ostrom. 2011. « Using Likert-Type Scales in the Social Sciences ». *Journal of Adult Education*, vol. 40, n° 1, p. 19-22.
- Cronbach, Lee J, et Paul E Meehl. 1955. « Construct validity in psychological tests ». *Psychological bulletin*, vol. 52, n° 4, p. 281.

- Crotty, Ray. 2013. *The impact of building information modelling: transforming construction*. Routledge.
- Davies, Richard, et Chris Harty. 2013. « Implementing ‘Site BIM’: a case study of ICT innovation on a large hospital project ». *Automation in construction*, vol. 30, p. 15-24.
- Eadie, Robert, Henry Odeyinka, Mike Browne, Clare McKeown et Michael Yohanis. 2014. « Building information modelling adoption: an analysis of the barriers to implementation ». *Journal of Engineering and Architecture*, vol. 2, n° 1, p. 77-101.
- Eagan, J. 1998. « Rethinking Construction: The Report of the Construction Task Force ». *Department of the Environment, Transport and the Regions, UK*.
- Eastman, C, P Teicholz, R Sacks et K Liston. 2011a. *BIM Handbook A Guide to Building Information Modeling*. John Wiley & Sons.
- Eastman, Chuck, Paul Teicholz, Rafael Sacks et Kathleen Liston. 2011b. *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. John Wiley & Sons.
- Forgues, Daniel, et Albert Lejeune. 2015. « BIM: in search of the organisational architect ». *International Journal of Project Organisation and Management*, vol. 7, n° 3.
- Forgues, Eva-Charlotte. 2017. « Adaptation d’un modèle de maturité BIM pour les principaux intervenants de la chaîne d’approvisionnement en construction ». École de technologie supérieure.
- Fraser, Peter, James Moultrie et Mike Gregory. 2002. « The use of maturity models/grids as a tool in assessing product development capability ». In *IEEE international engineering management conference*. Vol. 1, p. 244-249. IEEE.
- Frenette, Sébastien, Daniel Forgues et Souha Tahrani. 2014. « Les technologies mobiles, une révolution dans la communication et la coordination de projets de construction ». *GEN*, vol. 142, p. 1.
- Giel, B, et RRA Issa. 2014. « Framework for evaluating the BIM competencies of building owners ». In *Computing in Civil and Building Engineering (2014)*. p. 552-559.
- Gillet, Anne, et Diane-Gabrielle Tremblay. 2017. *Les recherches partenariales et collaboratives*. PUQ.
- Guba, E, et Y Lincoln. 1984. *Qualitative data analysis: a sourcebook of new methods*. Beverly Hills. CA: Sage.
- Guba, Egon G, et Yvonna S Lincoln. 1989. *Fourth generation evaluation*. Sage.

- Guba, Egon G, et Yvonna S Lincoln. 1994. « Competing paradigms in qualitative research ». *Handbook of qualitative research*, vol. 2, n° 163-194, p. 105.
- Guba, Egon G, et Yvonna S Lincoln. 2001. « Guidelines and checklist for constructivist evaluation ». *Evaluation Checklist Project*, p. 1-15.
- Hoffmann, Terrence. 1999. « The meanings of competency ». *Journal of European Industrial Training*, vol. 23, n° 6, p. 275-286.
- Hogan, Thomas P. 2017. *Introduction à la psychométrie*. Chenelière éducation.
- Jamil, Rossilah. 2015. « What is wrong with competency research? Two propositions ». *Asian Social Science*, vol. 11, n° 26, p. 43.
- Kassem, Mohamad, Jennifer Li, Bimal Kumar, Adrian Malleson, David John Gibbs, Graham Kelly et Richard Watson. 2020. *Building Information Modelling: Evaluating Tools for Maturity and Benefits Measurement*. Centre for Digital Built Britain, 184 p.
- King, John Leslie, et Kenneth L Kraemer. 1984. « Evolution and organizational information systems: an assessment of Nolan's stage model ». *Communications of the ACM*, vol. 27, n° 5, p. 466-475.
- Kohlegger, Michael, Ronald Maier et Stefan Thalmann. 2009. *Understanding maturity models. Results of a structured content analysis*. na.
- Kreider, Ralph Gary. 2013. « An ontology of the uses of building information modeling ».
- Kuznets, S. 1965. « Economic growth and structural change ». *New York*.
- Leedy, Paul D, et Jeanne Ellis Ormrod. 2005. *Practical research*. Pearson Custom.
- Lewis, James R. 1995. « IBM computer usability satisfaction questionnaires: psychometric evaluation and instructions for use ». *International Journal of Human-Computer Interaction*, vol. 7, n° 1, p. 57-78.
- Liu, Michel. 1997. « La validation des connaissances au cours de la recherche-action ».
- Lukka, Kari. 2000. « The key issues of applying the constructive approach to field research ». *Reponen, T.(ed.)*, p. 113-28.
- Matook, Sabine, et Likoebe M Maruping. 2014. « A competency model for customer representatives in agile software development projects ». *MIS Quarterly Executive*, vol. 13, n° 2.

- McCormack, Kevin, Jurgen Willems, Joachim Van den Bergh, Dirk Deschoolmeester, Peter Willaert, Mojca Indihar Štemberger, Rok Škrinjar, Peter Trkman, Marcelo Bronzo Ladeira et Marcos Paulo Valadares de Oliveira. 2009. « A global investigation of key turning points in business process maturity ». *Business Process Management Journal*, vol. 15, n° 5, p. 792-815.
- Messick, S. 1989. « Validity. em r. linn (org.), educational measurement.(13-103) ». *New York, NY: American Council on Education and Macmillan Publishing Company*.
- Miettinen, Reijo , et Sami Paavola. 2014. « Beyond the BIM utopia : appoaches to the development and implementation of building infirmation modeling ».
- Migilinskas, Darius, Vladimir Popov, Virgaudas Juocevicius et Leonas Ustinovichius. 2013. « The benefits, obstacles and problems of practical BIM implementation ». *Procedia Engineering*, vol. 57, p. 767-774.
- Mom, Mony, et Shang-Hsien Hsieh. 2012. « Toward performance assessment of BIM technology implementation ». In *14th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering*. p. 27-29. Publishing House ASV Moscow.
- Moore, David R, Mei-I Cheng et Andrew RJ Dainty. 2002. « Competence, competency and competencies: performance assessment in organisations ». *Work study*, vol. 51, n° 6, p. 314-319.
- Olatunji, Oluwole Alfred. 2011. « Modelling the costs of corporate implementation of building information modelling ». *Journal of Financial Management of Property and Construction*, vol. 16, n° 3, p. 211-231.
- Ozorhon, Beliz, et Ugur Karahan. 2016. « Critical success factors of building information modeling implementation ». *Journal of Management in Engineering*, vol. 33, n° 3, p. 04016054.
- Park, Hee-Sung, Stephen R Thomas et Richard L Tucker. 2005. « Benchmarking of construction productivity ». *Journal of construction engineering and management*, vol. 131, n° 7, p. 772-778.
- Poirier, Erik A. 2018. *Revue des outils d'évaluation de déploiement BIM existants*. Coll. « Diagnostics numériques ». Montreal: Groupe BIM du Québec, 54 p.
- Poirier, Erik A., Sheryl Staub-French et Daniel Forgues. 2015. « Assessing the performance of the building information modeling (BIM) implementation process within a small specialty contracting enterprise ». *Canadian Journal of Civil Engineering*, vol. 42, n° 10, p. 766-778.

- Pöppelbuß, Jens, et Maximilian Röglinger. 2011. « What makes a useful maturity model? a framework of general design principles for maturity models and its demonstration in business process management ». In *Ecis*. p. 28.
- Prifti, Loina, Marlene Knigge, Harald Kienegger et Helmut Krcmar. 2017. « A Competency Model for "Industrie 4.0" Employees ».
- Renken, Jaco. 2004. « Developing an IS/ICT management capability maturity framework ». In *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. South African Institute for Computer Scientists and Information Technologists.
- Röglinger, Maximilian, Jens Pöppelbuß et Jörg Becker. 2012. « Maturity models in business process management ». *Business process management journal*, vol. 18, n° 2, p. 328-346.
- Rosemann, Michael, et Tonia de Bruin. 2005. « Towards a business process managment maturity model ». *ECIS 2005 Proceedings*, p. 37.
- Ruparathna, Rajeev, et Kasun Hewage. 2015. « Sustainable procurement in the Canadian construction industry: current practices, drivers and opportunities ». *Journal of Cleaner Production*, vol. 109, p. 305-314.
- Sebastian, Rizal, et Léon Van Berlo. 2011. « Tool for Benchmarking BIM Performance of Design, Engineering and Construction Firms in The Netherlands ». *Architectural Engineering and Design Management*, vol. 6, n° 4, p. 254-263.
- Shepard, Lorrie A. 1993. « Chapter 9: Evaluating test validity ». *Review of research in education*, vol. 19, n° 1, p. 405-450.
- Siebelink, Sander, Johannes T Voordijk et Arjen Adriaanse. 2018. « Developing and Testing a Tool to Evaluate BIM Maturity: Sectoral Analysis in the Dutch Construction Industry ». *Journal of construction engineering and management*, vol. 144, n° 8, p. 05018007.
- Smits, Wim, Marc van Buiten et Timo Hartmann. 2016. « Yield-to-BIM: impacts of BIM maturity on project performance ». *Building Research & Information*, vol. 45, n° 3, p. 336-346.
- Stufflebeam, DL, et AJ Shinkfield. 2007. *Evaluation theory, models, and applications*. . Jossey-Bass, San Francisco, CA.
- Succar, Bilal. 2010. « The Five Components of BIM Performance Measurement ». In *CIB World Congress*. p. 14.

- Succar, Bilal, Willy Sher et Anthony Williams. 2012. « Measuring BIM performance: Five metrics ». *Architectural Engineering and Design Management*, vol. 8, n° 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.
- Teo, Thompson SH, et William R King. 1997. « Integration between business planning and information systems planning: an evolutionary-contingency perspective ». *Journal of management information systems*, vol. 14, n° 1, p. 185-214.
- Tremblay, Diane-Gabrielle, et J Rochman. 2017. « Le processus de collaboration et de partage des connaissances dans la recherche partenariale: de la reconnaissance des identités à l'émergence d'une communauté de pratique ». *Les recherches partenariales et collaboratives*, p. 101-127..
- Vass, Susanna, et Tina Karrbom Gustavsson. 2017. « Challenges when implementing BIM for industry change ». *Construction management and economics*, vol. 35, n° 10, p. 597-610.
- Vazirani, Nitin. 2010. « Review paper competencies and competency model-a brief overview of its development and application ». *SIES Journal of management*, vol. 7, n° 1, p. 121-131.
- Vieira, Ricardo, Elsa Cardoso et Christoph Becker. 2014. « A traceable maturity assessment method based on Enterprise Architecture modelling ». In *2014 IEEE 18th International Enterprise Distributed Object Computing Conference Workshops and Demonstrations*. p. 245-253. IEEE.
- Wu, Wei, Glenda Mayo, Tamera L McCuen, Raja RA Issa et Dana K Smith. 2018. « Building information modeling body of knowledge. I: Background, framework, and initial development ». *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 144, n° 8, p. 04018065.