



Principes du déploiement de la modélisation des données du bâtiment (Building Information Modeling - BIM)

ACCROÎTRE LA PERFORMANCE
DE LA FILIÈRE QUÉBÉCOISE DE
LA CONSTRUCTION PAR
LE VIRAGE NUMÉRIQUE

I Q C INITIATIVE
4.0 QUÉBÉCOISE POUR
LA CONSTRUCTION 4.0

PRÉPARÉ PAR LE GROUPE BIM DU QUÉBEC

410 rue Saint-Nicolas, bureau 236, Montréal, H2Y 2P5
Tous droits réservés Groupe BIM du Québec ©2019

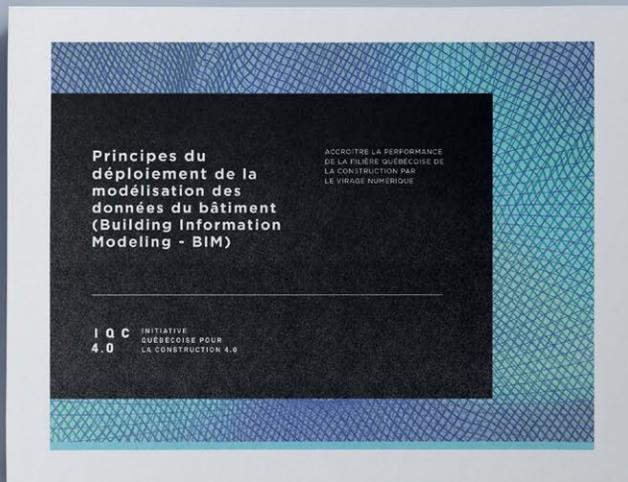
Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, copiée
ou transmise sous quelque forme que ce soit sans la permission
du Groupe BIM du Québec

Version 1.0 - Février 2019

EN COLLABORATION AVEC :



ACCROÎTRE LA PERFORMANCE DE L'INDUSTRIE QUÉBÉCOISE DE LA CONSTRUCTION PAR LE VIRAGE NUMÉRIQUE - LE DÉPLOIEMENT DE LA MODÉLISATION DES DONNÉES DU BÂTIMENT (BIM) AU QUÉBEC



SOMMAIRE EXÉCUTIF

L'Initiative Québécoise pour la Construction 4.0 (IQC4.0), mise sur pied par le ministère de l'Économie et de l'Innovation en collaboration avec le Groupe BIM du Québec, a pour but d'accompagner l'industrie québécoise de la construction dans le virage numérique, notamment dans le déploiement de la modélisation des données du bâtiment (*Building Information Modeling* - BIM) à grande échelle. Les objectifs de l'IQC4.0. sont les suivants :

1. engager et mobiliser les acteurs de l'industrie québécoise de la construction dans le virage numérique et le passage à la construction 4.0,
2. structurer les efforts et développer les mesures à prendre en matière de digitalisation de l'industrie,
3. déployer les mesures de manière cohérente et constante, et
4. mesurer et évaluer la progression de l'initiative sur l'industrie et son impact pour l'économie québécoise.

Il est important de noter que l'IQC4.0 est une initiative à long terme qui s'inscrit dans un mouvement global de numérisation de l'environnement bâti. Pour y parvenir, l'IQC4.0 compte présentement deux mesures : (1) la réalisation de diagnostics numériques et des plans de déploiement du BIM qui sont adaptés, et (2) la mise sur pied de projets d'amélioration numérique en construction.

Ces deux mesures de l'IQC4.0 mentionnées ci-dessus visent le déploiement du BIM de manière structurée et cohérente à plusieurs échelles. Vu l'ampleur des retombées du déploiement du BIM et les acteurs qui y sont impliqués, plusieurs études ont été faites à ce sujet. En effet, il existe beaucoup de documents qui présentent tous une certaine perspective sur le déploiement du BIM. Le présent rapport fait état de ces différentes perspectives. L'objectif du rapport n'est pas de fournir une revue exhaustive de toute cette documentation, mais plutôt de situer l'approche au déploiement du BIM et prendre position dans le cadre de l'IQC4.0. En d'autres termes, ce rapport sert à expliquer les bases et le cadre théorique qui guident l'IQC4.0, de même qu'il accompagne le rapport sur les outils d'évaluation du déploiement du BIM.

Ce cadre théorique de déploiement qui a été élaboré est composé de cinq éléments :

1. les principes clés du déploiement;
2. les différentes phases du déploiement;
3. le processus de déploiement;
4. les domaines d'intervention (ou facteurs de réussite);
5. les compétences requises pour le déploiement du BIM.

Le premier de ces éléments du cadre de déploiement du BIM se nomme « les principes clés du déploiement ». Ces principes du déploiement du BIM couvrent quatre aspects majeurs :

1. les questions de motivation qui sont derrière les mouvements en cours dans divers pays;
2. les objectifs du déploiement;
3. les différents modèles de déploiement du BIM;
4. la notion d'échelle.

Ce faisant, ces principes du déploiement du BIM synthétisent les cinq modèles d'adoption BIM macro de l'initiative *BIMexcellence*. À cet effet, les différents modèles de déploiement du BIM de cette initiative, lorsque combinés au travail fait en parallèle par d'autres chercheurs, permettent de comprendre que le déploiement du BIM se fait à plusieurs échelles et selon plusieurs principes. De plus, chaque portion du système doit être pris en compte et a un rôle à jouer dans le déploiement du BIM à grande échelle au Québec. Il s'agit donc de voir comment les dynamiques et les pressions exercées par les différentes parties du système influencent le déploiement du BIM à l'échelle des organisations du Québec et comment il est possible de se servir de celles-ci pour créer un effet de levier pour faciliter la diffusion du BIM dans l'industrie québécoise de la construction. Pour y parvenir, il doit y avoir en place une structure cohérente pour

accompagner l'industrie afin d'éviter des dérives et des orientations qui causeraient un préjudice aux objectifs globaux du déploiement du BIM à grande échelle au Québec. À noter que ces objectifs globaux sont relatifs à l'amélioration de la performance, de la productivité, etc.

Le deuxième élément qui compose le cadre de déploiement du BIM est « les différentes phases du déploiement du BIM ». Ces phases couvrent la nature évolutive du déploiement du BIM, notamment aux niveaux de la capacité et de la maturité. Il existe trois phases de déploiement du BIM qui sont reliées à des degrés de capacité, passant du pré-BIM à l'intégration complète des pratiques d'affaires via le BIM. Chacune des phases compte cinq étapes de maturité. Cette dernière remarque souligne la dynamique du déploiement du BIM à savoir que le déploiement du BIM au sein d'une organisation est un processus qui se fait par phases et par étapes. Ainsi, le passage d'un état « pré-BIM » à un état de BIM avec une capacité de base, soit BIM phase 1, passe par le point d'adoption BIM, soit un point dans le temps qui se caractérise par une décision d'affaire d'entreprendre le déploiement du BIM; s'en suit le développement de capacité BIM par phases, passant des capacités de modélisation à des capacités de collaboration à des capacités d'intégration. Chaque phase est caractérisée par une évolution au point de vue de la maturité de l'entreprise à opérer et à livrer des projets selon la

phase de capacité dans laquelle elle se situe. La cible de capacité et de maturité variera en fonction de deux facteurs principaux: (1) les objectifs de l'entreprise ou de l'organisation, (2) les outils et les structures mises à sa disposition et du contexte général de diffusion BIM (en lien avec les modèles de diffusion BIM macro discutés auparavant). De là, l'interdépendance de chacune de ces phases et étapes démontre l'importance de la cohérence d'une approche globale pour le déploiement du BIM. Cette volonté de cohérence d'une approche globale est soutenue dans le cadre de l'IQC4.0.

Le troisième élément du cadre de déploiement du BIM est le processus de déploiement. Pour que le déploiement du BIM puisse se faire de manière adéquate, il se fonde sur un processus de déploiement qui est cyclique et itératif. Le processus compte une série d'étapes qui sont incluses dans des activités de planification, des activités d'exécution et des activités de vérification et de validation. D'ailleurs, ce qui ressort des études et guides portant sur le déploiement du BIM est la nature itérative et cyclique du processus. En effet, un consensus se dégage relativement au fait que le déploiement du BIM n'est pas un processus linéaire. En fait, ce déploiement est dépendant de plusieurs aspects, dont le contexte du déploiement, qui influenceront la rapidité, l'efficacité et l'étendue du processus.

Le quatrième élément du cadre de déploiement du BIM se nomme « les domaines d'intervention », aussi connu sous l'expression « les facteurs de réussite ». Ces domaines d'intervention consistent en les différents indicateurs ou facteurs qui sont à considérer dans le déploiement du BIM; ces différents indicateurs sont intimement liés aux outils d'évaluation de la capacité et de la maturité dont il est question dans le rapport portant sur les outils d'évaluation du déploiement du BIM. Il est à noter qu'à ce stade, 39 indicateurs catégorisés dans 16 catégories et selon cinq dimensions (ou champs) sont identifiés.

Le cinquième, et dernier, élément du cadre de déploiement du BIM est la notion de compétence. Cette notion de compétence est explorée dans le présent rapport et les cadres d'apprentissage et de connaissances requises sont présentés. Les 56 sujets de compétences, distribués dans les huit ensembles de compétences développés dans le cadre de l'initiative d'excellence BIM sont présentés dans le présent rapport. Selon les données actuelles, il apparaît que ce modèle de compétences BIM, jusqu'à preuve du contraire, est celui qui est le plus complet et le mieux adapté pour les besoins de l'IQC4.0.

Les différentes perspectives de déploiement du BIM dont il est question dans le présent rapport confirment la nature complexe et les multiples facettes du déploiement du BIM. En effet, le déploiement du BIM est une transformation qui implique toutes les échelles du secteur de l'environnement bâti. Également, cela consiste en une transformation qui opère de manière cyclique, par phases et par étapes, qui exige et qui engendre le développement de nouvelles compétences au sein d'une entreprise. Finalement, le déploiement du BIM est une transformation qui œuvre sur plusieurs dimensions (ou champs) d'une industrie, d'une organisation ou d'une équipe de projet. Selon les objectifs qui ont été circonscrits lors de la mise sur pied de l'IQC4.0, il convient de souligner de l'IQC4.0 tient en compte ces multiples perspectives dans le déploiement du BIM à grande échelle dans l'industrie québécoise de la construction. En effet, en œuvrant à ces échelles différentes et à l'intérieur d'un cadre bien défini et balisé, l'IQC4.0 permet d'accompagner sur la bonne voie l'industrie dans cette transformation qu'est le déploiement du BIM.

MISE EN CONTEXTE

La transformation de l'environnement bâti québécois et de l'industrie québécoise de la construction passe par le virage numérique, plus particulièrement le déploiement à grande échelle de la modélisation des données du bâtiment (*Building Information Modeling* - BIM) et de l'environnement collaboratif qui le soutient. En effet, lorsque le virage numérique est bien entrepris et encadré, il permet à l'industrie d'accroître sa performance, d'augmenter sa productivité, d'assurer sa pérennité et d'améliorer sa compétitivité. Ces retombées positives du virage numérique cadrent dans un contexte où les corps publics cherchent à obtenir la meilleure valeur pour chacun des investissements, à stimuler l'innovation et à se développer de manière durable et responsable. En contrepartie, le passage au numérique de l'industrie québécoise de la construction pose de nombreux défis, notamment celui de la montée en compétence et de l'accompagnement des acteurs pour prendre ce virage numérique.

C'est dans ce contexte que le ministère de l'Économie et de l'Innovation (MEI), en collaboration avec le Groupe BIM du Québec (GBQ), a mis sur pied l'Initiative Québécoise pour la Construction 4.0 (IQC4.0) dans le cadre du Plan d'Action en Économie Numérique (PAEN). L'IQC4.0 a quatre buts principaux : (1) engager et mobiliser les acteurs de l'industrie québécoise de la construction dans le virage numérique et le passage à la construction 4.0, (2) structurer les efforts et développer les mesures à entreprendre en matière de digitalisation de l'industrie, (3) déployer

les mesures de manière cohérente et constante, et (4) mesurer et évaluer la progression de l'initiative sur l'industrie et son impact pour l'économie québécoise.

Pour mener à bien sa mission et atteindre ses objectifs principaux, l'IQC4.0 compte présentement deux mesures : (1) la réalisation de diagnostics numériques et des plans d'amélioration de la performance via le déploiement du BIM qui sont adaptés, et (2) la mise sur pied de projets d'amélioration numérique en construction. Ces mesures cadrent avec deux autres mesures pour leur part inscrites dans le PAEN lancé par le MEI, soit : (1) le point 6 – Accompagnement par des équipes spécialisées, et (2) le point 7 – Parrainage de fournisseurs par des donneurs d'ordres.

En parallèle, les mesures de l'IQC4.0 s'inscrivent dans les actions recommandées par le GBQ dans le rapport intitulé *Accroître la performance de la filière québécoise de la construction par le virage numérique : Étude sur le déploiement des pratiques et outils de modélisation des données du bâtiment au Québec* paru à l'hiver 2018.

Ces mesures s'alignent avec les objectifs des axes suivants :

→ A1.2 - Inscire les corps publics comme donneurs d'ouvrage exemplaires en matière de construction utilisant les possibilités du numérique;

- A1.3 - Accroître la demande en matière de BIM par tous les donneurs d'ouvrage publics;
- A2.1 - Créer un mouvement vers le BIM afin de briser l'inertie;
- A2.2 - Mettre en place des incitatifs pour la prise du virage numérique par les entreprises et les institutions;
- A2.4 - Élargir le bassin de projets par secteur d'activité;
- A4.2 - Appuyer le développement de programmes de formation adaptés aux différents besoins de la filière en matière de BIM;
- A4.4 - Soutenir l'évaluation des compétences individuelles et des entreprises;
- A5.4 - Mettre en place un système d'étalonnage pour l'industrie pour mesurer les bénéfices du BIM et favoriser le développement d'une culture d'amélioration continue.

Il est important de souligner que la mise en œuvre de l'IQC4.0 est un effort à long terme qui s'inscrit dans un mouvement global de digitalisation de l'environnement bâti. Le Québec emboîte ainsi le pas aux leaders mondiaux ce qui lui permet de se positionner parmi ceux-ci au point de vue de la digitalisation de son environnement bâti.

LEXIQUE *

2D: Deux dimensions : ce terme réfère généralement aux dessins utilisant les méthodes dites CAD, dessins de lignes ou documents contractuels.

3D: Trois dimensions: ce terme réfère généralement aux modèles avec la troisième dimension du Z.

3D Coordination: des fois nommées CIM (Construction Information Modeling), réfère à l'analyse et la comparaison des maquettes 3D des intervenants pour identifier les clashes, les conflits et les problèmes entre elles.

4D/5D/6D/7D: Ces termes réfèrent aux autres dimensions du BIM sur comment l'information est utilisée. La 4D réfère au contrôle de l'échéancier via les outils BIM tandis que la 5D réfère à l'estimation. La 6D consiste à la simulation des modèles pour des points de vue énergétiques ou de cycle de vie. La 7D est la gestion des données d'établissement, notamment pour les gestionnaires d'immeubles.

Ad hoc : Qui a été ajouté pour régler un problème spécifique, mais qui ne peut être justifié d'un point de vue général

AEC: Cette abréviation vient de l'anglais pour référer à Architecture, Engineering, and Construction (Architecture, Ingénierie et Construction). Cet acronyme regroupe tous les intervenants de la chaîne d'approvisionnement pour le cycle de vie d'un projet bâti.

Building Information Modeling (BIM): Building Information Modeling (BIM) est un processus qui implique le développement, l'utilisation et le transfert des données numériques d'un modèle 3D à un projet bâti pour améliorer le design, la construction et les opérations du projet ou du portfolio des établissements(Computer Integrated Construction Research Group (CICRG), 2010)

Bills of Materials (BOM): La liste des matériels ou « Bill of Material (BOM) » décrit l'utilisation d'un standard de fabrication défini par l'entreprise ou par l'industrie pour la classification des pièces de fabrication selon leur quantité, leurs matériaux, leur numéro d'identification, etc.

BPMN : Méthode de notation du Business Process Modeling Notation (BPMN) pour la cartographie de processus (Object Management Group (OMG), 2011)

CAD: Computer Aided Drawing, logiciel traditionnel de dessin assisté par ordinateur

Cartographie ou Carte : dessin regroupant un système de notation pour illustrer les flux d'information d'un processus étudié.

Cadre décisionnel ou commanditaire : Représenté par un ou plusieurs membres de la haute direction, le commanditaire est celui qui finance le BIM et assure la qualité des ressources dédiées à son implémentation.

Cycle de vie : Le cycle de vie d'un projet réfère à toutes les phases du projet, du démarrage à l'opération jusqu'à la démolition du bâtiment

Champion d'implémentation BIM : Responsable de formaliser l'implémentation du BIM, les pratiques, procédures et processus BIM

Cloud: réfère aux plateformes infonuagiques pour l'entreposage et l'échange de fichier.

CNC: Computer Numerically Control machine permettant la préfabrication en passant par un cadre numérique pour l'impression des pièces

COBie (Construction Operations Building Information Exchange): Un standard pour les projets BIM développer pour documenter les processus de construction et de faciliter le pont avec les standards pour l'exploitation du bâtiment.

Co-construction: Méthode de travail inspirée des sciences cognitives qui confronte un ou plusieurs participants à une entrevue interactive en les incitant à la commenter, en présence d'un évaluateur afin de construire un produit fini.

Comité BIM : Représenté par un ou plusieurs membres exécutant les tâches BIM

Expert BIM : C'est un champion technique dans sa discipline qui va maîtriser toute la partie technique du BIM =/= du gestionnaire BIM

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

L'éducation du BIM réfère à la valorisation des enjeux BIM au sein de l'industrie, de ses apports principaux, de l'implémentation et de ses usages.

Famille: Fichier possédant des valeurs paramétrables et comprenant des objets ou éléments 3D afin de représenter une composante d'un bâtiment.

Flot de travail ou flux de l'information: Transfert d'information entre deux ou plus d'acteurs pour un système d'information particulier. Le flux, représenté par des flèches, illustre comment l'information s'échange entre les divers intervenants.

La **formation BIM** décrit l'effort pour faciliter et comprendre l'utilisation des logiciels BIM et l'application particulière des procédures ou processus BIM.

Focus group : Un groupe de focus est une discussion dirigée par un évaluateur pour orienter les sujets de discussion et obtenir les opinions des participants sur les sujets données et pour les guider pour des décisions d'actions futures.

IFC (Industry Foundation Classes): Un standard de buildingSMART sous format XML (eXtensible Markup Language) pour entreposer, décrire et transporter des données descriptives. Ce format permet l'interopérabilité ouverte des sources d'information du modèle 3D afin de partager les données pour la construction et l'exploitation d'un projet bâti,

Interopérabilité: Ce terme décrit l'habilité et le processus de transformer un format d'un fichier et ses données pour la rendre compatible avec une autre plateforme numérique sans perdre les descriptions des données géométriques et non géométriques.

LOD (Level of Development): le LOD définit les requis pour les informations géométriques et non géométriques à insérer dans un modèle 3D par phase de projet.

MEB : Ce terme définit la catégorisation des objets du modèle numérique. Ceux-ci se réfèrent aux standards de l'industrie de la construction, tels que le Unifomat ou le Masterformat, pour classifier les composantes de la maquette numérique par rapport aux composantes réelles nécessaires à la réalisation du bâtiment.

Mission: La mission d'une entreprise est ce qui décrit sa raison d'être, mais également ses services, ses fonctions et ses valeurs.

Modèle 3D, modèle numérique, modèle BIM, modèle Revit: Termes génériques qui réfère aux fichiers numériques 3D comprenant les données BIM.

Modèle de maturité : Modèle représentant sur une série de niveaux de maturité le développement type et idéal d'un sujet donné représenté sous forme de matrice ou grille comprenant les trois principales composantes : catégories, indicateurs et descripteurs.

- Les **catégories d'indicateur sont les sujets prédéfinis pour construire le modèle de maturité.**
- Les **indicateurs** sont des concepts dont le développement peut être prescrit.
- Les **descripteurs** est placé à la jonction d'un niveau de maturité et d'un indicateur permet de définir les caractéristiques. Un descripteur peut comprendre plusieurs critères de maturité, soit les exigences pour atteindre le niveau supérieur.

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

Objet BIM : Dans Revit, un objet est un élément particulier d'un bâtiment qui peut être paramétré et décrit. Ces objets représentent virtuellement les composantes réelles d'un bâtiment construit.

Objectif SMART: les objectifs sont dits S.M.A.R.T., c'est-à-dire qu'ils doivent être Spécifique, Mesurable, Acceptable, Réaliste (pertinent) et s'inscrire dans le Temps (délais définis)

Open BIM: Une approche (orchestrée par buildingSmart) qui permet la réalisation et l'exploitation collaborative et accessible de bâtiments sur la base de normes et de flux de travail ouverts.

Nuage de points: Ce terme décrit le nombre de points de données d'ordonnée représentés dans un objet 3D. Ce nuage est généralement créé à l'aide de la technologie LiDaR et peut être utilisé et coordonné avec des projets BIM.

Plan de gestion BIM - PGB: Le plan de la gestion BIM est un document regroupant la totalité des échanges BIM au sein d'un projet entre les diverses parties prenantes.

Plan stratégique BIM: Plan stratégique d'implémentation BIM dans l'entreprise. Doit comprendre les stratégies organisationnelles pour faciliter l'adoption du BIM dans l'entreprise ainsi que les visions et objectifs BIM.

Une **procédure** est une démarche à suivre, imposée et appliquée.

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

Protocole de modélisation: Ce document consiste aux techniques et façons de faire pour modéliser les informations nécessaires dans le modèle 3D selon les objectifs de l'entreprise et des informations nécessaires pour le projet. Les protocoles considèrent également la façon dont les objets BIM sont paramétrés et comment l'information est intégrée dans ceux-ci.

Relations d'affaires : Les relations d'affaires sont tous les échanges et relations entre les individus, les organisations et au sein d'un projet.

RFID (Radio-Frequency Identification): Technologie qui permet de coder et étiqueter, selon un numéro ou code d'identification, des objets. Ce code peut être relevé par un lecteur de RFID afin de suivre le suivi des objets.

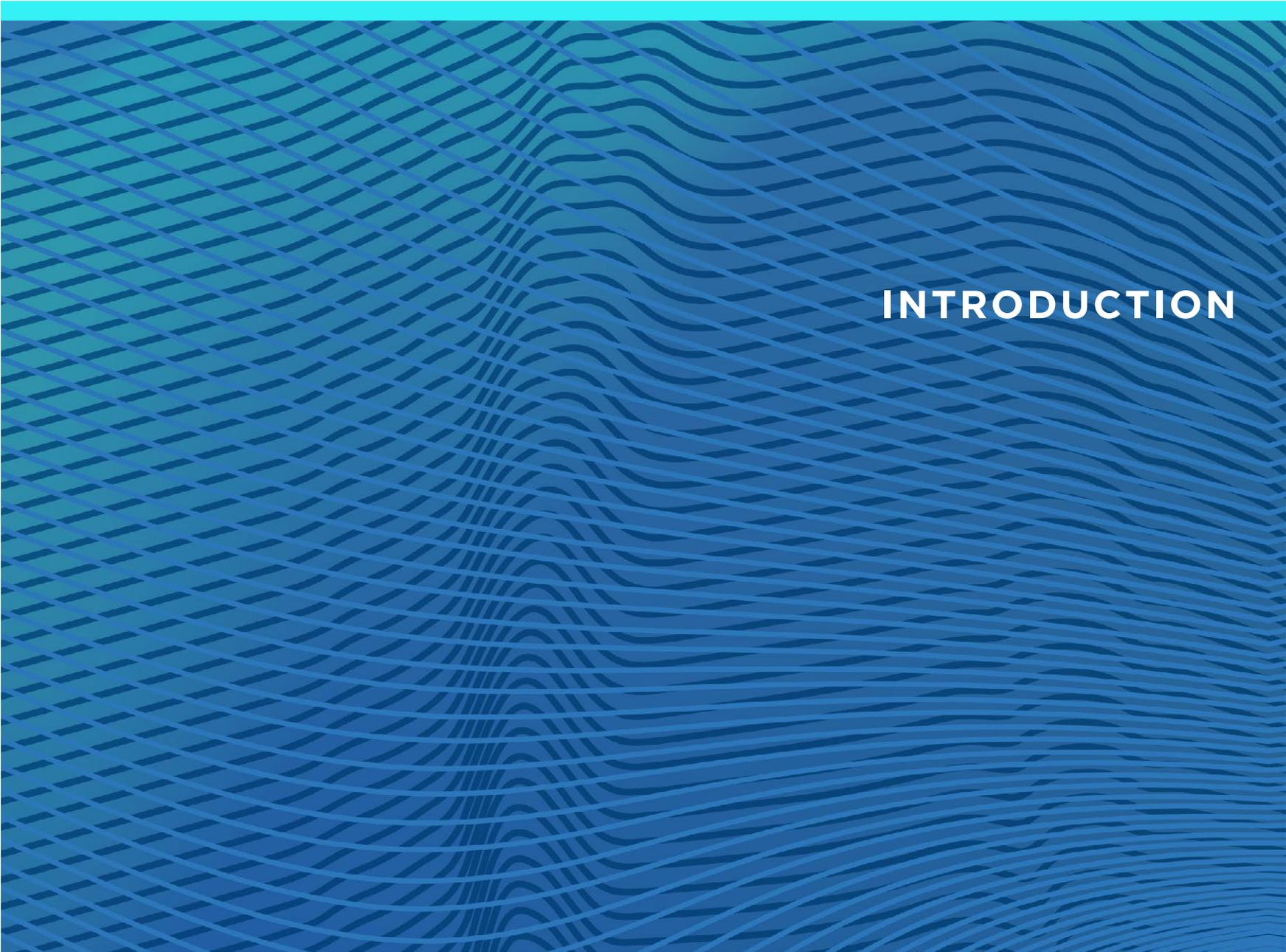
Les **usages BIM** Un usage du BIM est défini par une méthode ou une stratégie en appliquant le BIM pour extraire des informations à des fins spécifiques. Ils peuvent être définis pour répondre aux besoins ou services d'une organisation. Ce type d'usage est appelé usage intraorganisationnel. Au sein d'un projet, les usages BIM sont définis entre tous les intervenants ou par une demande du client. Ce type d'usage est appelé usage interorganisationnel.

Vision: Les visions sont les façons dont la haute direction d'une entreprise la voit dans les années à venir. Ce sont les visions qui dictent l'évolution d'une entreprise ainsi qui permettent de déterminer ses objectifs courts et longs termes.

* Visiter bimdictionary.com pour plus de définitions

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
LES PRINCIPES DU DÉPLOIEMENT DU BIM	3
LES PÉRIODES, PHASES ET ÉTAPES DU DÉPLOIEMENT DU BIM	14
LE PROCESSUS DE DÉPLOIEMENT DU BIM	19
LES DOMAINES D'INTERVENTION POUR LE DÉPLOIEMENT DU BIM	27
LES COMPÉTENCES REQUISES POUR LE DÉPLOIEMENT DU BIM	44
CONCLUSION	56
BIBLIOGRAPHIE	58



INTRODUCTION

INTRODUCTION

L'Initiative Québécoise pour la Construction 4.0 (IQC4.0) vise, entre autres, le déploiement à grande échelle du BIM au sein de l'industrie québécoise de la construction afin d'accroître la performance et la productivité de celle-ci. Dire que le déploiement du BIM à cette échelle est complexe est un euphémisme. En fait il s'agit d'une entreprise ayant de multiples facettes qui inclut de multiples phases et qui se décline sur une longue période de temps. Pour y parvenir et tirer bénéfice du déploiement du BIM, il est donc nécessaire d'être bien structuré, de faire preuve de cohérence et surtout de constance. À cet effet, les deux premières mesures de l'IQC4.0 considèrent principalement le déploiement du BIM à l'échelle du projet et de l'organisation. Ces mêmes mesures permettent aussi de jeter les bases pour un déploiement à l'échelle de l'industrie dans son ensemble. Dans ce contexte, le déploiement du BIM est principalement vu comme un processus complexe de changement qui implique une refonte des pratiques d'affaires d'une organisation, cela en fonction des objectifs que cette organisation cherche à accomplir.

L'objectif du présent rapport est de bien établir les bases théoriques et le cadre conceptuel qui guideront les travaux de l'IQC4.0 en matière de déploiement du BIM. Pour ce faire, les différentes perspectives sur le déploiement du BIM qui sont mises en relation dans le cadre de l'IQC4.0 sont présentées et font l'objet d'une discussion ci-dessous.

Il est important de noter qu'il existe de nombreuses ressources qui peuvent servir de référence pour appuyer le processus de déploiement du BIM. Par exemple, le [*Manuel de Pratique Canadien pour le BIM*](#), développé par *buildingSMART Canada* en collaboration avec plus de 60 experts BIM de l'industrie canadienne de la construction, est une source riche en informations pertinentes pour les organismes voulant effectuer cette transition numérique que constitue le déploiement du BIM. Le but du présent rapport n'est pas de répéter ce qui se trouve dans ces guides, mais plutôt de consolider les différentes sources d'information à ce sujet et d'en tirer les grands principes.

Le présent rapport couvre les cinq thèmes suivants :

1. les principes clés du déploiement du BIM;
2. les différentes phases;
3. le processus de déploiement;
4. les domaines d'intervention (ou facteurs de réussite);
5. les compétences requises pour le déploiement.



LES PRINCIPES DU DÉPLOIEMENT DU BIM

LES PRINCIPES DU DÉPLOIEMENT DU BIM

Un mouvement international

Nous sommes présentement dans une deuxième période (ou génération) de déploiement du BIM avec l'apparition massive d'outils BIM commerciaux (Autodesk 2003; Bentley et Workman 2003; Cyon Research Corporation 2003; Laiserin 2003). Cette deuxième période constitue une période de prise de conscience, de sensibilisation et de mobilisation massive sur une échelle globale. À titre de référence, la première période de déploiement du BIM se situe entre les années 1970 et 2000 et correspond aux développements des concepts de base de la conception assistée par ordinateur (CAO) et du BIM.

Cette accélération du déploiement du BIM correspond également au désir de plusieurs corps gouvernementaux à réformer leurs industries de la construction respectives afin d'améliorer leur productivité, leur performance et leur compétitivité. Ce mouvement cadre également avec une volonté de développement durable, d'amélioration de la qualité de l'environnement bâti, et aussi avec un désir de promouvoir l'innovation et un besoin de cadrer les dépenses publiques en matière d'immobilisation.

Dans cet élan, plusieurs pays étaient animés par la conviction que le virage numérique et le déploiement du BIM à grande échelle étaient une réponse aux divers maux de l'industrie. Ces nombreux pays ont donc mis sur pied des initiatives ou ont exercé des pressions pour encourager le virage numérique dans leurs industries de la construction (voir rapport *Construction 4.0 et Environnement bâti numérique - Revue des initiatives mondiales pour transformer le secteur de l'environnement bâti*), notamment au point de vue du déploiement du BIM à grande échelle. Depuis cette période, les nombreux bénéfices du BIM sont de plus en plus connus et documentés (voir rapport *Accroître la performance de la filière québécoise de la construction par le virage numérique*: Étude sur le déploiement des outils et des pratiques de la modélisation des données du bâtiment au Québec).

Par contre, le déploiement du BIM comporte un lot considérable de défis, dont entre autres des défis d'ordre :

- technique (tels que l'interopérabilité et la performance);
- organisationnel (l'investissement et la main d'œuvre);
- procédural (la coordination, la collaboration et les échanges et la gestion des données);
- contractuel et légal (la responsabilité professionnelle et la propriété intellectuelle).

Ces défis nécessitent des solutions et un encadrement qui sont adaptés aux réalités de chacun des pays, à leurs contextes spécifiques, au désir de changement et à la motivation de leurs industries respectives pour y parvenir. À cet effet, les solutions, leur type et leur envergure varieront grandement selon les dynamiques et les approches en jeu dans les pays où le déploiement du BIM est soutenu par une combinaison de corps publics, académiques et provenant de l'industrie.

Le déploiement, la diffusion, l'adoption et l'implantation

De manière générale, les concepts de déploiement, d'adoption, de diffusion et d'implantation sont utilisés de façon complémentaire voire interchangeable. Afin d'éviter toute confusion, il convient de présenter trois définitions qui proviennent du [dictionnaire BIM](#). Selon ce dictionnaire, [l'implantation BIM](#) fait référence à « l'ensemble d'activités entreprises par une unité organisationnelle pour se préparer, déployer ou améliorer ses livrables BIM (produits) et les flux de travail relatifs (processus) ». La [diffusion BIM](#) correspond quant à elle à « la propagation des outils, des workflows et des protocoles BIM au sein d'une population d'adopteurs, que ce soit au sein d'une organisation ou sur un marché entier ». Pour sa part, [l'adoption ou le déploiement du BIM](#) « fait référence soit à l'implantation du BIM ou à la diffusion BIM ou à un mélange des deux termes ». Pour les besoins du présent rapport nous emploierons le terme déploiement de manière interchangeable avec les termes adoption et implantation.

Les questions de déploiement organisationnel et au sein de projets ont fait l'objet de nombreux travaux au cours des 15 dernières années. Nous remarquons entre autres une prolifération des guides portant sur la planification et le déploiement du BIM au sein des projets. Le site « BIM Guides Wiki » de buildingSMART International se veut un répertoire des guides BIM dans le monde :
<http://bimguides.vtreem.com/bin/view/Main/>

Les objectifs du déploiement du BIM

L'objectif premier du déploiement du BIM est de récolter les bénéfices liés à la mise en oeuvre de l'écosystème collaboratif d'informations intégrées d'un actif immobilier ou d'une infrastructure soutenu par le BIM. Pour ce faire, le déploiement du BIM sert à outiller les entreprises et organismes qui œuvrent dans le domaine de l'environnement bâti pour qu'ils puissent évoluer dans cet écosystème. Ainsi, le déploiement du BIM vise la transformation des pratiques de livraison et de maintien d'actifs immobiliers et d'infrastructures pour soutenir et œuvrer dans cet écosystème. Le déploiement du BIM nécessite une montée en compétences spécifiques aux nouvelles aptitudes et capacités exigées par une livraison de projet et maintien d'actif dans un environnement d'informations qui fonctionne en réseau et intégrées.

Les modèles de déploiement du BIM

Le déploiement du BIM a reçu beaucoup d'attention au cours des dernières années. Selon ce que nous avons constaté, la majorité des écrits semblent concerner le déploiement du BIM au niveau du projet. Par contre, le déploiement du BIM ne se limite pas au niveau du projet car il concerne une multitude d'échelles. Cette notion d'échelle est d'ailleurs critique dans le déploiement du BIM puisqu'elle est directement liée au contexte dans lequel ce déploiement se produit. En terme de développement de modèles de déploiement et de diffusion BIM, le travail de l'initiative d'excellence [BIM \(BIME Initiative\)](#) est sans contredit le plus complet. Les prochaines sections du présent rapport résument ce travail de l'initiative d'excellence BIM et le positionne dans le contexte de l'IQC4.0.

Principe d'échelle

Une des notions que le Dr Bilal Succar explore dans ses travaux est celle d'échelle et des implications de ces dernières dans le déploiement du BIM¹. Pour expliquer les différents intervenants dans le déploiement du BIM, 12 niveaux organisationnels qui s'articulent selon trois échelles sont identifiés.

Ces 12 niveaux et ces trois échelles sont :

→ Macro

- Marché mondial
- Marché défini (exemple : Union européenne ou pays individuels)
- Sous-marché (exemple : marchés régionaux, étatiques ou locaux)
- Industrie (exemple : industrie de la construction)
- Secteur (exemple : secteurs de la conception ou de la construction)
- Discipline (exemple : disciplines structurelles ou mécaniques)
- Spécialité (exemple : des détails en acier ou des spécialités de design de cuisine)

→ Meso

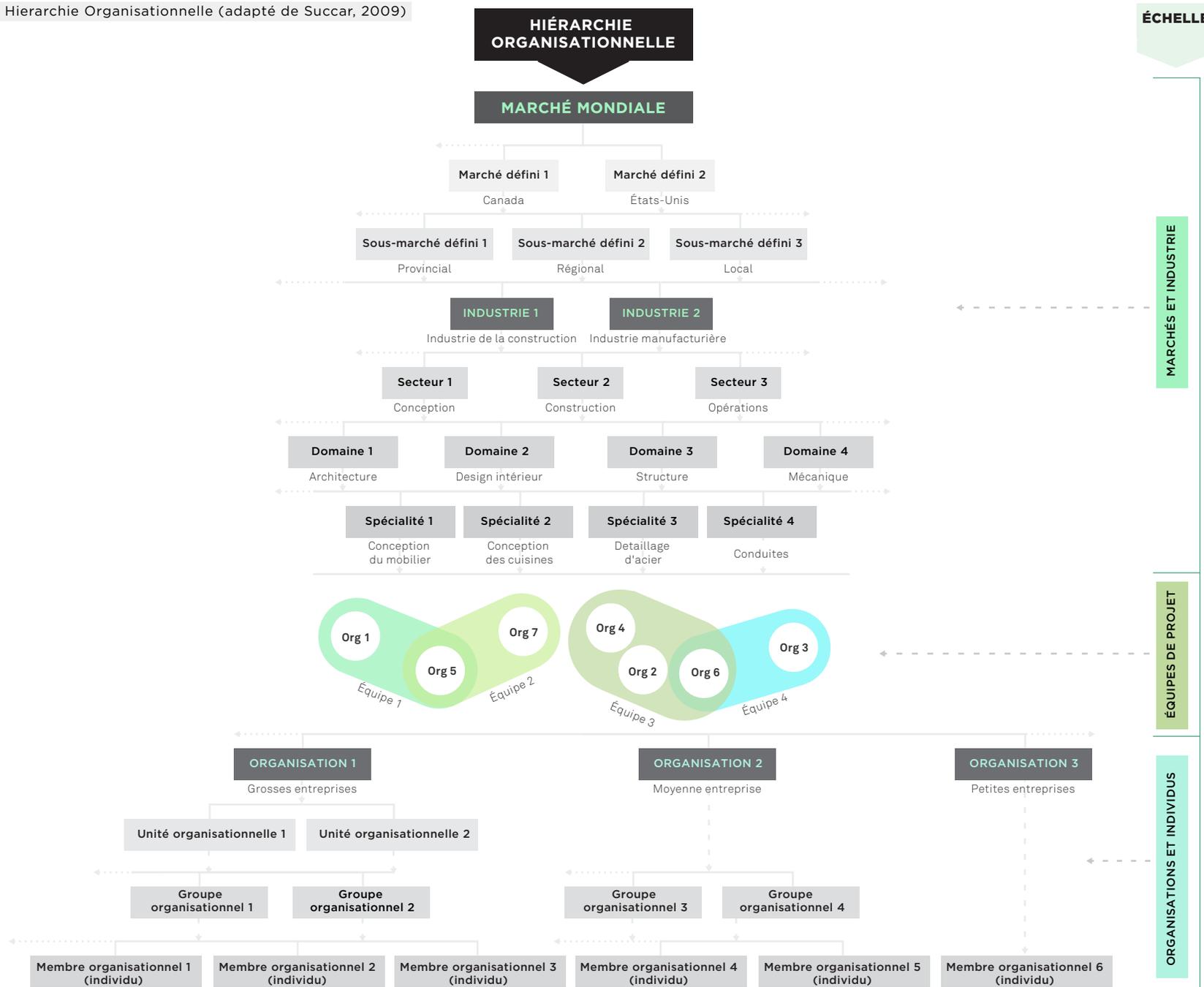
- Équipe organisationnelle (exemple : deux organisations ou plus travaillant sur le même projet)

→ Micro

- Organisation (exemple : une entreprise d'ingénierie ou de construction)
- Unité organisationnelle (département, direction générale ou secteur d'activité)
- Groupe d'organisation (un groupe d'individus ou une équipe de travail)
- Membre de l'organisation (un individu)

¹ <https://www.bimframework.info/2013/12/organizational-hierarchy.html>

Figure 1 : Hierarchie Organisationnelle (adapté de Succar, 2009)



5 modèles macro de déploiement du BIM

Afin de mettre en relation ces différentes échelles et d'expliquer les différentes dynamiques en jeu dans le déploiement du BIM, le Dr Bilal Succar a développé cinq modèles. Ces modèles sont destinés à soutenir l'élaboration de stratégies et/ou de politiques pour guider le déploiement et la diffusion du BIM à une échelle nationale. Il est important de souligner que lorsque ces cinq modèles sont utilisés de manière combinée, ils permettent d'établir une vision suffisamment globale du déploiement du BIM à grande échelle. Ces cinq modèles sont sommairement présentés et expliqués dans la prochaine section.

1. Les domaines de diffusion :

Il s'agit des différents domaines de diffusion BIM développés selon les champs BIM (Technologie, Processus, Politiques) et les phases BIM (modélisation, collaboration, intégration). C'est la juxtaposition de ces champs et de ces phases qui permet de cibler des zones ou des domaines de diffusion qui sont considérés comme étant clés dans le déploiement du BIM, par exemple les technologies de modélisation, de collaboration ou l'intégration des sources de données. La progression et les synergies entre ces différents champs sont pour leur part démontrées par l'interconnexion entre ces domaines.

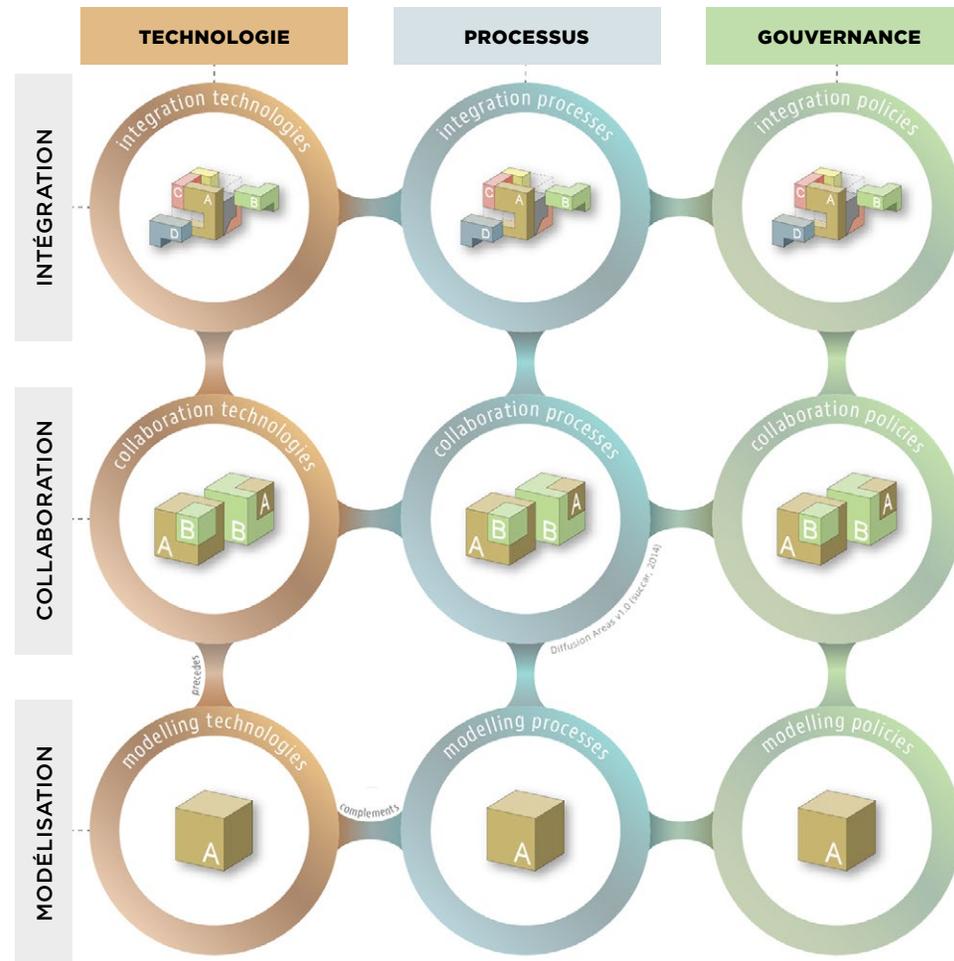


Figure 2 : Domaines de diffusion (Succar, 2014)

2. Composantes de maturité :

Selon ce modèle, il existe huit composantes complémentaires pour mesurer et établir la maturité BIM relative et absolue à l'échelle macro (marché, marché défini et sous-marché). Ces huit composantes sont :

- Objectifs, étapes et jalons, soit la présence d'objectifs de déploiement du BIM clairs et la présence d'étapes ou de jalons de déploiement.
- Moteurs et champions, soit la présence d'individus ou de groupes qui font la promotion et qui développent des outils et approches pour soutenir le déploiement du BIM.
- Cadre réglementaire, soit la définition de l'environnement contractuel, de la gestion de la propriété intellectuelle et autres politiques qui encadrent le déploiement du BIM.
- Publications pertinentes, soit la présence de guides, standards et autres publications qui soutiennent le déploiement du BIM.
- Apprentissage et éducation, soit l'offre en éducation et en formation BIM.
- Évaluation et étalonnage, soit la présence d'indicateurs de performance et de possibilités d'étalonnage.
- Normes et livrables, soit l'offre en matière de bibliothèques d'objets et de normes pour encadrer l'utilisation du BIM.
- Infrastructure technologique, soit l'accès à des infrastructures technologiques adéquates pour le BIM.

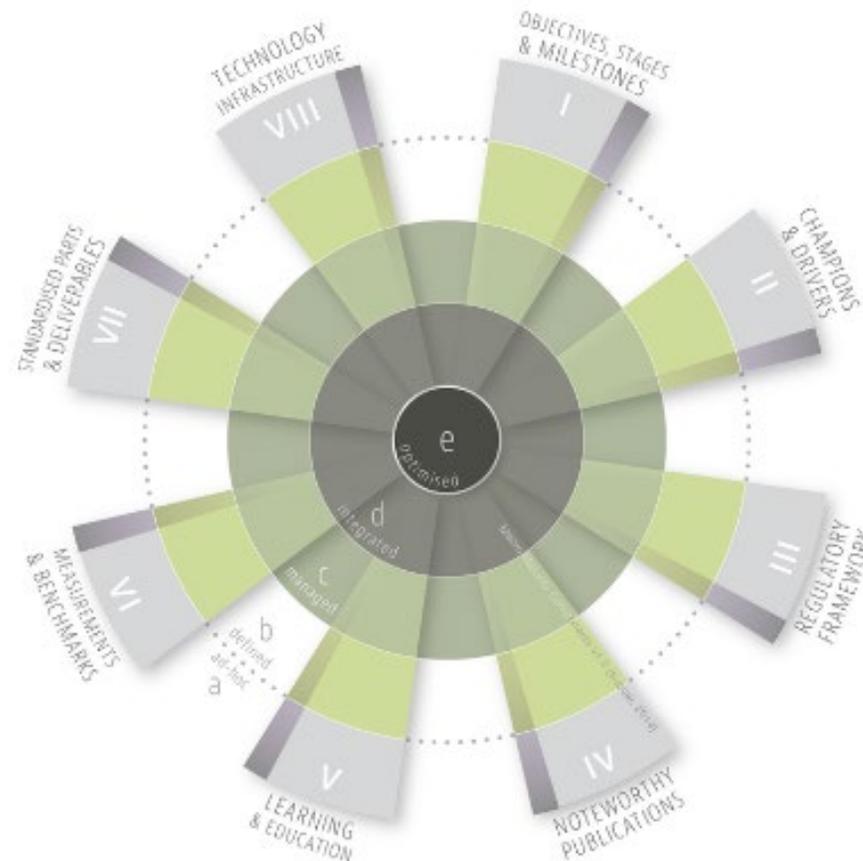


Figure 3 : Composantes de maturité (Succar, 2014)

3. **Dynamiques de diffusion :**

Ce modèle explique les pressions directionnelles et les mécanismes affectant le déroulement de la diffusion du BIM à différentes échelles. Le modèle identifie trois principales dynamiques de diffusion : (1) de haut vers le bas (top-down), (2) de bas vers le haut (bottom-up), et (3) depuis le milieu (middle-out). Chacune de ces trois approches explique de quels acteurs impliqués dans le déploiement du BIM provient la pression. L'approche top-down fait état qu'il y a une pression qui vient des autorités au sein d'un marché ou de la haute direction au sein d'une entreprise. L'approche bottom-up signale qu'une pression provient soit de la part de petites et moyennes entreprises au sein d'un marché ou soit des employés dans une organisation. L'approche middle-out illustre que la pression provient de la part de grosses entreprises ou de groupes tels que les

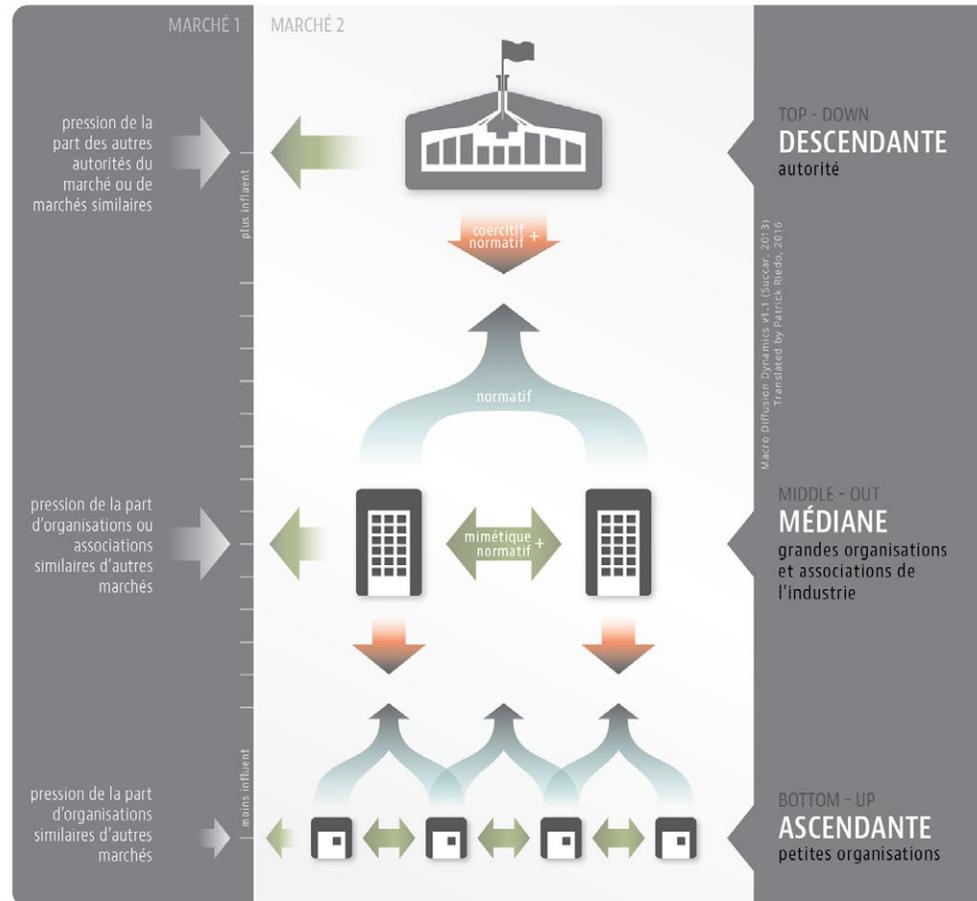


Figure 4 : Dynamiques de diffusion (Succar, 2014)

4. **Actions politiques :**

Le modèle met en relation trois activités d'implantation (communication, engagement et suivi) avec trois types d'approches d'implantation (passif, actif et assuré) pour identifier neuf actions politiques. Ces trois types d'approches sont résumés dans le tableau 1. Le modèle met en lumière les différentes approches et actions que les différents acteurs politiques peuvent adopter pendant le déploiement du BIM.

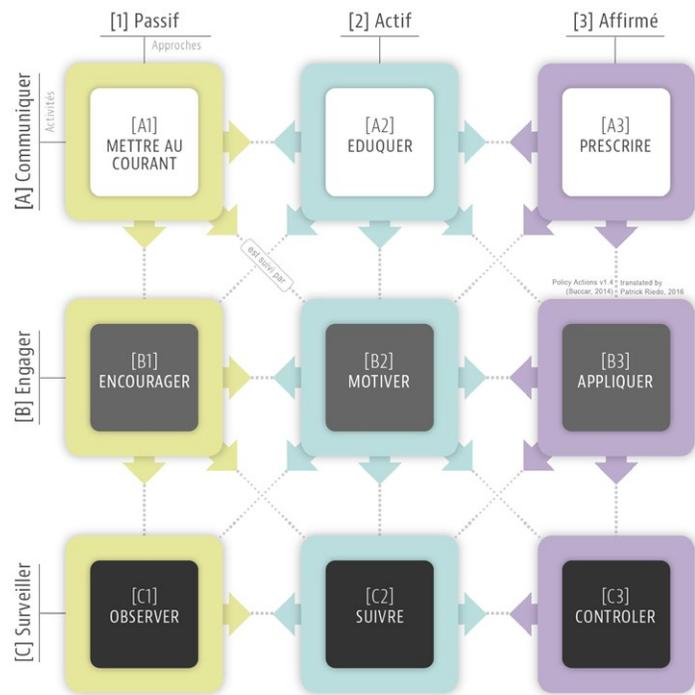


Figure 5 : Action politiques (Adapté de Succar, 2014)

TABLEAU 1
MATRICE DES ACTIONS POLITIQUES (ADAPTÉ DE SUCCAR, 2014)

	PASSIF [1]	ACTIF [2]	AFFIRMÉ [3]
[A] COMMUNIQUER	Sensibiliser : l'acteur politique informe les parties prenantes de l'importance des avantages et des défis d'un système/processus par le biais de communications formelles et informelles	Éduquer : l'acteur politique génère des guides informatifs pour éduquer les parties prenantes au sujet des livrables, des exigences et des flux de travail spécifiques du système/processus	Prescrire : l'acteur politique détaille le système/processus exact à adopter par les parties prenantes
[B] ENGAGER	Encourager : les acteurs politiques organisent des ateliers et des événements de réseautage pour encourager les parties prenantes à adopter le système/processus	Motiver : l'acteur politique fournit des récompenses, des incitations financières et un traitement préférentiel aux parties prenantes qui adoptent le système/processus	Appliquer : l'acteur politique inclut (favorise) ou exclut (pénalise) les parties prenantes en fonction de leur adoption respective du système/processus
[C] SURVEILLER	Observer : l'acteur politique observe si les parties prenantes ont adopté le système/processus	Suivre : l'acteur politique enquête, suit et examine comment et/ou si le système/processus est adopté par les parties prenantes	Controler : le responsable politique établit les déclencheurs financiers, les barrières de conformité et les normes obligatoires pour le système/processus prescrit

5. **Responsabilités de diffusion :**

Ce modèle permet d'évaluer et de comparer les rôles joués par différents groupes de parties prenantes (ou acteurs BIM) dans la facilitation de la diffusion sur les marchés. Neuf groupes d'acteurs ont été identifiés et ils appartiennent à l'un des trois champs BIM mentionnés précédemment (technologie, processus, politique).

Les différents modèles de déploiement du BIM présentés ci-haut, lorsque combinés au travail fait en parallèle par d'autres chercheurs, font comprendre que le déploiement du BIM se fait à plusieurs échelles et selon plusieurs principes. Dans cette optique, chaque portion du système doit être pris en compte et a un rôle à jouer dans le déploiement du BIM. Il s'agit de voir comment ces dynamiques et ces pressions influencent le déploiement du BIM à l'échelle de l'organisation et comment il est possible de se servir de celles-ci pour créer un effet de levier pour faciliter la diffusion du BIM dans l'industrie québécoise de la construction. En fait, il doit y avoir une structure cohérente en place pour accompagner l'industrie afin d'éviter les dérives et les prises de position qui causeraient un préjudice aux objectifs globaux du déploiement du BIM à grande échelle. À noter que ces objectifs globaux sont relatifs à l'amélioration de la performance, de la productivité, etc.

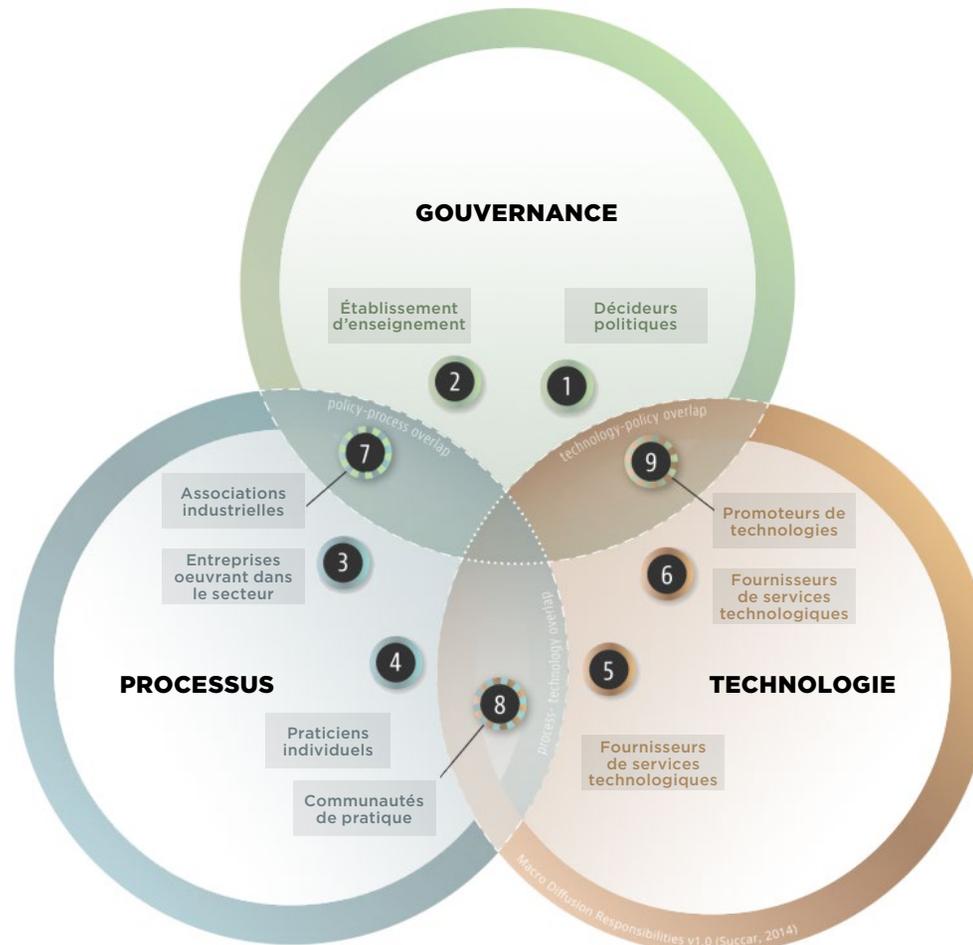


Figure 6 : Responsabilités de diffusion (Adapté de Succar, 2014)



LES PÉRIODES, PHASES ET ÉTAPES DU DÉPLOIEMENT DU BIM

LES PÉRIODES, PHASES ET ÉTAPES DU DÉPLOIEMENT DU BIM

Le déploiement (ou implantation) du BIM se décline en trois périodes :

1. la préparation au BIM;
2. le développement de la capacité BIM (les phases);
3. la prise de maturité BIM (les étapes).

La figure 7 présente le point d'adoption (**Point of Adoption** – PoA), soit un point dans le temps qui « marque un « saut de capacité » initial de l'état de préparation BIM ou de l'état antérieur au statut BIM à la capacité BIM minimale (phase 1 du BIM). Les PoAs secondaires sont également identifiables au début des deux autres phases du BIM » (*BIM dictionary*, 2018). En fait, il s'agit du moment où une entreprise pose un geste concret pour engager le processus de déploiement du BIM, soit par exemple en se dotant d'outils BIM ou en allant chercher de la formation BIM.

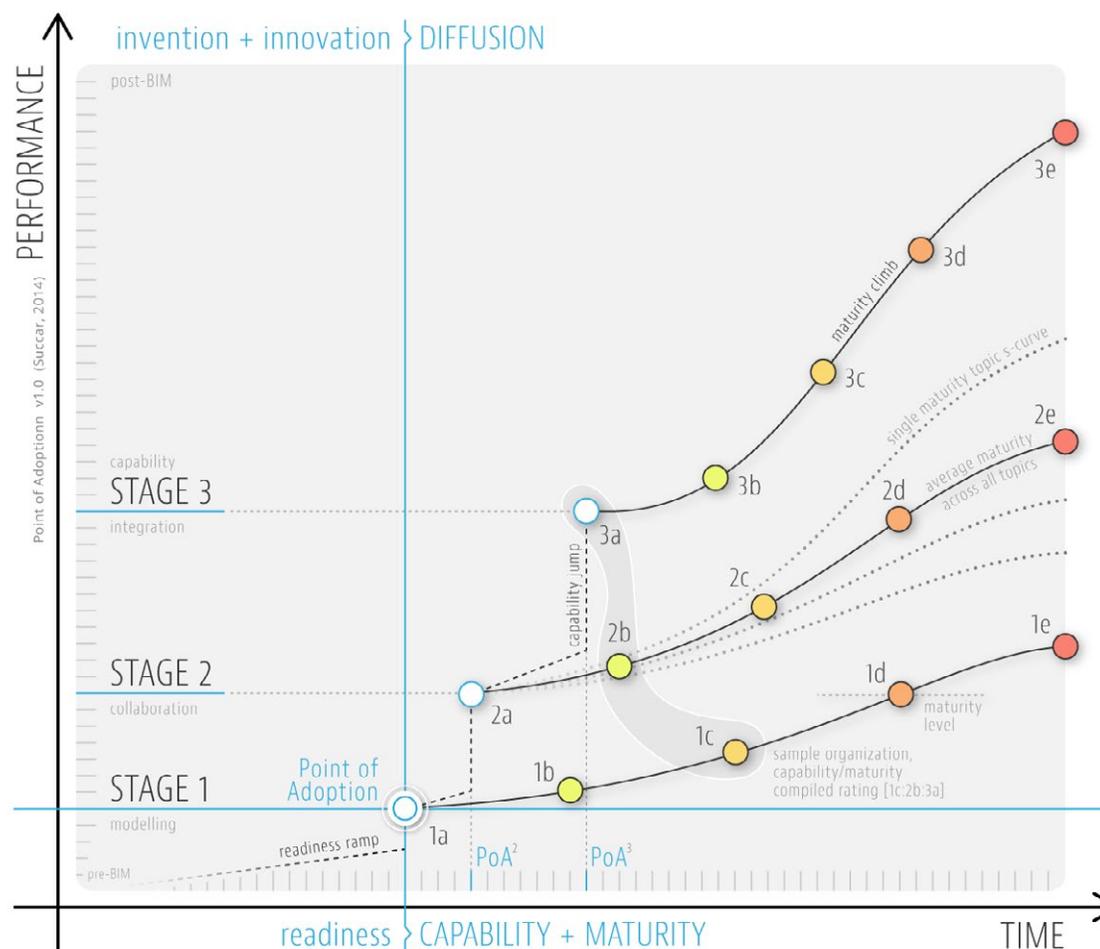


Figure 7 : Point d'adoption (Succar, 2014)

La période de **préparation BIM** (ou *BIM readiness*) est la première période de l'implantation du BIM. La préparation BIM représente l'état de préparation d'une organisation ou d'une unité organisationnelle vers l'adoption de logiciels, flux de travail et protocoles BIM. Au cours de cette période, une entreprise cherche à se sensibiliser au BIM, comprend le potentiel mais ne pose pas de geste pour en entamer l'implantation.

La seconde période du déploiement du BIM est celle qui suit le point d'adoption. Cette période est liée au développement de capacité BIM qui « représente les capacités minimales d'une organisation ou d'une équipe pour fournir des résultats mesurables. La capacité BIM est atteinte/mesurée grâce à une phase BIM « révolutionnaire » bien définie, séparée par de nombreuses étapes BIM évolutives ». La troisième période correspond à la prise de maturité par étapes au sein de chacune des phases BIM.

Ces phases BIM constituent un « ensemble d'étapes bien définies qui clarifient et divisent le processus global d'implantation BIM, soit le passage du Pré-BIM vers la Conception, Construction et Opération Intégrée Virtuellement ». Pour sa part, le Dr Bilal Succar identifie trois Phases BIM tel qu'illustré dans la figure 8 : la phase 1 – Modélisation basée-objet BIM, la phase 2 – Collaboration basée-Modèle BIM et la phase 3 – Intégration BIM basée-réseau. Les phases BIM sont détaillées ci-dessous.

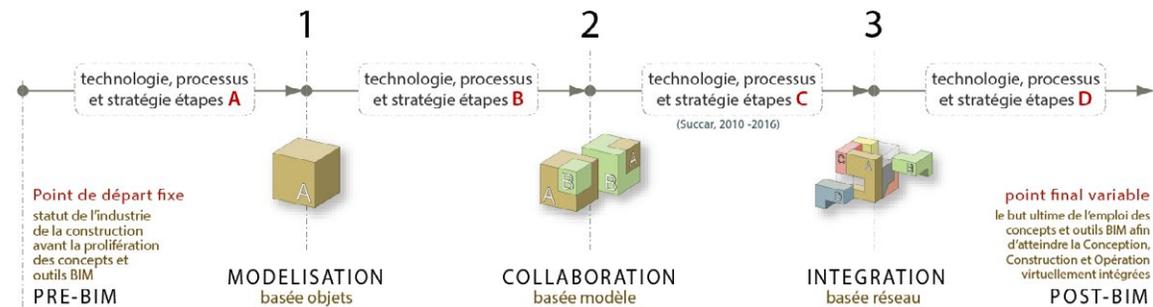


Figure 8 : Phases BIM (Adapté de Succar, 2009)

Phase BIM 1

La Phase BIM 1 est initiée lorsqu'un Logiciel BIM est déployé dans une organisation. Dans ce contexte, les utilisateurs génèrent des Modèles mono-disciplinaires durant l'une des trois Phases du cycle de vie du projet. Ainsi ces modèles mono-disciplinaires sont générés soit durant la Phase de conception [D], soit la Phase de construction [C] ou soit la Phase d'opération [O]. Les Livrables BIM incluent les modèles de conception qui sont utilisés principalement pour automatiser la production et la coordination de la documentation 2D, la visualisation 3D, les exportations élémentaires de données (par exemple nomenclatures de portes, volumes de béton, coûts, ...) ou des modèles 3D légers (par exemple DWF 3D, PDF 3D, NWD, etc.) qui ne contiennent pas d'attribut paramétrique modifiable. Il est important de noter que les pratiques durant la Phase BIM 1 sont similaires au statut Pré-BIM et il n'y a pas d'Échange entre les différentes disciplines. De là, les échanges de données entre les différents intervenants du projet sont unidirectionnels et les communications continuent à être asynchrones et disjointes.

Phase BIM 2

Dans cette seconde phase de l'Implantation BIM les Participants au projet collaborent activement en utilisant des Modèles multidisciplinaires. La collaboration peut prendre différentes formes techniques selon le choix de chaque organisation en termes de Logiciels BIM. La collaboration basée-modèle inclut l'Échange de Modèles BIM ou de parties de modèles via des formats propriétaires ou non et peut se produire lors d'une ou plusieurs Phases du cycle de vie du projet. Des exemples d'échanges en Phase BIM 2 incluent : l'Échange de modèles architecturaux et structurels (durant la Phase de conception ou l'échange de modèles structurels et de fabrication (entre la Phase de conception et la Phase de construction). Durant la Phase BIM 2, l'échange de modèles est bidirectionnel (il n'y a pas de Modèle intégré central pour tous les utilisateurs) et quelques Participants au projet peuvent encore utiliser des outils et flux de travail Pré-BIM.

Phase BIM 3

Dans cette troisième Phase de l'Implémentation BIM, Les Modèles Intégrés ou les Modèles Fédérés riches en données sont créés, partagés et maintenus de manière collaborative durant les trois phases du cycle de vie du projet. L'intégration qui a lieu lors de cette phase est typiquement atteinte via des technologies de Modèle Serveur qui sont capables de combiner des Modèles BIM provenant de différents Logiciels BIM. Durant la Phase BIM 3, les données (mais pas les formats de fichiers) deviennent centrales au processus de collaboration et les Échanges basés-modèle passent d'un scénario « un à un » vers un scénario « plusieurs à plusieurs ». La collaboration n'est donc plus uniquement limitée aux consultants principaux mais inclut la majeure partie de l'Équipe de projet durant toutes les phases du cycle de vie du Projet. Le Modèle Intégré central est ainsi lié à des référentiels de données externes comme par exemple Modèles de produits, Base de données SIG, etc.

Les étapes du déploiement du BIM

Le saut d'une phase à une autre se fait par étapes et permet d'acquérir ou d'améliorer la capacité BIM, tel qu'illustré dans la figure 9.

Les Étapes BIM sont de trois types :

1. les étapes technologiques;
2. les étapes procédurales;
3. les étapes de gouvernance.

Ces étapes BIM sont rattachées au concept de maturité BIM qui « fait référence à l'amélioration progressive et continue de la qualité, de la répétabilité et de la prévisibilité de la Capacité BIM disponible ». Pour sa part, la maturité BIM s'exprime en niveaux ou étapes d'amélioration des performances. Il existe cinq niveaux de maturité BIM tel qu'illustré dans la figure 9 : (a) niveau de maturité BIM a (Initial/faible/Ad-hoc), (b) niveau de maturité BIM b (défini/semi-faible), (c) niveau de maturité BIM c (géré/moyen), (d) niveau de maturité BIM d (intégré/semi-élevé), et (e) niveau de maturité BIM e (optimisé/élevé). Notons que le concept de maturité est expliqué de manière plus détaillée dans le rapport sur l'évaluation du déploiement du BIM.

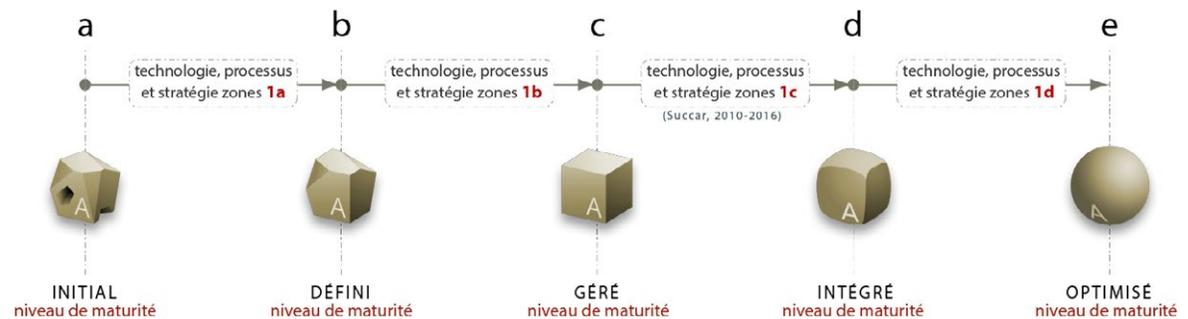


Figure 9 : Étapes de maturité BIM (Adapté de Succar, 2009)

En résumé, le déploiement du BIM au sein d'une organisation est un processus qui se fait par phases et par étapes. Le passage d'un état « pré-BIM » à un état de BIM avec une capacité de base, soit BIM phase 1, passe par le point d'adoption BIM qui est un point dans le temps qui se caractérise par une décision d'affaire d'entreprendre le déploiement du BIM; s'en suit le développement de capacité BIM par phases, passant des capacités de modélisation à des capacités de collaboration puis ensuite à des capacités d'intégration. Chaque phase est caractérisée par une évolution au niveau de la maturité de l'entreprise à opérer et à livrer des

projets selon la phase de capacité dans laquelle elle se situe. La cible de capacité et de maturité variera quant à elle en fonction des objectifs de l'entreprise ou de l'organisation, des outils mis à sa disposition et du contexte général de diffusion BIM (cela étant en lien avec les modèles de diffusion BIM macro dont il a été question précédemment). De là, l'interdépendance de chacune de ces phases et étapes, démontre l'importance de la cohérence d'une approche globale pour le déploiement du BIM. Cette volonté de cohérence d'une approche globale est soutenue dans le cadre de l'IQC4.0.



LE PROCESSUS DE DÉPLOIEMENT DU BIM

LE PROCESSUS DE DÉPLOIEMENT DU BIM

Maintenant que les différentes phases et étapes du déploiement du BIM ont été présentées, il convient de s'attarder au processus qui se trouve derrière ce déploiement. Comme mentionné, l'objectif global du déploiement du BIM est en théorie de faire évoluer des individus, une organisation ou une industrie entière vers des pratiques BIM optimisées qui sont qualifiées ici par l'intégration des sources d'informations et des *workflows* qui les sous-tendent. Autrement dit, cet objectif global du déploiement du BIM vise le BIM phase 3 ou niveau 3 à un niveau de maturité soutenant l'optimisation de ces dites pratiques. Ceci étant dit, le processus de déploiement du BIM est complexe puisqu'il intervient dans plusieurs sphères d'une organisation de manière simultanée (réf. champs BIM : Technologie, Processus et Politiques/Gouvernance). Il est important de souligner ici que selon la recherche dans ce domaine, la transition vers des pratiques d'affaires BIM exige une reconfiguration complète des manières dont l'information est générée, échangée, gérée et consommée, cela en entreprise et dans le cadre de projets. Bien entendu, cette reconfiguration ou transformation se fait de manière continue puisque le domaine du BIM est en flux constant. Dans ce contexte, et tel qu'il a été discuté dans la section précédente, il est possible de se baser sur des fondements suffisamment solides pour entamer et guider le processus de déploiement du BIM.

Le déploiement du BIM impose un changement organisationnel. Souvent, ce changement organisationnel est vu comme étant cyclique, cela pour permettre de structurer et bénéficier des leçons apprises dans l'optique de développer les capacités BIM d'une organisation et de la faire croître en maturité; cela correspond au passage d'une phase BIM à une autre ou autrement dit à l'évolution de la maturité au sein d'une phase BIM. D'ailleurs, cet aspect cyclique de la transformation organisationnelle est reconnu à travers les différents secteurs économiques. Par exemple, le célèbre cycle

Plan-Do-Check-Act (Planifier-Executer-Vérifier-Agir), adapté par le professeur William Edwards Deming dans les années 1950, vise le contrôle et l'implantation de pratiques d'amélioration continue au sein d'une entreprise, spécifiquement dans le contexte de changement organisationnel et de contrôle qualité. La Figure 10 illustre le cycle PDCA de Deming avec une consolidation des acquis du savoir via la standardisation des processus et des pratiques, chose qui est essentielle dans le déploiement du BIM.

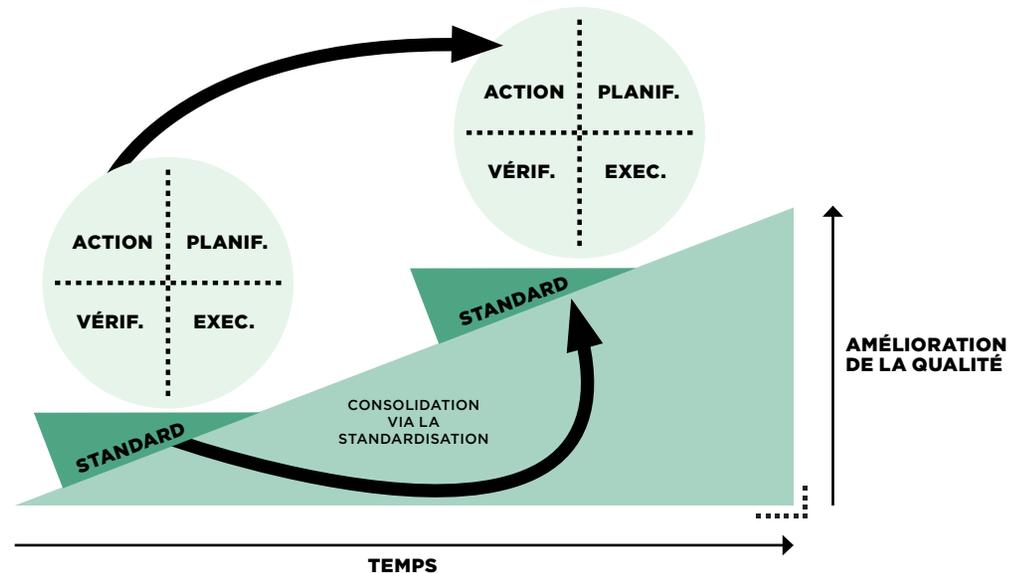


Figure 10 : Cycles PEVA (Planifier-Exécuter-Vérifier-Agir) de Deming (1959) soutenues par le développement de standards (adapté de <https://en.wikipedia.org/wiki/PDCA>)

Ce principe de planification et de vérification cyclique est très reconnu, au point même que certains auteurs ont développé des approches spécifiques au déploiement du BIM en se fondant sur ce principe. Par exemple, Arayici et al. (2011), dans le contexte du déploiement du BIM dans une PME œuvrant dans le domaine de l'architecture, ont adopté une approche cyclique basée sur une recherche-action qui est très similaire au cycle de PDCA mentionné ci-dessus. Par contre, il introduit la notion de diagnostic avant l'étape de planification. Cette démarche d'Arayici et al. (2011) est illustré dans la figure 11. Dans ce cas précis, le cycle 1 était axé sur la technologie tandis que le cycle 2 et le cycle 3 étaient axés respectivement sur le processus et les facteurs humains. Ces cycles sont décrits dans le tableau 2.

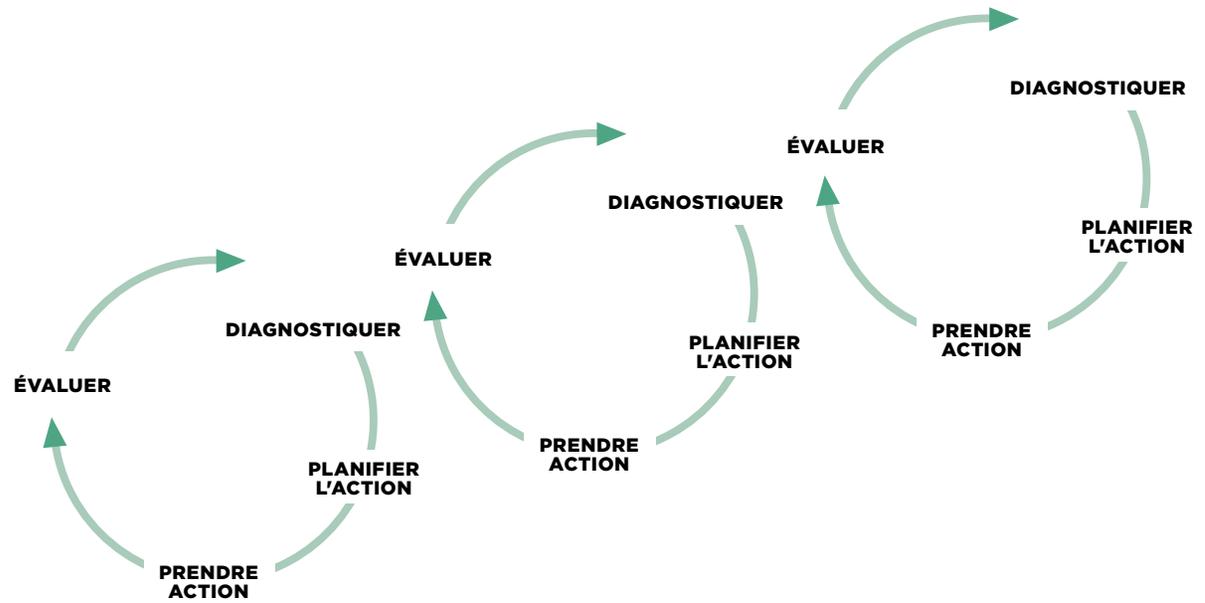


Figure 11 : Cycles de recherche-action spécifiques à l'adoption de la technologie dans le projet de mise en œuvre du BIM

Source : Adapté de (Arayici et al., 2011)

TABLEAU 2

EXEMPLE DE RÉTROACTION DES CYCLES DE RECHERCHE-ACTION DANS LE CADRE DU DÉPLOIEMENT BIM AU SEIN D'UNE PME (SOURCE: ARAYICI ET AL., 2011)

CYCLE 1	
Diagnostiquer	Exploration des outils BIM (présentations, démonstrations, entretiens) et identifiez les gains d'efficacité
Planifier l'action	Développement de cas de test et de plans de test pour chaque outil BIM de projets antérieurs de JMA
Prendre action	Pilotage des outils sur des études de cas par les représentants des fournisseurs et le personnel de JMA
Évaluer	Analyse comparative des outils BIM de manière quantitative et qualitative
CYCLE 2	
Diagnostiquer	Décision sur ArchiCAD en tant qu'outil BIM et nécessité d'une base de données d'informations de soutien au projet
Planifier l'action	Identification de trois projets de conception actuels de JMA pour le projet pilote ArchiCAD et la conception système de la base de données PSI (Project Support Information)
Prendre action	Piloter l'outil ArchiCAD sur les projets de conception en cours qui ont été identifiés et le développement de la base de données d'informations de support de projet
Évaluer	Évaluer la performance par rapport aux gains d'efficacité (gains d'efficacité maigres réalisés à ce jour)
CYCLE 3	
Diagnostiquer	Identification des besoins d'amélioration
Planifier l'action	Conception et développement de la structure de la bibliothèque d'objets de même que la conception et le développement des procédures de documentation de l'outil BIM utilisés conjointement avec la base de données d'informations de support du projet
Prendre action	Mise en œuvre de la bibliothèque d'objets et des catalogues spécifiques au logement social, documentation et mise à l'essai du nouveau processus et des nouvelles procédures pour les projets de conception de logements en cours de JMA
Évaluer	Mesurer et évaluer l'amélioration des performances et les impacts sur les performances globales de l'entreprise et diffuser à l'interne et à l'externe les résultats obtenus

Les auteurs d'une autre étude, Arayici et Coates (2013), ont renchéri en formalisant le cycle de déploiement du BIM en quatre étapes, soit:

- Examiner revoir et analyser les pratiques actuelles et déterminer les gains souhaités.
- Planifier concevoir les nouveaux processus d'entreprise et la voie menant à l'adoption de la technologie.
- Intégrer mettre en oeuvre l'adoption de la mdb.
- Évaluer examiner les résultats et diffuser l'information dans l'organisation.

Toujours dans l'esprit de mieux documenter le BIM, le Groupe de Recherche en Intégration et Développement Durable en Environnement bâti (GRIDD), avec la participation du Conseil national de recherches du Canada (PARI-CNRC), de l'Université de la Colombie-Britannique et du CEFRIO, ont réalisé en 2014 l'étude intitulée « [L'inévitable passage au BIM dans l'industrie de la construction au Canada](#) ». Cette étude présente « les conclusions de la quatrième et dernière phase du projet qui visait l'opérationnalisation de trois projets pilotes (deux au Québec et un en Colombie-Britannique) dans le cadre desquels a été expérimentée l'intégration du BIM, en mettant l'accent sur l'amélioration de la productivité des petites et moyennes entreprises (PME) de l'industrie Canadienne de la construction »

Cette étude met de l'avant huit étapes essentielles au processus d'appropriation et de mise en œuvre du BIM, et ce tant du point de vue de l'organisation que du projet. Ces étapes sont:

1. Planifier la stratégie
2. Engager les bonnes personnes
3. Investir dans l'effort
4. Déterminer l'étendue de la mise en œuvre du BIM
5. Réaliser le processus
6. Mesurer l'évolution
7. Communiquer l'évolution
8. Apprendre des expériences antérieures

Dans le cadre de l'IQC4.0, une approche d'intervention cyclique est préconisée. Bien que les mesures de diagnostic et de planification sont contenues dans un cycle d'amélioration, ce cycle peut arriver à différentes étapes dans le cycle de vie du processus de déploiement du BIM au sein d'une entreprise. En effet, pour certains, le processus de diagnostic correspond au cycle initial de déploiement, tandis que pour d'autres, ils en sont à un 2e, 3e cycle ou plus.

Le cycle d'intervention développé dans le cadre de l'IQC4.0 est une adaptation des modèles discutés auparavant et d'une approche développée dans le cadre de l'initiative BIMexcellence. Le cycle comporte 6 étapes dites d'amélioration de la performance (figure 12).

Dans le cadre de l'IQC4.0, l'intervention se limite aux 4 premières étapes d'un cycle. L'intention est d'outiller les organisations afin de développer et exécuter plusieurs cycles suite au plan d'amélioration via le déploiement du BIM développé dans le cadre de la mesure 01 de l'IQC4.0.

Ce qui ressort des études et guides portant sur le déploiement du BIM est la nature itérative et cyclique de ce processus. En effet, un consensus se dégage relativement au fait que le déploiement du BIM n'est pas un processus linéaire. En fait, ce déploiement est dépendant de plusieurs aspects, dont le contexte du déploiement, qui influenceront la rapidité, l'efficacité et l'étendue du processus.

1. **Circonscrire:**
Déterminer la portée de l'intervention et du diagnostic (une organisation, une unité organisationnelle, un équipe de projet, etc.)
2. **Évaluer:**
Effectuer le diagnostic en entreprise ou de l'équipe de projet avec les outils d'évaluation appropriés (hyperlien vers le rapport sur les outils)
3. **Analyser:**
Analyser les résultats et tirer les conclusions qui guideront l'implantation
4. **Planifier:**
Dresser un plan d'action avec des activités, des tâches, des budgets et des échéanciers afin d'améliorer la performance de l'unité au sein duquel il a été convenu d'intervenir
5. **Exécuter:**
Exécuter le plan et assurer le suivi
6. **Mesurer:**
Mesurer les résultats et comparer ceux-ci aux cibles établis lors de la phase de détermination de l'étendu. Sert à déterminer les orientations du prochain cycle d'intervention.

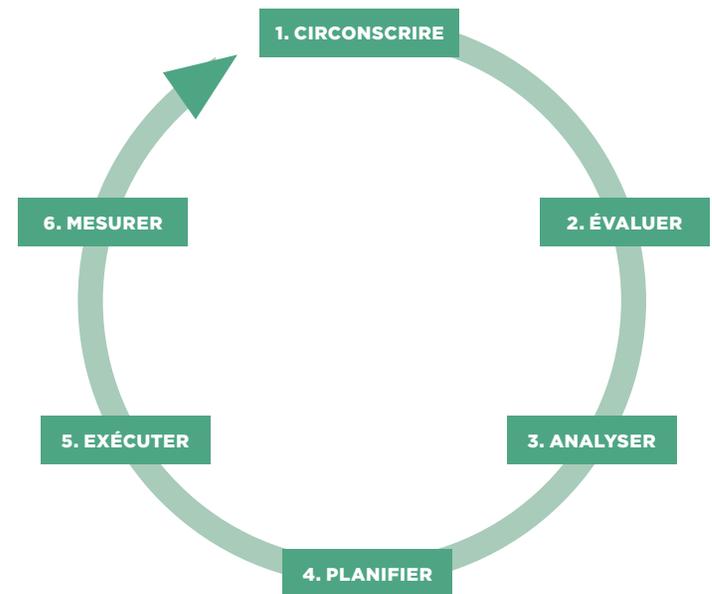


Figure 12 : Étapes du processus d'implantation BIM de l'IQC4.0

L'importance du contexte dans le déploiement du BIM

Comme mentionné précédemment, le contexte de déploiement joue un rôle clé dans le processus de déploiement du BIM. À cet effet, Poirier et al. (2014) ont éclairci les dynamiques en jeu entre les différents contextes dans lesquels évoluent les entreprises du domaine de la construction et de leur influence sur le déploiement du BIM à l'échelle organisationnelle. La figure 13 illustre les interactions entre les différents contextes dans lesquels évoluent les entreprises oeuvrant dans le domaine de la construction.

De plus, la synergie qui existe entre le contexte organisationnel et le contexte de projet est indéniable et a une influence sur le processus global de déploiement du BIM. À cet effet, un nombre important de guides font le parallèle entre le déploiement du BIM en organisation et celui en projet (voir encadré et prochaine section pour plus de détails). Un point important à relever est le fait que le processus de déploiement du BIM est relativement cohérent entre les différents guides. Cette dernière remarque s'explique notamment par le fait que ces différents guides se basent tous sur le guide de référence de l'Université Penn State qui porte sur la planification de l'exécution BIM (*BIM Project Execution Planning – BIM PxP*).

Contexte Industriel

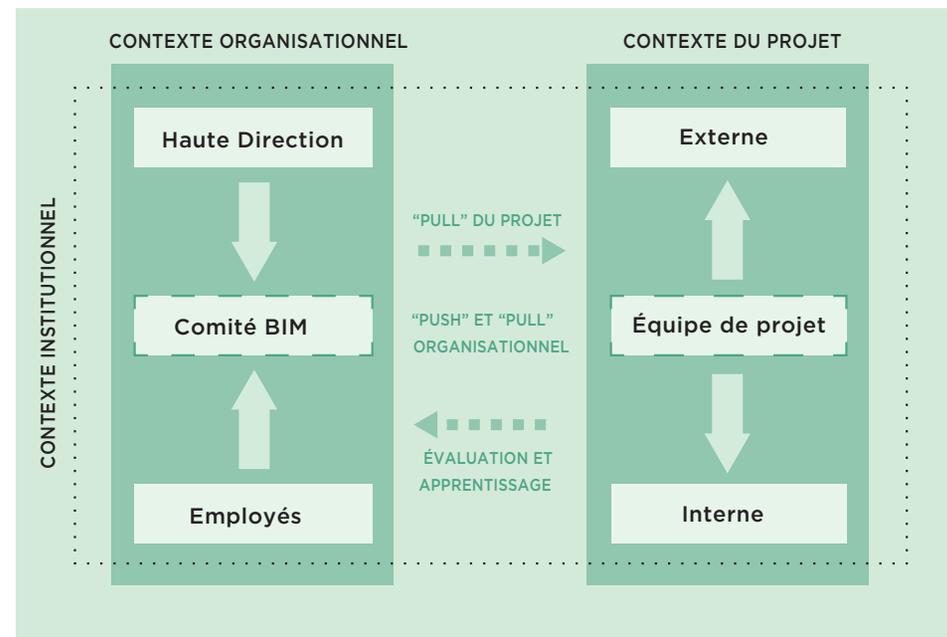


Figure 13 : Contextes intégrés de l'adoption et de l'implantation du BIM
(Adapté de Poirier et al. 2014)

C'est d'ailleurs le cas du guide de déploiement du BIM Malaisien, développé par le **Construction Industry Development Board** (CIDB) en collaboration avec le centre myBIM, qui résume les premières étapes pour initier l'adoption du BIM dans une organisation et/ou dans un projet :

1. Définition des exigences de projet BIM

- Il s'agit du premier pas exigé dans ce guide. En ce sens, il est impératif de déterminer les besoins du projet en fonction des objectifs du BIM. L'établissement des objectifs BIM déterminera les utilisations du BIM et le niveau de détail (Lod) qui seront requis pour le projet.

2. Développer les rôles et les responsabilités du BIM

- L'intention de développer les rôles et les responsabilités du BIM n'est pas de créer de nouvelles disciplines/rôles, mais d'améliorer les compétences des disciplines de manière intégrée. Par exemple, un gestionnaire BIM requiert un architecte ou un ingénieur possédant une vaste expérience et des connaissances approfondies en conception et construction tout en ayant des connaissances et des compétences du BIM. Notons que les rôles et les responsabilités peuvent différer selon les exigences spécifiques du projet ou de l'organisation BIM.

3. Déterminer les besoins en infrastructure

- Pour adopter le BIM, l'entreprise doit investir pour l'achat des outils, du matériel et des serveurs BIM. La valeur de l'investissement dépendra de la maturité et du niveau du processus BIM adopté. Dans ce cas, les facteurs à prendre en compte avant tout investissement dans les processus BIM sont les suivants : acquérir les outils BIM, acquérir du matériel et acquérir l'environnement réseau.

4. Identifier les livrables BIM

- Le déploiement du BIM doit s'aligner au livrable attendu du projet. L'organisation choisie et les étapes à suivre doivent s'approprié aux livrables conformément aux exigences du projet. Par exemple si le but du BIM est de fournir des exercices de coût tout au long du cycle de vie du projet, son utilité se résume en coûts de gestion et les livrables attendus sont l'estimation, la planification, etc.

5. Conception du processus de mise en œuvre BIM

- Chaque projet est particulier. Dans cet esprit, chaque équipe de projet doit préparer un plan d'exécution BIM (PEB) dès les premières étapes du projet. Elle doit définir les directives et normes de bonne pratique pour chaque projet. Le PEB est le guide de l'équipe afin qu'elle atteigne sa pleine efficacité BIM tout au long du projet.

Le déploiement du BIM au sein d'une organisation est intimement lié à son exposition à un contexte favorable au déploiement – notamment où il y a une demande pour le BIM – cela en raison du fait que l'industrie de la construction est constituée d'organisations temporaires (équipes de projets) et qu'elle est par nature basée sur le projet. Le contexte industriel et institutionnel est d'ailleurs caractérisé lors de la présentation des cinq modèles de déploiement du BIM macro dont il a été question précédemment. Par exemple, en se fiant au 2e modèle, soit les huit composantes de maturité, une organisation qui évolue dans un marché avec une maturité élevée devrait techniquement avoir plus de facilité à amorcer et soutenir la transition vers le BIM puisqu'elle aura accès à des outils, des services et des ressources pouvant l'aider. Ceci reflète donc le lien étroit qui relie les différentes échelles de déploiement du BIM de même que leur influence sur le processus global de déploiement du BIM.



LES DOMAINES D'INTERVENTION POUR LE DÉPLOIEMENT DU BIM

LES DOMAINES D'INTERVENTION POUR LE DÉPLOIEMENT DU BIM

Le découpage des domaines d'intervention dans le cadre du déploiement du BIM touche l'ensemble des aspects du fonctionnement d'une organisation ou d'un projet – il est d'ailleurs bien connu que le BIM touche plus que les aspects technologiques d'une organisation ou d'un projet (Won, Lee, Dossick, et Messner, 2013). En effet, la définition même du BIM développée par plusieurs sous-entend les aspects organisationnels, procéduraux, politiques, etc. (par exemple : Succar, 2009 ; Eastman et al. 2011).

Comme annoncé en préambule, le but du présent rapport n'est pas de répéter ce qui se trouve dans les guides que nous avons mentionnés, mais bien de répertorier les domaines d'intervention qui sont identifiés comme étant prioritaires dans le déploiement du BIM. À cet effet, dans le cadre de l'IQC4.0 il y a de façon évidente un lien direct entre les indicateurs ciblés par l'outil d'évaluation de déploiement du BIM (volet maturité/capacité) et les domaines d'intervention identifiés ci-dessous. À cette occasion, nous expliquerons sommairement ces domaines d'intervention selon les différentes *dimensions* du BIM qui sont des équivalents aux *champs* qui ont été mentionnés précédemment (technologie, processus, gouvernance/politiques). Le tableau suivant offre un sommaire des catégories d'indicateurs de déploiement.

TABLEAU 3
CATÉGORIES D'INDICATEURS DE DÉPLOIEMENT DU BIM



Organisation
Stratégie
Mission de l'entreprise
Objectifs de l'entreprise
Vision BIM
Objectifs BIM
Planification
Investissement
Risque
Mesures de performance
Structure
Structure organisationnelle
Comité de planification BIM
Ressources/personnes
Rôles BIM définis
Responsabilités BIM
Gestionnaire BIM
Formation et Éducation
Culture
Leadership
Support de la haute direction
Adhésion
Innovation



Processus
Collaboration
Aptitude à collaborer
Contrôle de l'information
Gestion de l'information
Échange de l'information
Usages BIM
Usages organisationnels (généraux)
Usages spécifiques au projet
Procédures
Processus organisationnels (généraux)
Processus spécifiques au projet
Règle de modélisation
Planification
Planification de gestion BIM (PGB)



Technologie
Infrastructure physique
Équipements technologiques (hardware)
Environnement de travail
Infrastructure numérique
Logiciel (software)
Synchronisation des bases de données
Déploiement de l'infrastructure
Équipements technologiques sur le chantier



Produit
Contenant
Arborescence des composantes (MEB)
Contenu
Niveau de développement (LOD)
Standardisation des objets
Données des établissements
Nomenclature (BOM)



Contexte
Relations d'affaire
Gestion de l'achat
Relations contractuelles
Contrat BIM

Il est à noter que ces indicateurs ont été compilés à partir de plusieurs sources, dont, le guide de planification BIM pour les propriétaires d'actifs immobiliers de l'Université Penn State. Ce guide développe six éléments de planification BIM (illustrés dans la figure 14); ces six éléments se retrouvent dans le tableau 3.

1. Stratégie
2. Usages BIM
3. Processus
4. Information
5. Infrastructure
6. Ressources

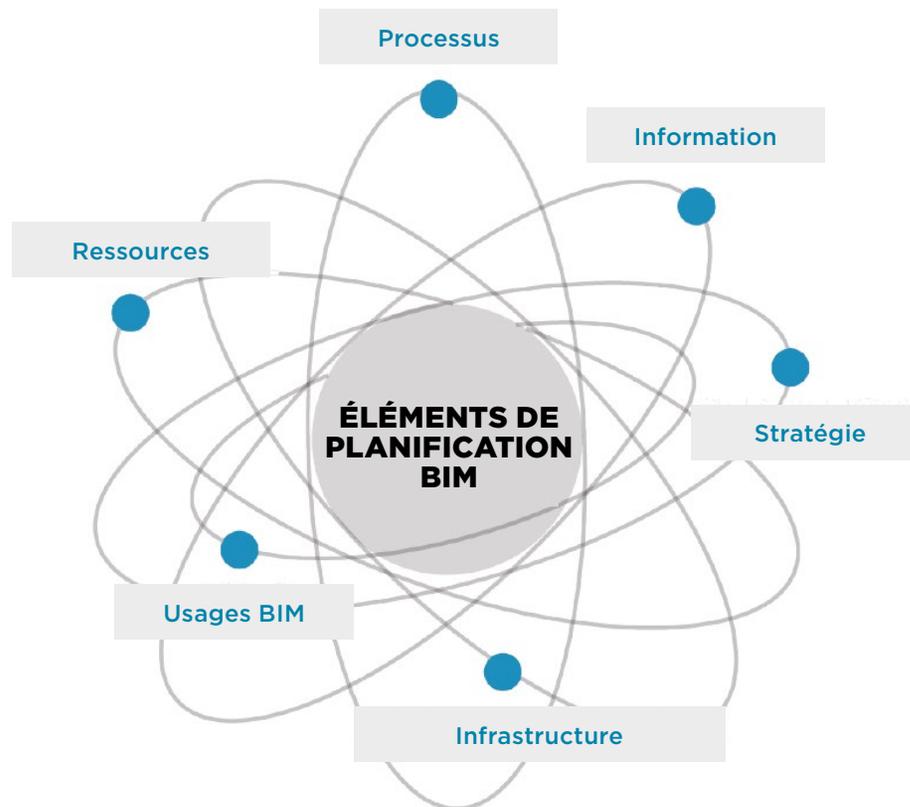


Figure 14 : Les éléments de planification du BIM (CIRC, 2013)

Il existe également de plus en plus d'études sur le sujet du déploiement du BIM, par exemple, Mom, Tsai et Hsieh (2014) qui proposent un modèle d'implantation du BIM tel qu'illustré dans la figure 15. Le modèle est composé de huit critères ou facteurs de performance qui sont répartis en deux sections, soit l'organisation BIM et l'unité BIM, et de deux résultats. Pour sa part, l'organisation BIM représente les facteurs organisationnels et consiste en quatre indicateurs : stratégies organisationnelles, leadership, préparation et capacités et ressources. L'unité BIM représente quant à elle les facteurs du projet et comprend les quatre indicateurs suivants : application BIM, outil BIM, processus BIM et le modèle d'affaire BIM. Dans ce modèle, la valeur BIM représente la chaîne de valeur générée par le déploiement du BIM dans l'organisation. Cette valeur BIM est inclut deux indicateurs : avantage concurrentiel et risques perçus.

Ce qui est intéressant dans ce modèle est la notion de chaîne de valeur et des indicateurs qui le qualifient. Les auteurs mettent l'emphase sur la finalité du déploiement du BIM, celle qui génère la valeur pour l'organisation, dans ce cas-ci en fournissant un avantage compétitif pour l'entreprise et en l'aidant à mitiger ses risques. Cette notion de génération de valeur et la capacité de savoir comment bénéficier de celle-ci sont primordiales dans le déploiement du BIM.

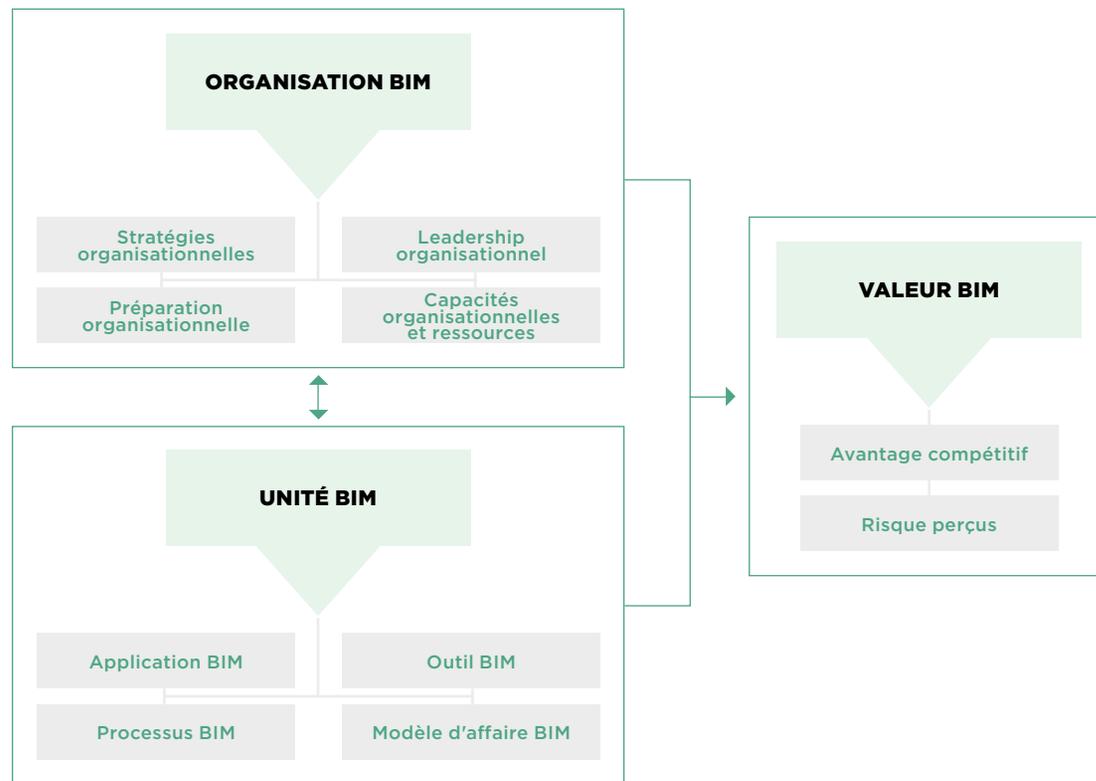


Figure 15 : Modèle d'adoption du BIM proposé par Mom, Tsai et Hsieh, 2014



Organisation

La dimension organisationnelle est constituée des aspects de gouvernance et de ressources des organisations, qu'elles soient permanentes ou temporaires. Ceci inclut les questions de stratégie, de structure, de ressources et de culture organisationnelle.

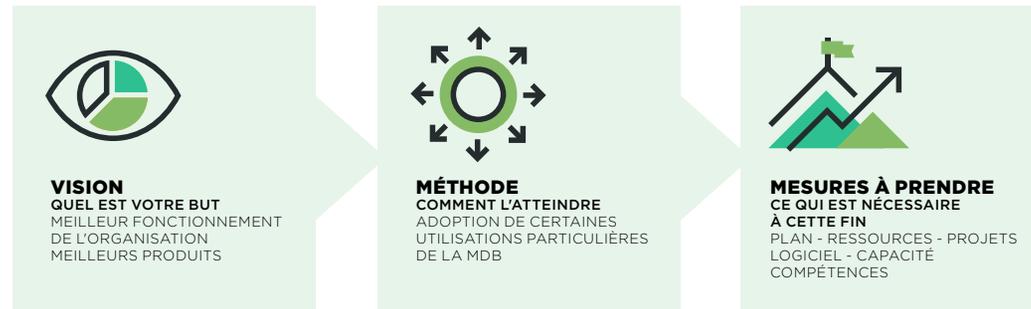


Figure 16 : Étapes de la mise en œuvre des utilisations de la MDB dans une organisation (Adapté du Manuel de pratique canadien pour la MDB, 2017)

Stratégie

Le volet stratégique d'implantation BIM inclut des éléments tels que la concordance entre la vision, la mission et les objectifs de l'entreprise par rapport à la vision et les objectifs BIM. Bien des références identifient comme point de départ la mise en place d'une stratégie d'implantation BIM dans le contexte d'une planification BIM. C'est le cas notamment du *Manuel de pratique Canadien pour le BIM* qui identifie la mise en place d'une vision pour le BIM comme pierre angulaire du déploiement. De là s'en suivra la définition des méthodes pour atteindre ces buts de même que les mesures à prendre. Cette séquence est illustrée dans la figure 16.

Au niveau projet, l'identification d'objectifs BIM et des usages qui en découlent est une des premières étapes dans le processus de planification de la gestion BIM. Le guide de Penn State et d'autres guides, dont le guide en sur l'adoption du BIM, font le parallèle à cet effet entre le déploiement au niveau projet et au niveau organisationnel.

Dans le cadre de notre propos, il est important de noter que la notion de planification stratégique est quelque peu controversée. En effet, le concept de plan stratégique est remis en question et est continuellement adapté aux approches de gestion et de gouvernance d'entreprises (ex. : Mintzberg, 1995). Ceci étant dit, il n'en demeure pas moins qu'il est important d'avoir une idée des objectifs qui doivent être atteints et d'un plan pour les atteindre, d'où la notion de planification stratégique de base

pour le déploiement du BIM. Ainsi, la question de la planification stratégique et de l'alignement stratégique qui se définit par la façon dont l'entreprise, par l'intermédiaire de la haute direction, articule et communique sa vision et ses objectifs à l'interne demeure pour le moins pertinent. La planification du déploiement du BIM est la première étape sur laquelle repose la redéfinition de la stratégie organisationnelle lors de l'implémentation BIM. Le plan qui en découle donc devrait s'aligner avec la stratégie de l'entreprise. De plus, une reconfiguration des pratiques organisationnelles, des rôles et responsabilités et des processus sont essentiels pour optimiser l'implantation BIM. D'ailleurs, certains sont d'avis que ces aspects devraient être inclus dans le plan stratégique BIM de l'entreprise.

Planification

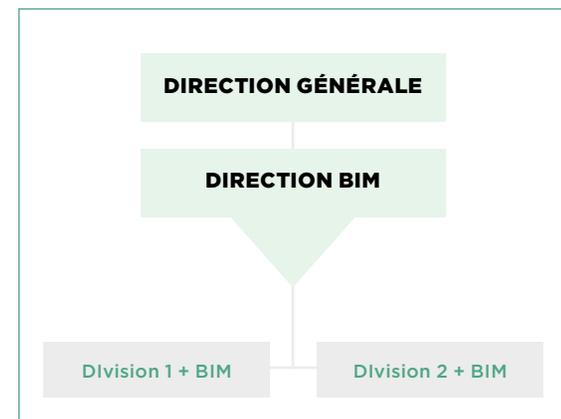
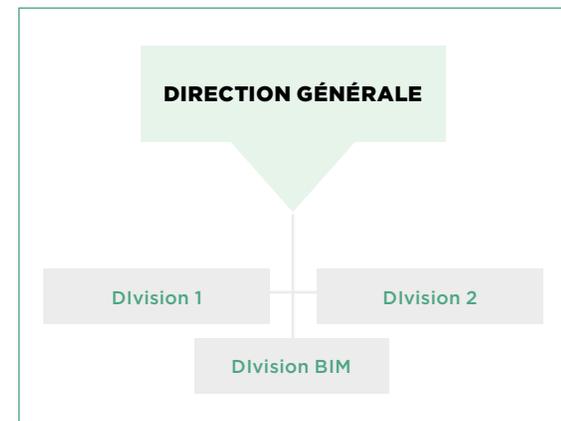
La question de la planification organisationnelle est intimement liée à la stratégie et à la culture de l'organisation. Cet indicateur vise les volets suivants : la budgétisation et l'investissement dans les technologies, la formation et la recherche et développement, l'analyse et la gestion des risques, et le développement de mesures de performance.

Structure

La structure concerne autant la structure organisationnelle d'une organisation que la présence/position de groupes ou de ressources clés au sein de cette organisation. Dans le cadre du déploiement du BIM, il est souvent question d'alignement organisationnel, soit l'adaptation de l'entreprise au nouveau contexte de travail BIM et des modifications à apporter dont entre autres la structure hiérarchique, les rôles et responsabilités, l'adhésion du personnel et la formation.

De plus, parmi les considérations dont il est question, il y a un consensus autour du fait que la mise en place d'un comité BIM est bénéfique pour des organisations qui comptent plusieurs employés. Cependant aucun seuil n'a été déterminé jusqu'à présent relativement à ce dernier point. Dans ce contexte, le comité BIM est responsable du déploiement de la stratégie BIM dans l'entreprise. De manière générale, mais non exclusive, ce comité est composé du champion BIM, d'un représentant de l'exécutif, de spécialistes techniques et logiciels et des autres représentants que l'entreprise juge pertinents d'intégrer au comité BIM. Parfois il arrive que certains fassent le choix d'établir une distinction entre le comité de planification BIM et le comité technique BIM. Le comité technique BIM est alors responsable de la formalisation du BIM au sein de l'entreprise tandis que le comité de planification BIM est responsable de gérer et faciliter l'implémentation BIM dans l'entreprise.

À nouveau, très peu de travaux empiriques ont évalué ou tenté d'évaluer au niveau de la structure organisationnelle l'influence de l'approche d'intégration des ressources compétentes en BIM dans une structure organisationnelle. Il existe différentes deux approches au support BIM dans des structures traditionnelles hiérarchiques, entre autres, la création d'une division BIM ou l'intégration des ressources au sein des divisions avec une direction générale BIM. Ces deux approches sont valables, jusqu'à preuve du contraire.



De plus, les différentes fonctions d'affaire sont impactées par le déploiement du BIM, tel qu'illustré dans la figure suivante adaptée de Jung et Joo (2011). Notons que le cadre conceptuel BIM (figure 17) qui est proposé par les auteurs soutient que « La mise en œuvre pratique du BIM intègre efficacement les technologies BIM en termes de propriété, relation, normes et utilisation à travers les différentes activités de construction tout au long du projet, de l'organisation et perspectives de l'industrie ».

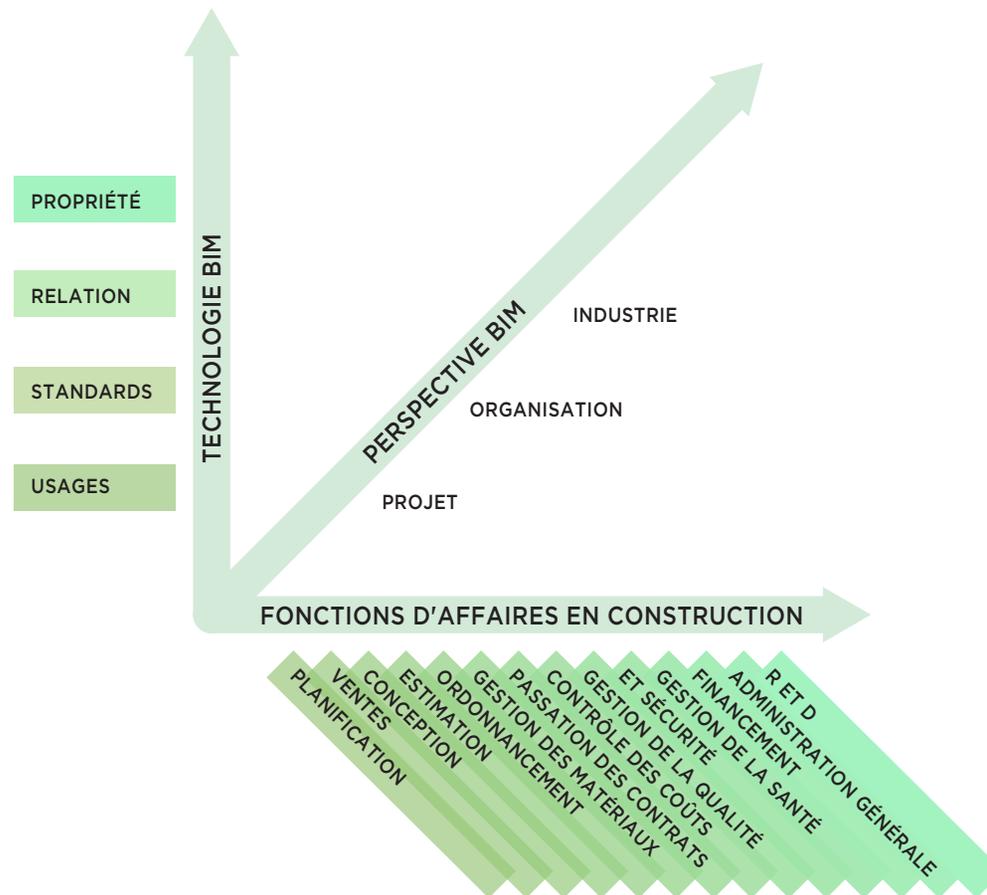


Figure 17 : Cadre conceptuel BIM adapté de Jung et Joo, 2011

Fonctions d'affaires en construction définies par Jung et Gibson

Ressources/personnes

Le déploiement du BIM au sein d'une organisation engendre des besoins qui sont relatifs aux nouveaux rôles, nouvelles responsabilités, nouveaux titres, etc. À la base, le déploiement du BIM exige le développement d'un ensemble de compétences pour pouvoir répondre aux nouvelles approches concernant la livraison de projet et qui sont introduites par la transformation que représente le déploiement du BIM. Ce volet de développement des compétences nouvelles est couvert par la formation et l'éducation. L'approche consistant à l'évaluation du déploiement du BIM basée sur les compétences vise cet indicateur – voir la prochaine section et le rapport *Revue des outils d'évaluation du déploiement de la modélisation des données du bâtiment (BIM) existants*.

Jusqu'à présent, les efforts de recherche sur le sujet ont permis de remarquer que l'un des principaux problèmes suivant un changement organisationnel n'est ni la technologie, ni la stratégie organisationnelle, mais plutôt l'aspect sociotechnique. Autrement dit, la transition

souple en regard des pratiques autour du BIM est dépendante de la volonté et de l'engagement du personnel. En effet, l'enjeu réside dans la gestion du personnel : la compréhension des facteurs organisationnels tels que des barrières, de la résistance, des problèmes de communication et de collaboration, des incompatibilités culturelles, des problèmes de manque de motivation et de leadership (Deutsch, 2011).

À cet effet, les rôles et responsabilités doivent être revus, entre autres pour que tous intègrent des responsabilités BIM. En effet, la diffusion de la responsabilité BIM à tous et chacun semble comporter son lot d'avantages. Lors de cette démarche, les responsabilités doivent être révisées selon les compétences, les intérêts et les avancements BIM. Notons que dans les entreprises moins matures, le BIM est largement vu comme étant uniquement la responsabilité des personnes désignées par l'entreprise.

Le déploiement du BIM se caractérise aussi selon la présence d'un Champion BIM qui est lui aussi un indicateur de ce déploiement. Le Champion BIM est une personne désignée pour gérer l'implémentation du BIM dans l'entreprise. Cette personne est donc celle qui possède les capacités et les compétences techniques du BIM pour guider l'implémentation BIM au sein de l'organisation. Ce faisant, cette personne veille à ce qu'il y ait une amélioration des processus vers un virage numérique, il favorise l'adoption du BIM et il assure le déploiement de la nouvelle infrastructure dans l'entreprise. Le Champion BIM est donc responsable de formaliser et gérer les pratiques, procédures et processus BIM. En raison des fonctions fondamentales du Champion BIM, il est primordial que l'individu qui occupe ce poste possède du leadership, de l'autorité et de la motivation. Afin de faciliter l'implémentation BIM, le Champion BIM devrait travailler étroitement avec la haute direction, qui est un commanditaire, pour pouvoir assurer une implémentation alignée avec la stratégie organisationnelle de l'entreprise où a lieu l'implémentation BIM.

Culture

La culture organisationnelle est une notion relativement floue et intangible. Ce faisant, elle est très difficile à quantifier voire même à qualifier. De plus, la culture est vue comme étant ancrée dans les mentalités et un effort considérable est nécessaire pour amorcer le changement dans une organisation (Pryke, 2009). Pourtant, le changement de culture d'une entreprise commence dès la recherche de l'adéquation entre les besoins du personnel et les objectifs du changement. Pour faciliter cette adéquation, la formation, l'éducation, la communication et le partage de l'information sont des éléments fondamentaux (Froese, 2006). De plus, le fait de clarifier les ajustements nécessaires de la structure organisationnelle et de redéfinir les rôles et responsabilités au sein de l'organisation auraient tendance à limiter la frustration et la confusion des employés devant composer avec les paramètres spécifiques au déploiement du BIM.

Dans le contexte du déploiement du BIM, l'influence d'éléments liés à la question de la culture organisationnelle – dont le leadership et le support de la haute direction, l'adhésion, l'ouverture et la promotion de l'innovation – est indéniable. Par exemple, l'adhésion définit la volonté du personnel à intégrer le BIM dans leurs pratiques journalières. Or, en raison de cette forte influence de la culture organisationnelle lors d'un changement dans une organisation, nous comprenons pourquoi l'implémentation BIM commence généralement avec l'adhésion de certaines personnes motivées, notamment des experts en technologie, d'un champion BIM, etc. En effet, une innovation culturelle est plus facile à propager dans un groupe lorsque ce sont des individus au sein de ce groupe qui proposent cette innovation culturelle plutôt que si ce sont des individus à l'extérieur de ce groupe qui adoptent une nouvelle méthode, comportement et/ou technologie. Pour mener à bien l'implémentation BIM, la haute direction doit par la suite approuver cette implémentation et dédier les ressources appropriées. Cette dernière remarque amène la notion de support de la haute direction : cette notion considère le niveau de support pour la planification BIM de la haute direction. Ces indicateurs doivent donc être non seulement considérés, mais bien cernés et gérés pour assurer le succès de la transition vécue lors de l'implémentation BIM.



Processus

La dimension procédurale inclut les notions de collaboration, des flux de travail et d'informations de même que les aspects de planification, de gestion et de coordination et leur degré de formalisation au sein d'une organisation.

Collaboration

La notion de collaboration demeure malléable et donc difficile à circonscrire et à mesurer. De manière générique, la collaboration est un processus de mise en commun des efforts afin d'atteindre un but collectif. Dans le contexte du déploiement du BIM, la collaboration correspond à la phase 2 du modèle de capacité discuté précédemment. Cette phase se distingue par la notion d'échange de modèles multidisciplinaires. Elle est caractérisée par le degré de formalisation des procédures de collaboration au sein d'une organisation. Cet indicateur inclut les procédures BIM interorganisationnelles qui représentent la formalisation et la cartographie de processus entre les divers intervenants. L'importance de ces processus est mise en valeur par la cartographie des flots de travail et des échanges interdisciplinaires mentionnés dans le PGB. L'avantage de cartographier les processus est de mesurer la performance et favoriser la collaboration. D'ailleurs, ces processus devraient être gérés tel que décrit dans l'indicateur des processus intra organisationnels.

Contrôle de l'information

Au cœur de la transformation imposée par le BIM se trouve la question de l'information (sa création, son flux, sa gestion et sa consommation). Cette question est importante car les pratiques de gestion de l'information et les procédures d'échange d'informations sont à revoir (ou même à développer dans certains cas) au sein des entreprises qui prennent le virage numérique. Il existe de nombreux standards internationaux portant sur la question de l'information dont la nouvelle série ISO 19650 – *Organisation et numérisation des informations relatives aux bâtiments et ouvrages de génie civil, y compris modélisation des informations de la construction (BIM) -- Gestion de l'information par la modélisation des informations de la construction* – qui est basée sur les normes britanniques PAS 1192.

Usages BIM

De façon générique, un usage du BIM est défini par une méthode ou une stratégie appliquant le BIM pour extraire des informations à des fins particulières, cela en fonction d'un objectif. Notons que ces usages BIM sont spécifiques aux besoins ou services d'une organisation ou d'un projet. Pour cette raison, une organisation établira les usages BIM qu'elle déploie de manière générale sur tous ses projets en fonction de ses objectifs stratégiques et des compétences qu'elle possède. Par la suite, en fonction des objectifs du projet, cette organisation sera appelée ou non à déployer des usages BIM supplémentaires.

Les usages BIM de projet doivent donc être inclus lors du démarrage du projet dans le PGB. L'importance des usages dans un projet BIM rejoint le principe de la collaboration interdisciplinaire dans le but d'optimiser les échanges d'informations et de favoriser l'innovation dans les méthodes.

Procédures

Les processus et procédures BIM décrivent et formalisent les activités, les ressources et les informations nécessaires pour implanter les usages BIM et ainsi atteindre les objectifs qui ont été fixés soit par l'organisation ou par l'équipe de projet. Afin d'éviter une implantation *ad hoc* d'un changement organisationnel dans le contexte du déploiement du BIM, plusieurs sources suggèrent que les processus soient cartographiés dans l'intention de les adapter au changement. En effet, dans le contexte d'un changement organisationnel, l'utilisation d'une approche centrée sur les processus est souvent priorisée. En ce sens, plusieurs conseillent l'utilisation des formats de *Business Process Model and Notation (BPMN)*, de *Unified Modeling Language (UML)* ou de la réingénierie de processus (PMI, 2013) puisque ce sont des pratiques standardisées pour la comparaison et la visualisation de processus.

En terme de standardisation de ces processus, *buildingSMART International* chapeaute le développement de plusieurs normes qui soutiennent le principe du *open BIM*, dont les vues métiers (*Model*

View Definitions - MVD) et les manuels de livraison d'information (**Information Delivery Manuals** – IDM). Ces concepts soutendent la standardisation des processus d'échange d'informations pour assurer un échange fluide entre les parties prenantes d'un projet. En effet, la cartographie de ces processus standardisés permet de les utiliser comme référence auprès de tous les autres intervenants pour s'assurer que le modèle numérique réponde aux différents besoins et que la maquette contienne l'information nécessaire.

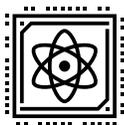
Au niveau des usages BIM de projet, il est nécessaire de définir les mêmes pratiques de formalisation des activités et des informations partagées. Ces usages BIM sont habituellement identifiés dans les cartographies des flux de travail en utilisant le langage du **Business Process Modeling Notation** (BPMN). En cartographiant les échanges d'informations, les processus peuvent être optimisés et standardisés. De cette manière, la standardisation des processus permet d'augmenter la performance des projets de construction. Notons aussi que dans ce cadre, la collaboration BIM est assurée puisque les échanges d'informations sont facilités

et contrôlés. Ce faisant, ces cartographies des flux de travail devraient contenir tous les éléments d'un projet de construction : les tâches, la transaction de l'information et l'intégration des risques et problématiques ainsi que les informations BIM qui sont nécessaires pour les usages (Froese, 2006).

Un autre aspect de la création de procédures implique la mise en place de règles de modélisation. Celles-ci font référence à la standardisation des méthodes de modélisation dans un modèle numérique. Cette étape est avantageuse en raison du fait qu'il existe plusieurs méthodes qui peuvent être utilisées pour modéliser une même composante du bâtiment. Donc, en formalisant et en améliorant les meilleures pratiques de modélisation, la qualité de l'information est contrôlée et fiable. Dans cet esprit, la plupart des entreprises définissent des protocoles de modélisation, une bibliothèque d'objets géométriques et des gabarits de début de projet pour s'assurer que les informations nécessaires pour effectuer les usages sont présentes. Notons aussi que ces protocoles ont un autre avantage qui consiste à pouvoir établir un standard selon la philosophie de l'entreprise.

Planification BIM

La planification des activités de déploiement et d'implantation du BIM implique d'une part l'allocation de ressources, l'allocation des investissements, la gestion des risques, etc., et implique d'autre part le développement des procédures et des pratiques. Cette manière de procéder s'applique tant au niveau de l'organisation qu'au niveau du projet. Au niveau du projet, le développement de PGB est un passage qui devient de plus en plus obligatoire pour assurer le succès de projets BIM. Le PGB est très important car il s'agit d'un document qui regroupe la totalité des relations contextuelles des échanges BIM au sein d'un projet. Le rôle du PGB est d'autant plus central du fait qu'il est développé avec tous les intervenants du projet. D'ailleurs, le but de ce plan est de mentionner les exigences nécessaires pour favoriser les échanges BIM de la phase de conception jusqu'à la phase d'opération. Ainsi, les usages, les processus, l'information de modélisation, l'interopérabilité des logiciels et les objectifs du projet devraient être cités dans le plan de gestion BIM. De même, il est requis que les rôles et les responsabilités BIM de chacun ainsi que la planification BIM y soient définis. Soulignons à nouveau que plusieurs modèles et exemples de plan de gestion BIM existent dans la littérature.



Technologie

La dimension technologique inclut les outils, les logiciels et les infrastructures qui sont nécessaires pour pouvoir soutenir le déploiement du BIM au niveau du projet et au niveau d'une organisation. Cette dimension technologique se définit par la capacité de l'entreprise à répondre aux besoins informatiques (logiciels, matériels technologiques) et physiques (espace collaboratif) qui sont engendrés par la transition vers le BIM.

Infrastructure physique

L'infrastructure physique inclut les équipements technologiques et l'environnement de travail à l'intérieur duquel est déployé le BIM. En fait, il est nécessaire de s'assurer que le parc informatique et les infrastructures technologiques et physiques soient adéquats pour faciliter la collaboration et la production d'informations à partir de logiciels. Il est important de veiller à cet aspect technique puisque les systèmes de logiciels BIM nécessitent des infrastructures technologiques qui soient suffisamment puissantes pour assurer le plein potentiel des outils technologiques qui sont utilisés dans ce contexte. Ces infrastructures comprennent

un parc informatique puissant, un réseau internet rapide, des technologies mobiles, des outils de collaborations, des écrans tactiles, des lasers, des drones, etc. Dans le cas où ces infrastructures performantes n'étaient pas disponibles, cela risque de générer des frustrations par des échecs de logiciels, par le manque de support informatique et par une lenteur du réseau, tous étant des facteurs qui nuisent au changement. En effet, si les équipements technologiques ne sont pas suffisants et/ou appropriés, le personnel de l'entreprise effectuant le déploiement du BIM risque de démontrer une résistance au changement qui soit exacerbée. Pour que la transition se fasse de manière optimale tout en limitant les accros, il est important d'entre autres considérer les prérequis des logiciels en termes de **hardware** (processeur, RAM, carte graphique, nombre d'écrans, etc.).

De plus, ces équipements doivent également être situés dans des environnements appropriés à leur utilisation respective et de manière à favoriser la collaboration interdisciplinaire. À cet effet, il est considéré être important de dédier des espaces physiques pour faciliter la mise en œuvre du BIM collaboratif. Ces espaces permettent de visualiser les modèles 3D afin d'effectuer des usages BIM en

équipe de travail ou entre les intervenants. Pour ce faire, une organisation se doit de fournir un ou plusieurs espaces dont la taille est variable et qui possèdent les équipements technologiques adéquats. Ces espaces de travail doivent aussi être accessibles et invitants (éclairage, espace, confort, etc.) afin d'inciter le personnel à les utiliser pour le BIM.

Infrastructure numérique

Au niveau des infrastructures numériques, il est question de différents éléments : les logiciels, l'infrastructure réseau – dont les serveurs et les bases de données – et l'accessibilité. En fait il s'agit d'être en mesure de soutenir l'utilisation des bons outils BIM qui se fait en fonction des besoins de l'entreprise, de la gestion de la compatibilité et des ponts entre les logiciels, mais aussi selon la manière à laquelle l'entreprise cherche à se tenir à jour par rapport au marché. Les logiciels BIM

sont particulièrement complexes et nombreux afin de pouvoir exercer les usages du BIM. D'ailleurs, leur multiplicité cause une des principales problématiques dans le déploiement du BIM à laquelle il est d'usage d'y faire référence par le terme « interopérabilité ». En effet, chaque discipline et tâche du déploiement du BIM peut nécessiter des logiciels spécifiques qui ne sont pas nécessairement compatibles entre eux. De là apparaît un défi pour le BIM, soit la standardisation des formats d'échange favorisant le pont entre tous les logiciels BIM. Bien qu'imparfaits, les *Industry Foundation Classes* (IFC) qui ont développés et maintenus par *buildingSMART International* sont actuellement la solution la plus probante. À l'échelle d'une organisation, l'enjeu est à ce titre de définir un système de logiciels et d'infrastructures appropriés pour les usages BIM qui sont identifiés dans la stratégie et de par la suite faire évoluer ce système en fonction des capacités et des objectifs de la stratégie. Notons aussi qu'il est essentiel qu'il y ait à l'échelle de projet une coordination avec les autres intervenants afin de s'assurer que cette compatibilité soit maintenue. À cet effet, les logiciels et les formats sont souvent dictés dans les PGB.

Le défi associé à l'interopérabilité est d'autant plus important du fait qu'il n'existe pas uniquement entre les logiciels BIM mais également au niveau des bases de données. En fait la multiplication des sources d'informations qui bien souvent contenues dans des bases de données disparates peuvent causer problème lorsqu'il est question de centraliser ces informations. Cette centralisation, soit la création de liens entre les différentes sources d'informations, est primordiale afin de ne pas avoir à manipuler de l'information et aussi pour pouvoir en assurer un suivi. De plus, l'accès à ces sources d'informations est primordial pour des fins de gestion et de contrôle.

Finalement la question de l'accès à l'information à distance est importante, notamment en étant sur chantier. En ce sens, les technologies mobiles ainsi que des tables et des écrans interactifs peuvent faciliter la collaboration via les technologies BIM. Ces infrastructures sur le chantier favorisent ainsi l'accessibilité aux outils technologiques afin de pratiquer le BIM et de favoriser la collaboration et le partage de données BIM entre les espaces de bureau et le site du chantier.



Produit

La dimension du produit, en l'occurrence le modèle BIM, implique tant le contenant (ex. : la structure du modèle BIM), que son contenu (ex. : les propriétés géométriques et non-géométriques du modèle BIM). Cette dimension du produit réfère à la qualité et au contrôle de l'information qui est incluse et échangée dans l'écosystème numérique. De plus, la dimension du produit inclus la standardisation et la gestion de l'information modélisée de même que l'alignement des standards.

Contenant

Les aspects du contenant de modèles BIM sont représentés par la structure de l'information qui y est codifiée. Ceci inclut les standards de nomenclature, les classifications ou l'arborescence des composantes de modèle ou **Model Element Breakdown** (MEB). De manière sommaire, mentionnons que la MEB est une catégorisation des objets du modèle numérique. Il existe des standards reconnus internationalement, dont **Omniclass**, duquel font partie les standards de classification **Uniformat II** et **Masterformat**. Ces standards sont utiles pour classifier les composantes de la maquette numérique par rapport aux composantes réelles nécessaires à la réalisation du bâtiment. En classifiant les éléments de la maquette selon un standard précis, les échanges de l'information et la propriété des éléments peuvent être plus facilement définis et documentés. La question des gabarits de projet et de produit sont également abordés dans cet indicateur.

Contenu

Les aspects du contenu visés par cet indicateur sont la quantité et le type d'information qui est inclus dans le modèle BIM. Ceci inclut des questions telles que le niveau de développement (**Level of Development** ou LOD), la standardisation des objets et des données et la définition des nomenclatures (**bill of materials** – BOM).

Comme le LOD définit la quantité d'informations géométriques et non géométriques à insérer dans un modèle 3D, il devrait être défini en fonction des usages, des tâches et de la complexité de modélisation désirée afin d'éviter que les maquettes numériques soient trop lourdes ou trop chargées d'informations. De manière générale, le LOD fait référence au niveau de schématisation ou de détail des éléments qui sont modélisés dans le modèle 3D. Le LOD est également classé selon l'utilisation du BIM à travers des phases du projet et des usages. Il est à noter qu'il existe plusieurs définitions de LOD (voir encadré).

L'apparition du concept du LoX (level of X, soit niveau de X) démontre la pluralité du concept associé au contenu de modèles BIM. Parmi les différents concepts que l'on retrouve au sein du LoX, il existe :

- LoA – Level of Accuracy (niveau de précision)
- LoC – Level of Completeness (niveau de complétude)
- LoC – Level of Coordination (niveau de coordination)
- LoD – Level of Detail (niveau de détail)
- LoD – Level of Development (niveau de développement)
- LoI – Level of Information (niveau d'information)

Source : Marzia Bolpagni, PhD, récupéré en ligne à <https://www.bimthinkspace.com/2016/07/the-many-faces-of-lod.html>

L'utilisation d'objets intelligents standardisés provenant d'une bibliothèque d'objets est vue comme un des moyens pour maximiser les bénéfices du BIM. Afin d'assurer la clarté de notre propos, il convient ici de définir ce qu'est une Bibliothèque de Composants du Modèle : elle consiste en « une collection de Composants du Modèle qui se conforment à un ensemble unifié de structures de désignation et utilisent le même schéma de données sous-jacent (par exemple *Industry Foundation Classes*). Une Bibliothèque de Composants du Modèle peut aussi faire référence aux bibliothèques de produits hébergées en ligne par les fournisseurs, éditeurs de logiciels ou entreprises spécialisées ». Il est important de souligner qu'il est avantageux d'utiliser des bibliothèques d'objet intelligents et un système de gestion de bibliothèque. En effet, l'avantage principal est la possibilité de faire une réutilisation des objets de maquettes, ce qui a comme conséquence positive de grandement réduire le temps de modélisation. De plus, il y a une centralisation et de formalisation de la connaissance au sein des objets intelligents qui est à ne pas négliger au nombre des avantages associées à une bibliothèque d'objets. Notons que les objets intelligents permettent également qu'un approvisionnement se fasse directement à partir de la maquette.

Ayant dit cela, il devient aisé de constater que le BIM soutient des flux de travail qui permettent de réduire voire même d'éliminer l'utilisation du papier dans le processus de production du projet. Voici un exemple pour illustrer cet avantage du BIM : pour les manufacturiers, un des avantages du BIM est de pouvoir fabriquer des pièces grâce au contrôle numérique dit *CNC (Computer Numerically Control)*. Ainsi, la préfabrication qui se fait en passant par un cadre numérique est un atout pour améliorer la productivité de l'industrie de la construction (Vrijhoef et Koskela, 2000). Par l'utilisation de ce cadre numérique, l'information extraite des modèles permet de générer des nomenclatures, ou *Bill Of Material (BOM)*, pour la fabrication 3D par contrôle numérique. De plus, l'erreur est diminuée lorsque les processus de fabrication sont automatisés et standardisés. Ainsi, l'importance attribuée au fait d'insérer l'information dans la maquette permettrait de détailler le travail et d'assurer un pont direct entre la maquette virtuelle et l'impression des pièces. Dans ce contexte, la liste des matériels (BOM) décrit l'utilisation d'un standard de fabrication qui est défini par l'entreprise ou par l'industrie en regard de la classification des pièces de fabrication selon leur quantité, leurs matériaux, leur numéro d'identification, etc. Il est à noter qu'en raison de la popularité grandissante des pratiques de conception pour la fabrication et l'assemblage (*Design for Manufacturing and Assembly (DfMA)*), l'introduction de standards de classification pour soutenir l'extraction de BOM se fera de plus en plus tôt dans le processus de développement du projet.



Contexte

La dernière catégorie concerne la formalisation des relations contextuelles. Elle réfère à la capacité de l'entreprise à définir et à formaliser les relations inter-organisationnelles (projet) et intra-organisationnelles (entreprise). La formalisation des relations contextuelles doit être faite avec minutie car elle permet d'assurer la standardisation, la mesure et le contrôle de l'information à travers les phases du cycle de vie du projet.

Relations d'affaire

Comme c'est le cas avec la standardisation des nomenclatures et des objets intelligents, le BIM soutient les pratiques de gestion des achats et de l'approvisionnement pour les sous-traitants et le manufacturier. Notons que la gestion de l'approvisionnement se caractérise par le contrôle de la chaîne manufacturière, soit de l'entrée des matières premières à fabrication de la pièce finale, le tout étant fait via une plateforme centralisée BIM. Avec l'implémentation du BIM, les manufacturiers

peuvent ainsi assurer le suivi de leur achat, des matières premières jusqu'au chantier. Ce suivi se fait à l'aide d'un système qui relie l'information de la maquette avec un GPS et un identifiant (ID) ce qui permet d'assurer un contrôle et un suivi qui sont alors optimisés (Eastman et al., 2010). Il est donc possible de constater que pour les manufacturiers, l'un des principaux avantages du BIM est de pouvoir faire un suivi de l'achat jusqu'à la livraison. Ainsi, les relations d'affaire, dont la gestion des achats, influenceront la performance des échanges entre les divers départements qui s'occupent de l'achat, de l'usage, de la livraison, etc. Arriver à ses fins dans un tel contexte représente un véritable défi pour le manufacturier puisqu'il doit s'assurer un pont entre des données virtuelles et celles de la localisation géographique à l'aide de RFID. Pour l'instant, les logiciels commerciaux ne permettent pas une telle intégration de l'information. Pour pallier à ce manque, l'entreprise doit donc développer ses propres interfaces de programmation (API) pour garantir la présence d'une passerelle effective entre tous ses départements.

Relations contractuelles

Le déploiement du BIM requiert une révision des contrats type afin que ces derniers soient adaptés aux nouvelles réalités de la livraison de projet via des sources d'informations fédérées ou intégrées. Dans cet esprit, il est nécessaire que soient couverts les questions d'exigences sur les pratiques BIM, les responsabilités de modélisation, les échanges et le partage de l'information, les formalisations et les nouvelles méthodes de collaboration. Il est également impératif que le contrat mentionne la confidentialité et la propriété des documents et des modèles numériques. Nous suggérons d'aller consulter l'annexe au contrat de l'*Institut pour le BIM au Canada* (IBC) car il est un exemple de document contractuel qui peut être inclus dans un contrat et qui couvre les éléments fondamentaux du travail BIM collaboratif (IBC 100-2014 et IBC 201-2014).



LES COMPÉTENCES REQUISES POUR LE DÉPLOIEMENT DU BIM

LES COMPÉTENCES REQUISES POUR LE DÉPLOIEMENT DU BIM

Dans le présent rapport, nous avons traité des concepts de capacité et de maturité. À cet effet, nous avons présentés dans la section précédente les indicateurs qui sont liés à la capacité et à la maturité d'une organisation ou d'une équipe de projet qui sont à déployer le BIM. Comme discuté dans le rapport portant sur les outils d'évaluation du déploiement du BIM, la compétence est une notion clé et ce faisant elle doit être intégralement considérée dans le déploiement du BIM. Ceci s'explique notamment en raison du besoin de repenser les *curricula* au point de vue de l'éducation et de la formation des acteurs qui œuvrent dans le secteur de l'environnement bâti, et aussi en raison des nouvelles compétences qui deviennent alors requises dû à la transition au BIM.

L'organisation *Scottish Futures Trust* – le bras immobilier du gouvernement écossais – en collaboration avec l'alliance britannique BIM (UKBIMA) et le Conseil de la formation du secteur de la construction (CITB) s'est penchée sur la question des compétences BIM. Pour mener à bien cette démarche, elle a rédigé un rapport qui fait état d'une revue qu'elle a faite quant aux outils et aux cadres conceptuels qui traitent de la question des compétences BIM. Ce rapport identifie une lacune au niveau des compétences BIM et présente le constat à savoir qu'il « n'existe actuellement aucun cadre normalisé ou à jour détaillant les exigences en matière de connaissances ou les besoins en développement de l'apprentissage de ceux qui sont impliqués dans l'utilisation du BIM. Cela a abouti à une compréhension très différente des compétences et des exigences de compétences liées à la BIM dans les établissements d'enseignement, de formation et professionnels. » (Bush et Robinson, 2018, P.6) Ce même rapport fait état de six cadres de compétences BIM existants et en fait la comparaison. Le tableau 4 a été adapté de ce rapport et fournit une comparaison des différents cadres de compétences BIM.

TABLEAU 4
COMPARAISON DES DIFFÉRENTS CADRES DE COMPÉTENCES BIM EXISTANTS (ADAPTÉ DE BUSH ET ROBINSON, 2018)

Cadre	Pays d'origine	Année de développement	État	Limitations/Problèmes
Cadre de résultats d'apprentissage (R.-U.)	R.-U.	2015	UK BIM Alliance envisage actuellement de le mettre à jour	→ Niveau très macro - seulement 32 compétences → Concentration sur les connaissances uniquement, pas sur les compétences La synchronisation (<i>timing</i>) doit être prise en compte
Cadre académique BIM	R.-U.	2013	Travail en cours	Le cadre mis à jour ne concerne que 4 professions.
BIME	International	En cours	Cadre complet - ensemble de compétences dont la publication est prévue pour 2018	Possibilité de : → Tirer certaines compétences du cadre → S'aligner partiellement → Adopter tout le cadre
Normes professionnelles nationales pour le BIM	R.-U	2012	Date de révision indicative indiquée 2018	→ Périmé → Valeur limitée concernant des compétences BIM spécifiques → Ne traite que d'une partie de la portée
BIM4VET	Union Européenne	2018	Presque complété	Ne traite que de quatre rôles spécifiques au BIM.
<i>buildingSMART</i>	International	En cours	Encore en développement. Compétences essentielles susceptibles d'être achevées en 2018.	Possibilité de : → Tirer certaines compétences du cadre → S'aligner partiellement → Adopter tout le cadre La synchronisation (<i>timing</i>) doit être prise en compte.

À partir des informations qui sont présentées dans le tableau ci-dessus, il est possible de constater que la méthode BIMe propose sans doute le cadre de classification et d'évaluation qui soit le plus développé en matière de compétences BIM. À cet effet, huit (8) ensembles de compétences (**competency sets**, illustrés dans la figure 21) sont identifiés et chacun de ces ensembles comporte une série de sujets de compétences (**competency topics**) – de là, on dénombre 56 sujets de compétence. Ces sujets regroupent des items de compétences (**competency items**) qui se définissent comme étant : « les capacités, activités ou résultats granulaires pouvant être évalués, appris ou appliqués. Chaque élément de compétence appartient à un sujet de compétence (par exemple, la collaboration) qui appartient à son tour à un ensemble de compétences (par exemple, un ensemble fonctionnel) et à un niveau de compétence (par exemple, un niveau de domaine BIM) ». Les items de compétence constituent l'unité d'analyse de base.

Il est important de noter que les compétences ne sont pas catégorisées selon des rôles spécifiques dans le cadre BIMe. D'ailleurs, c'est ce qui fait la force de l'approche : elle est modulaire, indépendante de la discipline et du rôle de l'individu. Notons que nous ne présenterons pas dans le présent rapport des rôles BIM spécifiques (par ex. : gestionnaire BIM, coordonnateur BIM ou modélisateur BIM) car ces rôles sont bien détaillés dans le *Manuel de Pratique Canadien pour le BIM*.

Ci-dessous, nous présentons des définitions qui ont été traduites du site de bimexcellence.com.



Figure 18 : Ensembles de compétences (BIMexcellence, 2018)

Ensemble Fondamental

Les compétences et sujets fondamentaux couvrent les caractéristiques personnelles d'un individu, sa spécialité dans le domaine de la construction, son expérience globale en termes d'années, son exposition au marché en termes de géographie et son expérience de projet en termes de types de projets, de tailles et de budgets.

Ensemble Fonctionnel

Les compétences et les sujets fonctionnels couvrent la gestion globale d'un ou de plusieurs projets par les chefs de projet et les chefs d'équipe. Pour leur part, les sujets fonctionnels ne couvrent généralement pas les spécificités techniques de chaque produit livrable, mais se concentrent plutôt sur le service aux clients et la supervision du processus interne de livraison du produit.

Les sujets de compétences couverts dans cet ensemble sont :

- **F01 - Bases fonctionnelles**
Identifier les exigences de base et les principaux résultats attendus de l'utilisation des outils et des *workflows* BIM
- **F02 - Collaboration**
Préparer la documentation nécessaire pour permettre une collaboration basée sur un modèle entre les participants au projet
- **F03 - Facilitation**
Faciliter le processus de collaboration BIM entre les participants au projet
- **F04 - Gestion de projet**
Gestion des projets dans lesquels les flux de travail BIM sont utilisés et les livrables BIM sont spécifiés
- **F05 - Gestion d'équipe et de flux de travail**
Gestion des équipes impliquées dans la livraison des projets BIM

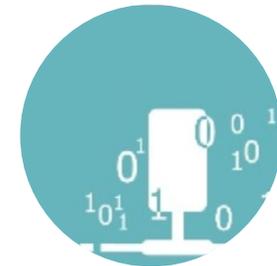


Ensemble Technique

Les compétences et les sujets techniques couvrent les outils logiciels et l'équipement requis pour générer des livrables de projets spécifiques. De plus, ces sujets techniques se concentrent également sur les activités détaillées, les tâches et les étapes nécessaires pour fournir un service ou un produit.

Les sujets de compétences couverts dans cet ensemble sont :

- **T01 - Informatique générale**
Installation, gestion et maintenance de l'infrastructure informatique générale
- **T02 - Systèmes logiciels**
Sélection, déploiement et maintenance de systèmes logiciels dans un environnement multi-utilisateur
- **T03 - Matériel et équipement**
Spécifier, recommander et/ou acquérir du matériel informatique
- **T04 - Modélisation**
Génération de modèles BIM basés sur des normes et protocoles de modélisation prédéfinis
- **T05 - Documentation**
Génération de dessins et de documents de construction à l'aide de détails et de flux de travail standardisés
- **T06 - Présentation et animation**
Génération de rendus ou d'animations 3D de qualité professionnelle à l'aide d'outils logiciels spécialisés
- **T07 - Gestion de modèle**
Gestion et maintenance des modèles BIM générés à l'aide de processus, protocoles et spécifications normalisés
- **T08 - Gestion de documents**
Utilisation de systèmes de gestion de documents ou similaires pour stocker, gérer et partager des fichiers et des modèles BIM
- **T09 - Gestion de données**
Utilisation de systèmes de gestion des données ou similaires pour stocker, gérer et partager des données



Ensemble Opérations

Les compétences et les thèmes relatifs aux opérations couvrent les efforts individuels quotidiens et pratiques qui sont nécessaires à la réalisation d'un projet ou d'une partie/d'un aspect d'un projet. Notons par ailleurs que les rubriques relatives aux opérations ne couvrent généralement pas les spécificités des outils logiciels ou des équipements utilisés pour générer les produits livrables du projet, mais se concentrent plutôt sur les produits livrables eux-mêmes et les flux de travail qui les rendent possibles.

Les sujets de compétences couverts dans cet ensemble sont :

- **001 - Modélisation générale**
Utilisation d'outils logiciels pour modéliser les exigences du projet et générer des produits livrables basés sur un modèle dans divers secteurs, systèmes d'information et domaines de connaissances
- **002 - Capture et représentation**
Utilisation d'outils logiciels et d'équipements spécialisés pour capturer et représenter des espaces et des environnements physiques
- **003 - Planification et conception**
Utilisation d'outils logiciels pour la conceptualisation, la planification et la conception
- **004 - Simulation et Quantification**
Utilisation d'outils logiciels pour effectuer divers types de simulations et d'estimations basées sur des modèles
- **005 - Construction et fabrication**
Utilisation de BIModels à des fins spécifiques de construction et de fabrication
- **006 - Opérations et maintenance**
Utilisation de modèles pour exploiter, gérer et entretenir une installation
- **007 - Surveillance et contrôle**
Utilisation de modèles pour surveiller les performances des bâtiments ou contrôler leurs espaces, systèmes et équipements
- **008 - Liaison et extension**
Liaison de BIModels et de leurs composants à d'autres bases de données
- **009 - Modélisation personnalisée**
Utilisation d'outils logiciels pour créer une combinaison personnalisée de produits livrables basés sur un modèle reflétant une variété d'utilisations de modèles



Ensemble Administration

Les compétences et les sujets relatifs à l'administration couvrent les activités organisationnelles quotidiennes nécessaires pour atteindre et maintenir les objectifs stratégiques. Par ailleurs, ces sujets relatifs à l'administration ne se concentrent généralement pas sur des projets spécifiques, mais sur la somme de tous les projets. Dans ce contexte, il est aussi question de considérer les éléments suivants des projets : leurs ressources humaines, leurs pratiques d'approvisionnement, la qualité des produits/services et d'autres livrables organisationnels, ainsi que leurs exigences respectives.

Les sujets de compétences couverts dans cet ensemble sont :

- **A01 - Administration, politiques et procédures**
Intégration d'initiatives de gestion dans les politiques et les procédures pour faciliter l'adoption d'outils et de *workflows BIM*
- **A02 - Finances, comptabilité et budgétisation**
Planification, allocation et suivi des coûts associés à l'adoption du BIM
- **A03 - Gestion de la performance**
Évaluation de la capacité/maturité BIM de l'organisation, de la compétence individuelle et de la performance du projet à l'aide de mesures standardisées
- **A04 - Gestion des ressources humaines**
Planifier, développer et gérer les ressources humaines afin d'aligner les compétences du personnel sur les objectifs BIM de l'entreprise
- **A05 - Marketing**
Promotion de la capacité BIM d'une organisation auprès de ses clients et partenaires commerciaux
- **A06 - Appel d'offres et approvisionnement**
Développement des spécifications et des documents nécessaires pour pré-qualifier, recommander et/ou acquérir des produits et services BIM
- **A07 - La gestion des contrats**
Administration de la documentation contractuelle sous-jacente aux projets et workflows BIM collaboratifs
- **A08 - Gestion des risques**
Gestion des risques associés à l'utilisation des outils BIM et des workflows collaboratifs
- **A09 - Gestion de la qualité**
Établir, gérer et contrôler la qualité des modèles, de la documentation et des autres produits livrables du projet



Ensemble Gestion

Les compétences et les sujets de gestion couvrent les activités décisionnelles au niveau macro et la sélection/adoption d'initiatives à long terme. Les sujets de gestion ne couvrent généralement pas les activités quotidiennes de l'organisation, mais se concentrent sur la direction générale, l'échéancier et les défis auxquels les organisations sont confrontées lorsqu'elles cherchent à atteindre leurs objectifs stratégiques.

Les sujets de compétences couverts dans cet ensemble sont :

- **M01 - Direction générale**
Définir et communiquer les objectifs généraux de gestion en adoptant de nouveaux systèmes et flux de travail
- **M02 - Leadership**
Diriger et guider les autres tout au long du processus de mise en œuvre de nouveaux systèmes et flux de travail
- **M03 - Planification stratégique**
Identifier les objectifs stratégiques et développer des stratégies de mise en œuvre
- **M04 - Gestion organisationnelle**
Identifier les changements organisationnels nécessaires pour initier, surveiller et améliorer l'adoption du BIM
- **M05 - Développement des affaires et gestion des clients**
Maximiser la valeur obtenue par l'organisation et ses clients à partir des outils et des flux de travail BIM
- **M06 - Partenariat et alliance**
Établissement de partenariats et d'alliances avec d'autres organisations sur la base des produits livrables et des flux de travail BIM



Ensemble Recherche et Développement

Les compétences et les thèmes de recherche et développement couvrent les activités et les tâches qui sont destinées à évaluer les outils et les flux de travail existants, à rechercher de nouvelles solutions et à faciliter leur adoption, soit au sein d'une entreprise ou au niveau de l'industrie.

Les sujets de compétences couverts dans cet ensemble sont :

- **R01 - Recherche générale et développement**
Mener des activités de recherche et de développement générales ou spécifiques au BIM
- **R02 - Développement de stratégies et planification**
Développement d'une stratégie de mise en œuvre du BIM ou d'un plan de mise en œuvre du BIM pour guider l'adoption du BIM
- **R03 - Enseignement et Coaching**
Développer du matériel de formation BIM pour former le personnel et faciliter le processus d'adoption BIM

- **R04 - Gestion des connaissances et ingénierie**
Développer une stratégie de gestion des connaissances et formaliser/représenter les connaissances du personnel spécifiques au BIM
- **R05 - Gestion du changement**
Développement d'une stratégie de gestion du changement qui accompagne/soutient le processus de mise en œuvre du BIM
- **R06 - Recherche et analyse**
Participer et/ou publier des recherches académiques axées sur l'innovation et/ou la collaboration BIM
- **R07 - Engagement de l'industrie et partage des connaissances**
Partage des connaissances et de l'expérience du BIM avec l'ensemble du secteur de la construction par le biais d'ateliers, de séminaires et de présentations formels/informels



Ensemble Support

Les compétences et les sujets de support couvrent les activités et les tâches qui sont nécessaires au maintien des systèmes d'information et de communication. Les sujets d'appui concernent quant à eux spécifiquement le développement et la maintenance des solutions technologiques qui sont nécessaires pour préserver et accroître la productivité.

Les sujets de compétences couverts dans cet ensemble sont :

- **S01 - Support informatique général**
Dépannage des problèmes logiciels et assistance du personnel pour la résolution des problèmes techniques
- **S02 - Support de données et réseau**
Gestion et maintenance du stockage des données, des documents, des dessins 2D et des modèles BIM
- **S03 - Support d'équipement**
Développement de spécifications pour le matériel BIM et les programmes de déploiement de matériel BIM

- **S04 - Support logiciel**
Résolution des problèmes liés aux outils logiciels BIM, réalisation des tâches de support qui sont pertinentes et gestion des relations avec les fournisseurs/revendeurs de logiciels
- **S05 - Développement logiciel et Web**
Développement d'extensions pour les outils logiciels BIM, les logiciels de productivité ou les portails Web afin d'améliorer les produits livrables BIM



Ensemble Implantation

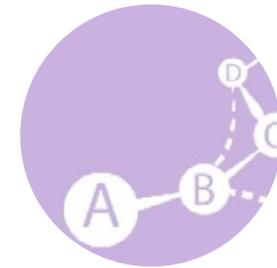
Les compétences et les thèmes d'implantation couvrent les activités requises pour introduire les concepts et les outils BIM dans une organisation. Pour leur part, les sujets de mise en œuvre se concentrent également sur la création de trois éléments qui sont nécessaires à la diffusion continue du BIM :

1. des nouveaux systèmes d'information;
2. des normes de livraison;
3. des protocoles de flux de travail.

Les sujets de compétences couverts dans cet ensemble sont :

- **I01 - Fondements de l'implantation**
Identification et gestion des problèmes associés à la mise en œuvre du BIM
- **I02 - Développement de composants**
Mise en œuvre d'une approche structurée pour développer ou personnaliser des composants de modèle à l'aide de normes de modélisation documentées

- **I03 - Gestion de bibliothèque**
Développement ou gestion de bibliothèques de composants en fonction des besoins pour la livraison standardisée de projets BIM
- **I04 - Normalisation et modèles**
Génération de modèles, de listes d'articles et de workflows standardisés pour le lancement, la vérification et/ou la livraison de projets BIM
- **I05 - Formation technique**
Développer un plan de formation BIM et/ou maintenir un registre de compétences pour suivre la formation du personnel et les compétences acquises
- **I06 - Tests de système et de processus**
Évaluer la capacité/compatibilité des systèmes et l'adéquation des flux de travail et des procédures
- **I07 - Guides et manuels**
Développer des guides, des manuels et/ou du matériel pédagogique sur les workflows basés sur Model





CONCLUSION

CONCLUSION

Ce rapport fait état des différentes perspectives sur le déploiement du BIM qui ont été développées à travers le monde, parmi lesquelles se retrouvent les cinq éléments suivants : (1) les principes clés, (2) les différentes phases, (3) le processus, (4) les domaines d'intervention (ou facteurs de réussite), et (5) les compétences requises pour ce déploiement du BIM. Ces cinq perspectives composent le cadre de déploiement du BIM »

D'une part, les principes du déploiement du BIM couvrent les quatre aspects majeurs suivants : (1) les questions de motivation qui sont derrière les mouvements en cours dans divers pays, (2) les objectifs du déploiement, (3) les différents modèles de déploiement du BIM, et (4) la notion d'échelle. Ce faisant, ces principes du déploiement du BIM synthétisent les cinq modèles d'adoption BIM macro de l'initiative d'excellence BIM. Dans le cadre de l'IQC4.0, c'est le 2^e modèle d'adoption, soit les composantes de maturité à l'échelle macro, qui sera utilisé.

Les différentes phases du déploiement du BIM constituent le deuxième élément du cadre de déploiement du BIM. Ces phases couvrent la nature évolutive du déploiement du BIM notamment aux niveaux de la capacité et de la maturité. Il existe trois phases de déploiement du BIM qui sont reliées à des degrés de capacité, passant du pré-BIM à l'intégration complète des pratiques d'affaires via le BIM. Chacune des phases compte cinq étapes de maturité. Notons que l'IQC4.0 se basera sur les phases et les étapes du déploiement du BIM tels que développées par le Dr Bilal Succar dans le cadre de l'initiative d'excellence BIM.

Le processus de déploiement du BIM, qui est le troisième élément du cadre de déploiement du BIM, consiste en un processus qui est cyclique et itératif et qui compte une série d'étapes qui sont incluses dans des activités de planification, des activités d'exécution et des activités de vérification et de validation. D'ailleurs, l'IQC4.0 se basera sur le cycle de déploiement tel que décrit par Forgues et al. (2014) pour structurer les plans de déploiement du BIM.

Les domaines d'intervention, aussi désignés par l'expression « les facteurs de réussite », sont pour leur part le quatrième élément du cadre de déploiement du BIM. Ces domaines d'intervention consistent en les différents indicateurs ou facteurs qui sont à considérer dans le déploiement du BIM; ces indicateurs sont intimement liés aux outils d'évaluation de la capacité et de la maturité dont il est question dans le rapport pourtant sur les outils d'évaluation du déploiement du BIM.

Finalement, le cinquième, et dernier, élément du cadre de déploiement du BIM est la notion de compétence. Cette notion de compétence a été explorée dans le présent rapport et les cadres d'apprentissage et de connaissances requises ont été présentés. Les 56 sujets de compétences, distribués dans les huit ensembles de compétences développés dans le cadre de l'initiative d'excellence BIM ont été présentés. Selon les données actuelles, il apparaît que ce modèle de compétences BIM, jusqu'à preuve du contraire, est celui qui est le plus complet et le mieux adapté pour les besoins de l'IQC4.0.

Les différentes perspectives de déploiement du BIM dont il est question dans le présent rapport confirment la nature complexe et les multiples facettes du déploiement du BIM. En effet, le déploiement du BIM est une transformation qui implique toutes les échelles du secteur de l'environnement bâti. Également, cela consiste en une transformation qui opère de manière cyclique, par phases et par étapes, qui exige et qui engendre le développement de nouvelles compétences au sein d'une entreprise. Finalement, le déploiement du BIM est une transformation qui œuvre sur plusieurs dimensions (ou champs) d'une industrie, d'une organisation ou d'une équipe de projet. Selon les objectifs qui ont été circonscrits lors de la mise sur pied de l'IQC4.0, il convient de souligner de l'IQC4.0 tient en compte ces multiples perspectives dans le déploiement du BIM à grande échelle dans l'industrie québécoise de la construction. En effet, en œuvrant à ces échelles différentes et à l'intérieur d'un cadre bien défini et balisé, l'IQC4.0 permet d'accompagner sur la bonne voie l'industrie dans cette transformation qu'est le déploiement du BIM.

BIBLIOGRAPHIE

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

Autodesk. 2003. Building information modeling, Autodesk, San Rafael, CA

Bentley, K., et Workman, B. 2003. Does the building industry really need to start over? A response from Bentley to Autodesk's BIM/Revit proposal for the future, Bentley Systems, Exton, PA.

Boshyk, Y. et Dilworth, R.L. (Eds.) 2009, "Action Learning: History and Evolution", Basingstoke, U.K.: Palgrave Macmillan

Building Smart Canada. 2017. « le Manuel de pratique canadien pour la MDB », Canada Récupéré à <https://www.buildingsmartcanada.ca/fr/activites/manuel-de-pratique-bim-canadien/>

Bush, R. et Robinson, M. 2018, "Developing a BIM Competency Framework: Research et Key Principles", Scottish Futures Trust, CITB, Construction Scotland Innovation Centre, Récupéré en ligne à <https://www.scottishfuturestrust.org.uk/storage/uploads/bimcompetencyframeworkresearchjul18.pdf>

CIDB, myBIM, et malaysia, Ministry of Works. 2016. BIM GUIDE 3: ADOPTION. Repéré à <https://www.mybimcentre.com.my/download/bim-guide-3/>

Coghlan, D., Brannick, T., 2001, "Doing Action Research In Your Own Organization", London: Sage Publications

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

Computer Integrated Construction Research Group (CICRG). 2013. BIM Planning Guide for Facility Owners Version 2.0. University Park. <[BIM.psu.edu](http://www.psu.edu)>.

Computer Integrated Construction Research Program (CICRG). 2012. Planning Guide for Facility Owners. University Park. <[BIM.psu.edu](http://www.psu.edu)>.

Cortina, J. M. 1993. "What is Coefficient Alpha? An Examination of Theory and Applications." *Journal of Applied Psychology* 78 (1): 98-104.

Cyon Research Corporation. 2003. The building information model: A look at Graphisoft's Virtual Building concept, White paper, Bethesda, MD.

Department of Veterans Affairs. 2010. The VA BIM Guide 1.0. Récupéré en ligne à <https://www.cfm.va.gov/til/bim/bimguide/downloads/VA-BIM-Guide.pdf>

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

Dikmen, I., M. T. Birgonul, et S. Kiziltas. 2005. "Prediction of Organizational Effectiveness in Construction Companies." *Journal of Construction Engineering and Management* 131 (2): 252-261.

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

Forgues, D., et Staub-French, S. Souha, T. Poirier, É. 2014. L'inévitable passage à la modélisation des données du bâtiment (BIM) dans l'industrie de la construction au Canada-Synthèse de trois expérimentations. *Sommaire de recherche. CEFRIQ*.

Forgues, Eva-C., 2017. Adaptation d'un modèle de maturité BIM pour les principaux intervenants de la chaîne d'approvisionnement en construction (Mémoire dissertation, École de technologie supérieure).

Handa, V., et A. Adas. 1996. "Predicting the Level of Organizational Effectiveness: A Methodology for the Construction Firm." *Construction Management and Economics* 14 (4): 341–352.

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

Institut pour le BIM au Canada. 2014, « IBC 101-2014: Annexe relative au contrat de MDB », Canada

Institut pour le BIM au Canada. 2014, « IBC 201-2014: ND, utilisations autorisées et tableau des éléments des modèles », Canada

Kaplan, R. S., et D. P. Norton. 1996. "Using the Balanced Scorecard as a Strategic Management System." *Harvard Business Review*, January–February, 1–15.

Lim, J. N., F. Schultmann, et G. Ofori. 2010. "Tailoring Competitive Advantages Derived from Innovation to the Needs of Construction Firms." *Journal of Construction Engineering and Management* 136 (5): 568–580.

Lu, W., L. Shen, et M. C. H. Yam. 2008. "Critical Success Factors for Competitiveness of Contractors: China Study." *Journal of Construction Engineering and Management* 134 (12): 972–982.

Malone, A. 2013. "Realising the Potential of BIM" National Building Specification, Royaume-Uni, Récupéré en ligne à <https://www.thenbs.com/knowledge/realising-the-potential-of-bim>

Melville, N., K. Kraemer, et V. Gurbaxani. 2004. "Review: Information Technology and Organizational Performance: An Integrative Model of IT Business Value." *MIS Quarterly* 28 (2): 283–322.

Mom, M., Tsai, M.-H., et Hsieh, S.-H. (2014). Developing critical success factors for the assessment of BIM technology adoption: Part II. Analysis and results. *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, 37(7), 859-868.

Mony Mom, Meng-Han Tsai et Shang-Hsien Hsieh (2014) Developing critical success factors for the assessment of BIM technology adoption: Part II. Analysis and results, *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, 37:7, 859-868, DOI: 10.1080/02533839.2014.888798 To link to this article: <https://doi.org/10.1080/02533839.2014.888798>

Mooney, J., V. Gurbaxani, et K. Kraemer. 1995. "A Process Oriented Framework for Assessing the Business Value of Information Technology." In *Proceedings of the 16th Annual International Conference on Information Systems*, 10–13

December 1995: 68–81. Amsterdam, The Netherlands. New York, USA: ACM SIGMIS database.

National BIM Standard. 2007. National BIM Standard - United States TM Version 2. Object Management Group (OMG). 2011. « Business Process Model and Notation (BPMN) Version 2.0 ». *Business*, vol. 50, no January, p. 170. <http://books.google.com/books?id=GjmLqXNYFS4C&pgis=1>.

NATSPEC BiM. (2011). NATSPEC National BIM Guide. Repéré à <https://bim.natspec.org/documents/natspec-national-bim-guide>

O'Brien, W. J. (2000). "Implementation issues in project web sites: A practitioner's viewpoint." *J. Manage. Eng.*, 16(3), 34–39.

Park, S. H. 2009. "Whole Life Performance Assessment: Critical Success Factors." *Journal of Construction Engineering and Management* 135 (11): 1146–1161.

Poirier, E., Staub-French, S., et Forgues, D. (2015). Embedded contexts of innovation: BIM adoption and implementation for a specialty contracting SME. *Construction Innovation*, 15(1), 42-65.

Porter, M. E. 1980. *Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors*. New York: Free Press.

Porter, M. E. 1985. *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. New York: Free Press.

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

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

Succar, B., Sher, W., et Williams, A. (2012). Measuring BIM performance: Five metrics. *Architectural Engineering and Design Management*, 8(2), 120-142.

Succar, B., Sher, W., et Williams, A. (2013). An integrated approach to BIM competency assessment, acquisition and application. *Automation in Construction*, 35, 174-189.

Succar, B., et Kassem, M. (2015). Macro-BIM adoption: Conceptual structures. *Automation in Construction*, 57, 64-79.

Won, J., Lee, G., Dossick, C., et Messner, J. (2013). Where to focus for successful adoption of building information modeling within organization. *Journal of Construction Engineering and Management*, 139(11), 04013014.

Yu, I., K. Kim, Y. Jung, et S. Chin. 2007. “Comparable performance measurement system for construction companies.” *Journal of Management in Engineering* 23 (3): 131–139.

Crédits

ÉQUIPE DE RÉDACTION :

Erik A. Poirier, PhD, M.Eng., B.Sc.Arch.

Nawel Lafioune, M.Sc., M.Arch.

Éva-Charlotte Forgues, M.Sc., M.Arch

Virginie Duceppe, PhD

EN COLLABORATION AVEC :



Bilal Succar, PhD

Directeur, ChangeAgents AU

Fondateur, Initiative BIM Excellence

GRAPHISME :

Marie-Ève Bissonnette Charland



CONSTRUCTIONNUMERIQUE.CA