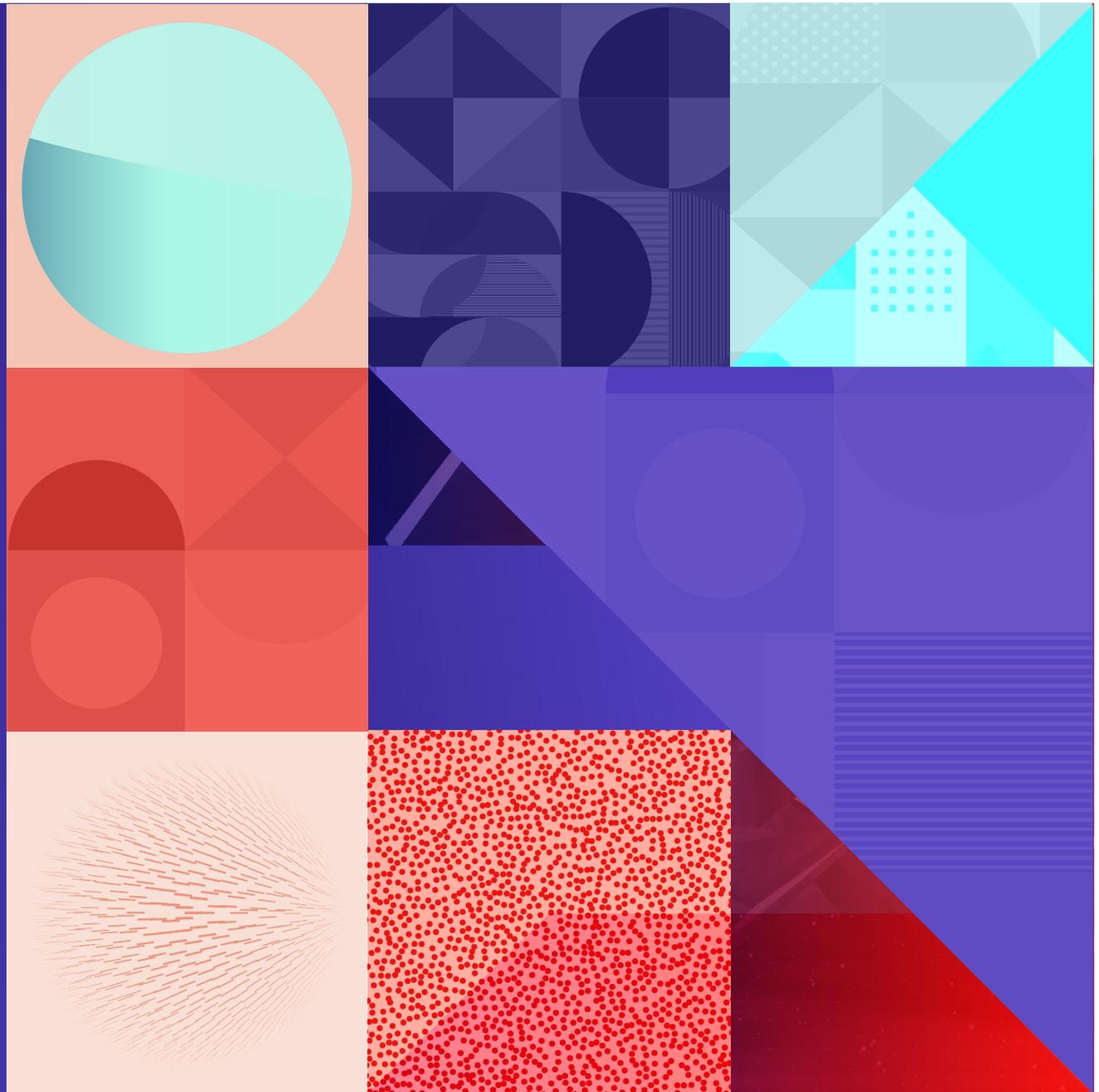


NOVEMBRE 2020

# Guide

INTRODUCTION  
À LA GESTION  
DES ACTIFS  
FACILITÉE PAR  
LA MODÉLISATION  
DES DONNÉES DU  
BÂTIMENT (BIM)



GRIDD

GROUPE DE RECHERCHE  
EN INTÉGRATION ET DÉVELOPPEMENT DURABLE  
EN ENVIRONNEMENT BÂTI

# Crédits

## ÉQUIPE DE RÉDACTION :

Ali Motamedi, PhD, Professeur agrégé

Mathieu Robitaille, DESS Gestion, B.Sc.Arch., CAPM

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

Daniel Forgues, PhD, Professeur titulaire

VERSION 1.1 - NOVEMBRE 2020

**GRIDD**

GRUPE DE RECHERCHE  
EN INTÉGRATION ET DÉVELOPPEMENT DURABLE  
EN ENVIRONNEMENT BÂTI

EN PARTENARIAT

**ÉTS**  
Le génie pour l'industrie

**CERACQ**  
Centre d'études et de recherches  
pour l'avancement de la construction au Québec

**BIM** Québec  
POUR UN  
ENVIRONNEMENT  
BÂTI NUMÉRIQUE  
AU QUÉBEC

# Sommaire exécutif

## Sommaire exécutif

L'intégration de la modélisation des données du bâtiment (BIM) dans l'industrie de la construction a pour effet d'introduire des changements importants dans les processus de design et de construction. Bien que communément utilisé en contexte de design et de construction des actifs, le BIM utilisé au profit de l'opération des actifs n'est pas encore une pratique largement répandue. Il s'agit pourtant de la phase pour laquelle les bienfaits du BIM sont les plus importants. L'implantation progressive du BIM dans l'industrie de la construction est donc une circonstance opportune pour le domaine de la gestion des actifs. L'utilisation du BIM a le potentiel de devenir un point tournant dans la façon d'opérer et de maintenir les actifs immobiliers.

Bien que l'utilisation du BIM soit généralement axée sur les phases de conception et de construction, plus de 70 % de la valeur des avantages survient pendant la phase d'opération. Le BIM génère des économies de 2 % à 3 % du coût de l'actif, sur l'ensemble de son cycle de vie (Price Waterhouse Coopers LLP).

La fragmentation de l'industrie de la construction et la spécialisation des parties prenantes peut parfois nuire dans la compréhension et l'interprétation des informations véhiculées sous forme de plans, de devis, de fiches techniques ou de cahiers de charges. L'utilisation du BIM peut aider à remédier à ces problèmes de communication, de partage et de gestion de l'information en insistant sur une gestion centralisée des données liées à la planification, au design, à la construction, à l'opération et au maintien des actifs immobiliers. Il introduit des concepts de partage, de transparence et d'interopérabilité au service de la fluidité de l'information.

---

**Bien que l'utilisation du BIM soit généralement axée sur les phases de conception et de construction, plus de 70 % de la valeur des avantages survient pendant la phase d'opération. Le BIM génère des économies de 2 % à 3 % du coût de l'actif, sur l'ensemble de son cycle de vie (Price Waterhouse Coopers LLP).**

Ce guide introduit la gestion des actifs facilitée par le BIM au Québec. Il est notamment question de l'importance des données dans le domaine de la gestion des actifs pour optimiser la valeur des actifs. L'objectif du guide est d'assister les propriétaires, les opérateurs et les gestionnaires d'actifs dans leur passage à la gestion et au maintien des actifs facilité par le BIM. Le guide démontre qu'il est nécessaire que ceux-ci s'impliquent activement dans la gestion des données dès les premières phases du cycle de vie de l'actif. Il explique également l'importance d'implanter le BIM dans la phase d'opération afin de tirer profit du virage technologique qui bouleverse actuellement l'industrie de la construction.

Ce volume fait partie d'une série de guides dédiés au BIM en contexte de gestion des actifs. Le volume 1 introduit les notions de base du BIM pour la gestion des actifs (BIM FM). Le volume 2 traite de la mise en œuvre du BIM pour la gestion des actifs, ainsi que ses particularités techniques.

La première partie du volume 1 fait état des défis reliés à la gestion des actifs et à la

gestion des données dans ce contexte. L'utilité des données pour répondre aux besoins des gestionnaires est démontrée. En effet, celles-ci aident à visualiser clairement les informations en lien avec le maintien des actifs, facilitent le contrôle des événements perturbateurs qui les affectent et contribuent à la prise des décisions informées sur les actifs sur l'ensemble de leur cycle de vie.

La seconde partie du volume 1 introduit le concept du BIM et fait valoir comment sa mise en œuvre est bénéfique aux propriétaires d'actifs (lorsqu'intégrée à chacune des phases du cycle de vie de l'actif), aux opérateurs des actifs (lorsque les données issues des phases de design et de construction sont intégrées aux systèmes de gestion et d'opérations) et aux gestionnaires de l'entretien (lorsque les données sont centralisées et continuellement mises à jour).

En utilisant efficacement les données générées durant la conception et la construction des actifs, les opérateurs et les gestionnaires d'actifs peuvent en tirer profit pendant toute la période d'opération.

---

**L'objectif du guide est d'assister les propriétaires, les opérateurs et les gestionnaires d'actifs dans leur passage à la gestion et au maintien des actifs facilité par le BIM.**

# Table des matières

<b>Pour se retrouver facilement dans ce guide ..</b>	<b>2</b>
<b>1. Introduction .....</b>	<b>4</b>
1.1 À qui s'adresse ce guide? .....	6
1.2 Que retrouve-t-on dans ce guide? .....	7
<b>2. Gestion des actifs .....</b>	<b>9</b>
2.1 Les défis de la gestion des actifs .....	12
2.1.1 Optimiser le retour sur les investissements .....	12
2.1.2 Équipements complexes à gérer .....	13
2.1.3 Exigences et attentes de résultats élevées .....	13
2.2 Les défis de la gestion des données.....	15
2.2.1 Collecter et mettre à jour les données selon un processus rigoureux.....	16
2.2.2 Assurer la cohérence organisationnelle des données.....	17
2.2.3 Gérer le volume, la structure et l'accessibilité aux données.....	18
2.2.4 Améliorer le partage des données... ..	19
<b>3. Le BIM .....</b>	<b>21</b>
3.1 Qu'est-ce que le BIM?.....	21
3.2 Le jumeau numérique .....	29
<b>4. Les avantages du BIM en lien avec la réalisation des actifs .....</b>	<b>31</b>
<b>5. Les avantages du BIM en lien avec la gestion des actifs.....</b>	<b>34</b>
5.1 Retours sur investissements.....	36
5.2 Amélioration du processus de maintenance.....	36
5.3 Prévention des pertes de données.....	39
5.4 Facilitation de l'accès aux données....	41
<b>6. Cas d'usage du BIM pour la gestion des actifs .....</b>	<b>44</b>
6.1 Communication visuelle et conceptualisation.....	48
6.2 Gestion des espaces .....	49
6.3 Maintien d'actifs.....	50
6.4 Analyse de la consommation énergétique .....	53
6.5 Planification de catastrophe .....	53
6.6 Planification de la construction et gestion des déménagements .....	54
<b>7. Les défis reliés à l'utilisation du BIM pour la gestion des actifs.....</b>	<b>56</b>
7.1 La résistance au changement .....	57
7.2 Le manque d'interopérabilité .....	57
7.3 Le manque de savoir-faire .....	59
<b>8. Le BIM et l'interopérabilité des données: Introduction au BIM ouvert .....</b>	<b>61</b>
8.1 Clarifier la signification des termes utilisés (bSDD).....	63
8.2 Favoriser l'interopérabilité des données (IFC).....	63
8.3 Cadrer les processus d'échanges de données (IDM).....	65
<b>9. Conclusion.....</b>	<b>67</b>
9.1 L'industrie de la construction en changement .....	67
9.2 Le rôle des donneurs d'ouvrages et des gestionnaires d'actifs dans le virage numérique.....	67
9.3 La mise en oeuvre du BIM pour la gestion des actifs.....	67
<b>10. Bibliographie .....</b>	<b>69</b>

## Pour se retrouver facilement dans ce guide



### Concepts

#### ENCADRÉS GRIS

Les informations dans les encadrés gris visent à définir ou à préciser des notions et des concepts importants en contexte de gestion des actifs à l'aide de la modélisation des données du bâtiment.



### Exemples

#### ENCADRÉS ROUGES

Les encadrés rouges visent à donner des exemples concrets de l'application des théories décrites dans le guide. Ces zones d'informations sont utilisées pour illustrer l'application de concepts abstraits vers des contextes pratiques.



### Résumé

#### ENCADRÉS BLEUS

Les encadrés bleus résument chaque section du guide de façon succincte et énumèrent les notions importantes qui ont été abordées précédemment.



### Résultat

#### ENCADRÉS VERTS

Les encadrés verts présentent les résultats d'un sondage mené en 2019 auprès de 47 membres de l'Association des gestionnaires de parcs immobiliers institutionnels (AGPI). Ils mettent en lumière la situation courante d'utilisation du BIM pour la gestion des actifs au Québec.

# Introduction



# 1. Introduction

Ce guide introduit les notions de base de l'application du BIM (communément *building information modeling* ou *modélisation des données du bâtiment*) à la gestion d'actifs. L'appellation francophone du BIM, selon l'organisme internationale de normalisation (ISO) est désormais la «modélisation de l'information de la construction». Le guide identifie, entre autres, comment le BIM peut faire partie de la solution lorsque vient le temps d'aborder les problématiques communes auxquelles font face les gestionnaires d'actifs immobiliers au Québec.

---

**En plus d'introduire les concepts de base du BIM, ce guide expose comment l'utilisation des nouveaux outils technologiques et des nouvelles méthodes de travail amenées par le BIM peut mener à la création de nouvelles opportunités pour les propriétaires et gestionnaires d'actifs.**



## Résultat

### **PROFIL DES ACTIFS DANS LES PARCS IMMOBILIERS DE TYPE INSTITUTIONNEL AU QUÉBEC**

Les bâtiments scolaires et les établissements de santé sont les principaux types de bâtiments gérés par les répondants au sondage. L'âge moyen de ces bâtiments est de 39 ans.

Le taux de mise en oeuvre du BIM à un moment ou à un autre au cours de leur cycle de vie est très bas. Les parcs immobiliers institutionnels québécois qui utilisent le BIM pour la gestion des actifs sont inexistantes.

---

*Motamedi et Forgues, 2018*

Les propriétaires d'actifs, les gestionnaires des opérations d'actifs et les équipes de maintien partagent des objectifs stratégiques, comme de répondre aux besoins des occupants. Leurs tâches et leur degré d'implication au cours du cycle de vie de l'actif immobilier varient toutefois en fonction de leurs objectifs opérationnels respectifs (efficacité des opérations, durabilité du bâtiment, responsabilité environnementale, rentabilité du projet, etc.). Ce guide concerne la gestion d'actifs dans son ensemble et couvre toutes les activités pouvant contribuer à créer de la valeur à partir de l'actif.



## Concepts

### GESTION D'ACTIFS

- **Selon ISO 55000** : La **gestion d'actifs** concerne les activités coordonnées d'un organisme dans le but de créer de la valeur à partir d'actifs.
- La **gestion d'actifs** vise donc à créer de la valeur et à atteindre les objectifs d'affaires d'une organisation. Le concept de valeur varie d'une organisation à l'autre. La **gestion des actifs** doit donc viser à optimiser les ressources disponibles en fonction des objectifs stratégiques établis.
- Termes communs utilisés au Québec pour signifier la création de valeur à partir d'actifs: gestion d'actifs, gestion immobilière, gestion des actifs immobiliers, gestion des installations, *facilities management*, gestion d'espaces, gestion des immeubles, gestion des infrastructures, gestion de la maintenance, maintien d'actifs, service de l'équipement, opération immobilière, gestion des opérations, etc.

## 1.1 À qui s'adresse ce guide?

Ce guide a été conçu à l'attention des:

1. **Propriétaires immobiliers**
2. **Gestionnaires des opérations immobilières**
3. **Équipes de maintien des actifs**



### Résultat

#### PROFIL DES RESPONSABLES D'ACTIFS DE TYPE INSTITUTIONNEL AU QUÉBEC

La majorité des gestionnaires de parcs immobiliers institutionnels sondés au Québec sont très expérimentés; 88% d'entre eux ont plus de 10 ans d'expérience et 87% possèdent un baccalauréat ou un diplôme de cycle supérieur.

La majorité des répondants au sondage ont indiqué avoir déjà entendu parler du BIM sans toutefois connaître l'ampleur du potentiel ou en comprendre les mécanismes. En effet, seuls 45% des hauts gestionnaires se considèrent comme étant familiers avec le BIM.

Selon le sondage, ce sont les gestionnaires issus des municipalités et des agences fédérales qui ont le plus de connaissances en lien avec le BIM. Les organisations chargées de portfolios de taille moyenne (entre 501 000 et 2 millions de pieds carrés) sont généralement les plus informées au niveau de l'utilisation du BIM dans l'industrie de la construction.

---

*Motamedi et Forgues, 2018*

## 1.2 Que retrouve-t-on dans ce guide?

Le guide d'introduction à la gestion des actifs facilitée par le BIM aborde le défi que représente la gestion des données du bâtiment. En contexte de projet BIM, cette gestion s'étend de la conception jusqu'au démantèlement de l'actif, en passant par la construction, l'opération et le maintien du projet de construction. Cependant, ce guide s'attarde exclusivement à la phase d'opération et de maintien des actifs.

Chaque section du guide vise à expliquer les concepts théoriques et pratiques de la gestion des données numériques (ISO 19650) et à promouvoir l'intégration stratégique de celles-ci dans le processus de gestion des actifs (ISO 55000). Parmi les grands thèmes abordés, il y a:

- Les défis reliés à la gestion des données au service de la gestion des actifs;
- L'utilisation du BIM dans l'industrie de la construction;
- Le BIM au service de la gestion des actifs;
- Des exemples d'applications du BIM à la gestion des actifs.

# Gestion des actifs

## 2. Gestion des actifs

La norme ISO 55000 définit un actif comme étant «un item ou une chose qui possède une valeur potentielle ou réelle aux yeux d'un organisme». Dans le cadre de ce guide, le terme «actif» se limite aux biens immobiliers ainsi qu'aux éléments et aux équipements qui les composent. Une bonne gestion des actifs repose sur l'efficience et l'efficacité de la maintenance. La maintenance est un processus routinier récurrent, qui consiste à maintenir en état normal un actif particulier, afin qu'il puisse fournir la performance ou le service attendu, sans perte ni dommages (Elbeltagi et al., 2016). Gérer la maintenance consiste donc à établir des stratégies pour planifier les interventions, surveiller l'état d'usure des actifs et contrôler les

dépenses encourues pour le maintien de la performance des actifs. Pour être efficace, cette gestion doit avoir accès à des données de qualité, provenant de multiples sources.

---

### **Planifier la gestion des actifs sur l'ensemble du cycle de vie d'un bâtiment permet d'assurer le maintien des actifs tout en assurant la viabilité économique du projet**

*Giglio et al., 2018*

Planifier la gestion des actifs sur l'ensemble du cycle de vie d'un bâtiment permet d'assurer le maintien des actifs tout en assurant la viabilité économique du projet (Giglio et al., 2018). L'objectif des gestionnaires d'actifs est de fournir aux utilisateurs un environnement sûr, sain, efficace et qui répond aux besoins de l'ensemble des parties prenantes. Ceci faisant, les gestionnaires créent de la valeur en assurant la performance des actifs immobiliers (Love et al., 2014). Au cœur de la gestion des actifs se retrouvent les données (Pantelias et al., 2009). Elles permettent notamment de:

- Prendre des décisions informées sur les actions à prendre concernant le maintien des actifs;
- Suivre avec précision l'état des installations afin d'identifier les sources d'inefficacité des opérations;
- Être à l'affût des besoins des usagers afin de répondre à leurs attentes;
- Contrôler l'inventaire des équipements de façon précise afin d'estimer adéquatement les coûts de réparation ou de remplacement des composantes, ainsi que les coûts de maintenance.

---

**Les données à être archivées, utilisées et mises à jour lors de la phase opérationnelle d'un actif immobilier doivent être ciblées selon les usages et les objectifs stratégiques des gestionnaires.**



### Exemples

#### EXEMPLE: DONNÉES UTILISÉES DANS LE CADRE DE LA GESTION D'ACTIFS

Parmi les types de données utilisées pour la gestion des actifs, nous retrouvons les données en lien avec les caractéristiques physiques des actifs, les données financières en lien avec les coûts d'installation et d'entretien des actifs, les données d'état des actifs, les données temporelles en lien avec l'historique des actifs et les jalons à venir, les risques associés aux opérations et au maintien, etc. Les données à être archivées, utilisées et mises à jour lors de la phase opérationnelle d'un actif immobilier doivent être ciblées selon les usages et les objectifs stratégiques des gestionnaires.

Par exemple, pour un bâtiment institutionnel, il peut être utile d'utiliser les données suivantes:

- Année de construction du bâtiment;
- Année de fabrication des composants;
- Facteurs isolants des composants;
- Durée de vie des composants;
- Superficie des pièces;
- Superficie des surfaces;
- Dimensionnement des équipements mobiles;
- Types de matériaux;
- Coûts de construction des matériaux;
- Coûts de remplacement des matériaux;
- Coûts de réparation des matériaux;
- Quantité des éléments;
- Localisation des éléments;
- Quantité d'éléments endommagés.

Les données sont produites principalement durant les phases de conception et de construction. Elles sont mises à jour tout au long de la phase d'opération.

Les données produites lors de la conception et de la construction serviront de base pour les données de maintien et d'opération. Celles-ci serviront aux systèmes informatisés de gestion des bâtiments durant la phase d'opération.



### Concepts

#### **DONNÉES OU INFORMATION?**

Dans un contexte de gestion des données, il est essentiel de distinguer deux notions souvent confondues; les données et l'information.

La donnée est un renseignement brut et hors contexte. L'information est formée de données qui ont été contextualisées. L'interprétation des données permet de leur conférer une valeur ajoutée. C'est en utilisant la donnée qu'on lui octroie une valeur (Säynäjoki et al., 2017).



### Exemples

#### **EXEMPLE: DONNÉE VS INFORMATION**

Une cloison extérieure est composée de différents matériaux (données). Chacun de ces matériaux est dimensionné (données) selon les spécifications de l'architecte. Les produits utilisés possèdent des propriétés physiques (données) qui dépendent de la méthode de fabrication du fournisseur.

La compilation de ces données, provenant de différentes parties prenantes, permet d'extraire des informations, telles que la valeur de résistance thermique effective (RSI) de la cloison. Cette information servira à assurer, entre autres, le confort thermique des utilisateurs du bâtiment. Si une de ces cloisons extérieures venait à être modifiée lors d'opérations de maintien du bâtiment, il serait nécessaire de mettre à jour les données, sans quoi, l'information deviendrait désuète et sans valeur.

## 2.1 Les défis de la gestion des actifs

### 2.1.1. OPTIMISER LE RETOUR SUR LES INVESTISSEMENTS

Les gestionnaires d'actifs cherchent à optimiser les paramètres qui influencent les retours sur investissements. Les coûts, le temps dédié à la réalisation des tâches, la qualité des ressources, les risques associés aux opérations et au maintien, ainsi que l'ampleur des moyens utilisés pour atteindre les objectifs doivent donc être contrôlés de manière à atteindre des objectifs financiers et un seuil de fiabilité acceptable.

Augmenter la fiabilité des actifs sans toutefois augmenter le coût des opérations peut initialement sembler difficile à atteindre (Osztermayer, J. et al., s.d.). Cependant, tel qu'illustré par la figure 1, il est possible de maintenir l'équilibre entre les frais d'opération et la fiabilité croissante des actifs par l'entremise de la gestion des données, qui sert de pivot pour l'optimisation des ressources, la réduction du gaspillage et la prise de décisions mieux informées.

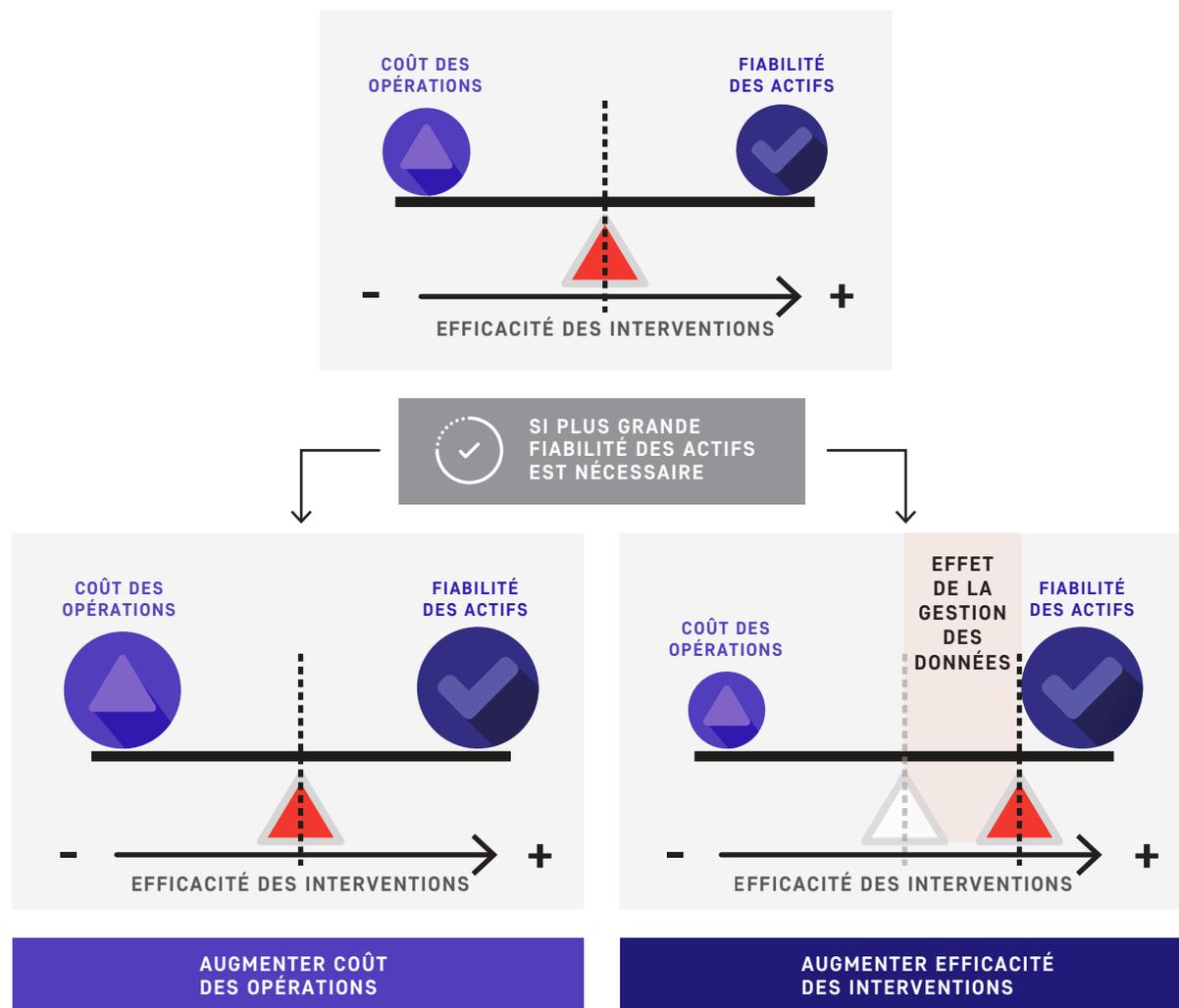


Figure 1: La gestion des données au service de l'atteinte d'objectifs apparemment conflictuels

La gestion efficace des données implique l'acquisition des données pertinentes au projet, la mise en place d'un processus éprouvé de traitement et d'échange des données et

d'assurer la compréhension de celles-ci par leur visualisation et leur mise en contexte. Une meilleure gestion des données augmente l'efficacité des interventions.

### **2.1.2. ÉQUIPEMENTS COMPLEXES À GÉRER**

Les systèmes et les équipements qui se retrouvent dans le bâtiment sont de plus en plus complexes en raison notamment des cibles de performances accrues. La formation des professionnels responsables de l'entretien de ces équipements est un défi qui exige de plus en plus de ressources (Shen, Z. et al., 2012). Il est d'ailleurs difficile d'optimiser la performance de ces systèmes et de ces équipements étant donnée le nombre de paramètres et de facteurs qui entrent en ligne de compte dans leur calibration et leur opération courante.

Présentement, les systèmes plus complexes dans les bâtiments sont gérés avec des systèmes de gestion de bâtiment (Building management systems - BMS) ou systèmes d'automatisation de bâtiments (building automation systems - BAS). Ces solutions sont souvent implantées en silos, ce qui limite leur potentiel.

### **2.1.3. EXIGENCES ET ATTENTES DE RÉSULTATS ÉLEVÉES**

Il est reconnu que la gestion des actifs soutient bien plus que des objectifs purement opérationnels. L'importance stratégique grandissante des actifs au sein des objectifs d'affaires a pour effet de mettre de la pression sur les gestionnaires d'actifs (Tay et al., 2001) afin que ceux-ci contribuent davantage aux objectifs économiques des propriétaires immobiliers. De plus, les promesses de la technologie et de la gestion des données rehaussent les attentes des propriétaires envers les opérateurs afin que ceux-ci contribuent davantage à la création de valeur et augmentent les retours sur investissements.

Les attentes des propriétaires envers la technologie et envers les pratiques de gestion des actifs facilitées par les technologies ne sont cependant pas toujours réalistes. Il

y a parfois une incompréhension en ce qui concerne l'effet réel de la technologie dans le domaine de la gestion des actifs. Notamment, il existe un fossé important entre l'efficacité de l'utilisation des données dans un contexte de gestion traditionnelle versus un contexte de gestion renouvelé (Vass et al., 2017). En effet, la technologie n'est pas le facteur ayant le plus d'impact lors de l'implantation d'un processus de gestion des actifs qui est facilité par les technologies de l'information. Il s'agit plutôt des processus de travail, la normalisation des pratiques et la gestion du changement qui sont les facteurs qui ont le plus d'incidence sur l'atteinte des objectifs de la gestion des actifs (Crawford et al., 1997). Ceux-ci sont au coeur des considérations de mise en oeuvre du BIM et seront discutés plus loin dans ce document.

## 2.2 Les défis de la gestion des données

Gérer les données issues d'un processus souvent fragmenté comme un projet de construction présente de nombreux défis. La valeur des données utilisées dans le contexte de la gestion des actifs est tributaire de leur qualité. Il est fréquent que la qualité des données soit inadéquate puisque leur usage n'est pas toujours pris en compte au-delà de la phase de construction.



### Concepts

#### LA QUALITÉ D'UNE DONNÉE

30% du contenu des manuels d'opération contient des erreurs sous une forme ou une autre (East, E. and Nisbet, N. 2010).

La notion de qualité des données englobe plusieurs facteurs, dont:

- **La disponibilité et l'accessibilité de la donnée**, soit d'assurer que les bonnes données soient accessibles aux bonnes personnes au bon moment;
- **La complétude**. Ceci fait aussi bien référence aux données manquantes qu'aux données excessives et non nécessaires (la pertinence);
- **La précision quantitative**. Les données utilisées doivent être fidèles à la réalité;
- **La précision thématique**. Ceci fait référence à la classification des éléments et la justesse des données;

- **La cohérence**. Ceci fait référence à la logique de présentation des données et comment les informations ne doivent pas se dédoubler ou se contredire;
- **La conformité**. Les données doivent correspondre au format exigé de façon à assurer l'interopérabilité de celles-ci avec les systèmes d'opération;
- **La compréhension**. Ce facteur fait référence à la capacité de lier la donnée à une caractéristique ou un état physique d'un objet réel.

Plusieurs auteurs ont abordé le sujet des facteurs d'influence qui affectent la qualité des données. La description des facteurs et leur quantité varie d'un auteur à l'autre. La lecture de leurs ouvrages est recommandée pour en apprendre davantage (Ariza-López et al., 2015; Zadeh et al., 2017; Assaf et al., 2012; Kasprzak et al., 2013; Motamedi et al., 2018, PAS 1192-3, ISO 8000:2016).

Il est important de contrôler la qualité des données puisque celles-ci composent l'information qui servira à prendre des décisions en lien avec la gestion. La fragmentation de l'industrie et la multiplicité des sources de données font en sorte qu'il est nécessaire de considérer l'ensemble des sources au moment d'effectuer l'évaluation de la qualité de l'information provenant du système (Zadeh et al., 2017). La figure 2 illustre que les connaissances appliquées et les résultats quantifiables de la gestion des actifs reposent ultimement sur l'opération des données et sur la qualité de celles-ci.

Les aspects suivants doivent être considérés avec attention afin d'améliorer la qualité des données et contribuer à la performance de leur gestion sur l'ensemble du cycle de vie de l'actif.

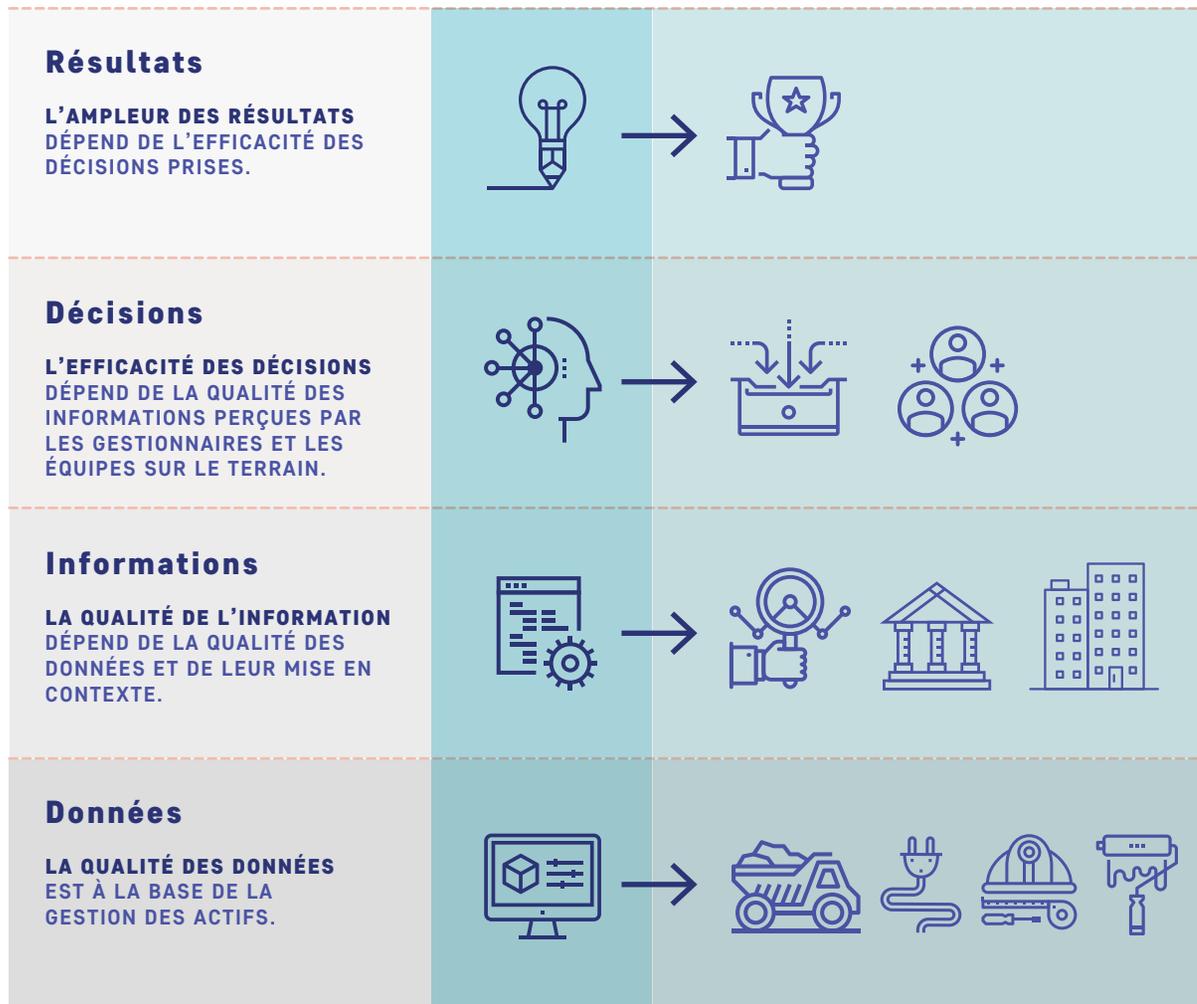


Figure 2: La dépendance du processus décisionnel à la qualité des données

### **2.2.1. COLLECTER ET METTRE À JOUR LES DONNÉES SELON UN PROCESSUS RIGOUREUX**

La saisie de données dans un système de gestion d'actif permet de contextualiser ces données et d'en extraire de l'information. Il s'agit d'une étape importante pour en arriver à visualiser, catégoriser et mettre à jour les informations. La mise à jour continue des données permet de situer et d'identifier les événements perturbateurs qui peuvent menacer l'intégrité du bâtiment (Succar and Sher, 2013; Araszkiwicz, 2017). Ça permet également de préserver l'historique des actifs et comprendre la chronologie des événements qui influencent les politiques décisionnelles en lien avec la gestion des opérations.

Cependant, les processus de capture et de mise à jour des données sont souvent inexistantes ou négligés au sein des organisations. Sans protocole, des erreurs potentiellement coûteuses peuvent découler de la capture erronée de nouvelles données ou de l'absence de mises à jour, créant ainsi des problèmes de complétude. En effet, collecter des données de formats divers et provenant de sources multiples affecte les flux de données et compromet la précision de celles-ci. Le manque de données peut également être causé par des demandes mal formulées, par des pertes survenues lors de transferts mal orchestrés ou par une organisation déficiente de l'information.

---

**La saisie de données dans un système de gestion d'actif permet de contextualiser ces données et d'en extraire de l'information. Il s'agit d'une étape importante pour en arriver à visualiser, catégoriser et mettre à jour les informations.**

### 2.2.2. ASSURER LA COHÉRENCE ORGANISATIONNELLE DES DONNÉES

L'absence de normes, de standards d'archivage et de nomenclature rend la navigation des bases de données laborieuse (Angle, A., 2014). La figure 3 illustre les conséquences qu'une structuration inadéquate de la donnée peut avoir sur la qualité. Cette figure démontre que l'organisation déficiente des dossiers ne permet pas nécessairement de trouver instinctivement la donnée recherchée. La nomenclature des fichiers ne permet pas de connaître leur contenu et leur format n'est pas standardisé, complexifiant ainsi la consultation des données et compromettant potentiellement leur qualité.

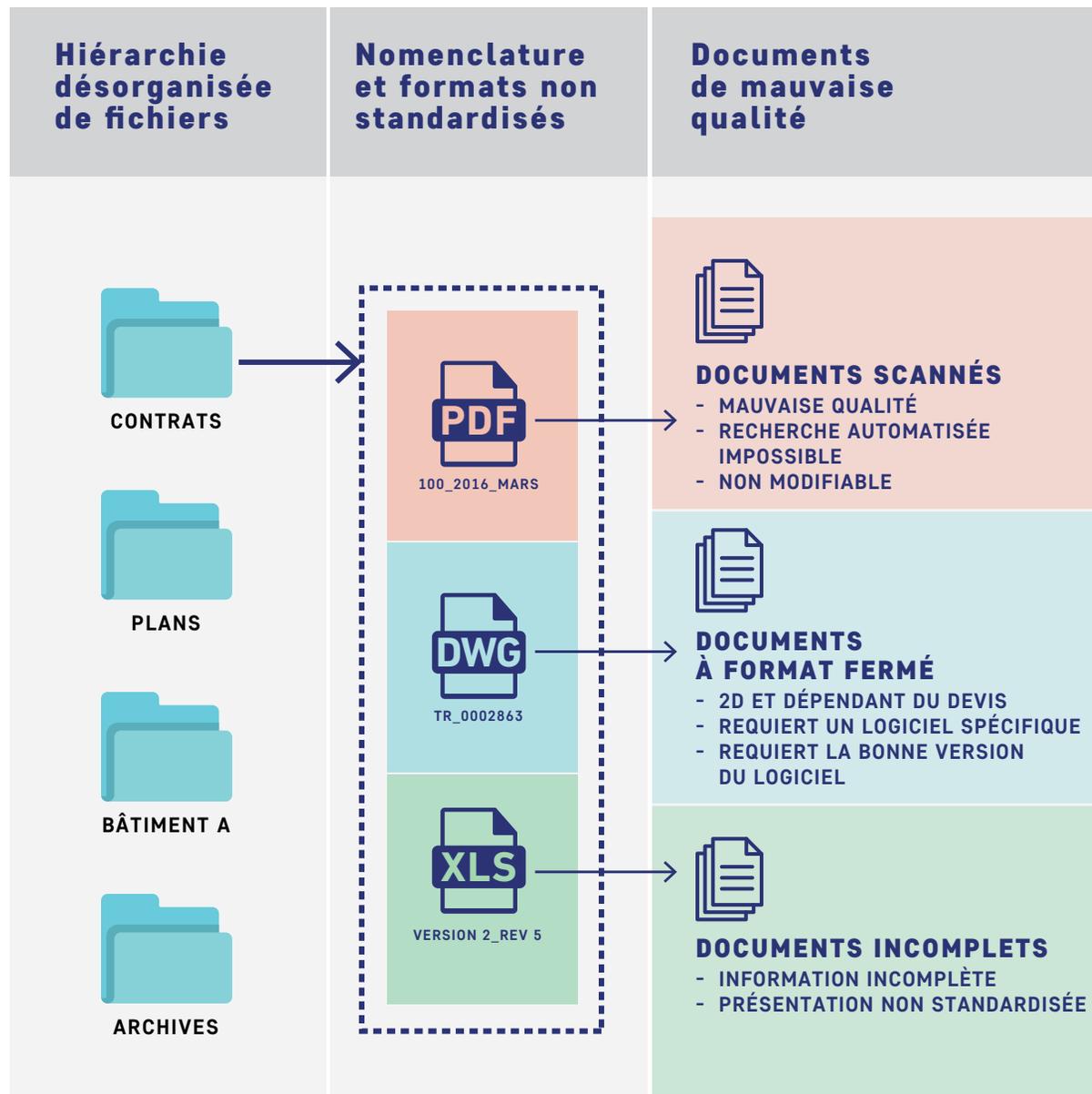


Figure 3: Facteurs influençant la qualité des données

Une mauvaise organisation des données peut résulter en une perte d'efficacité opérationnelle. L'organisation chaotique des données peut nécessiter beaucoup de temps pour retrouver et vérifier l'information issue d'activités antérieures. L'état des actifs, le statut des pièces de rechange, le contenu des contrats ou la situation financière d'un projet sont souvent des données disparates et difficiles à localiser. De plus, lorsque les données recherchées sont identifiées, il peut arriver que celles-ci soient désuètes, incomplètes ou non consultables. L'absence ou la mauvaise qualité de la donnée peut conduire à un dépassement des budgets d'entretien, une inefficacité de la gestion des opérations et une mauvaise réponse aux demandes des clients et des usagers. Ceci est d'autant plus vrai lors de la mise en service des équipements, qui est une opération laborieuse et sujette aux erreurs lorsque les données sont incomplètes et disséminées dans une multitude d'emplacements.

### **2.2.3. GÉRER LE VOLUME, LA STRUCTURE ET L'ACCESSIBILITÉ AUX DONNÉES**

La quantité de données qu'il est possible de recueillir lors de la réalisation d'un projet est énorme. Il n'est pas nécessairement utile de récolter toutes les données disponibles, mais il est important de pouvoir stocker, sécuriser et accéder aux données clés. Ces dernières sont celles qui répondent aux spécifications et aux exigences du projet. L'objectif d'une bonne gestion est de maximiser la valeur de la donnée en assurant sa qualité et en éliminant les redondances et les sources d'erreurs.

Le format des données, exigé lors de la livraison de l'actif, doit être choisi avec soin puisque l'accès et l'utilisation des données en dépendent. Celles-ci doivent être compatibles avec les systèmes de gestion de la maintenance assistée par ordinateur (GMAO) afin de faciliter les processus de travail des gestionnaires.

L'accessibilité des données fait référence à la capacité qu'ont les parties prenantes impliquées dans la conception, la construction ou l'opération des actifs de les consulter. Il s'agit d'un facteur important qui affecte l'efficacité de la gestion des données (Alreshidi et al., 2017). Le niveau d'accessibilité des données peut être influencé par leur emplacement (serveur local, disque dur ou serveur infonuagique), mais également par le processus utilisé pour les transférer ou les partager. L'accessibilité peut aussi faire référence à la facilité de comprendre et d'interpréter la donnée. C'est pourquoi la qualité de la présentation des données, et la méthode choisie pour les communiquer, sont des facteurs d'importance qui influencent la qualité de l'information (Bossé et al., 2019).

## 2.2.4. AMÉLIORER LE PARTAGE DES DONNÉES

Le partage de données au cours du cycle de vie d'un actif immobilier est une tâche complexe due au grand nombre de parties prenantes et au fait que celles-ci ont souvent tendance à changer. De nombreuses données sont donc perdues lors des transferts. La multiplicité des sources de données peut, par exemple, engendrer des redondances et des contradictions lors de la mise en commun de leurs données. Pour remédier à ces problèmes, les données exigées par le donneur d'ouvrage doivent être clairement définies et le processus de partage des données doit être communiqué à toutes les parties prenantes du projet.

L'intégration du BIM à la gestion des actifs met en lumière l'importance des enjeux liés à la gestion des données. Comme discuté dans la prochaine section, lorsque bien mise en oeuvre, la gestion des données promet aux gestionnaires d'actifs des gains considérables.



### Résumé

#### GESTION DES ACTIFS

##### LES DÉFIS RELIÉS À LA GESTION DES ACTIFS SONT :

- La recherche de performance en ce qui concerne le retour sur investissement:
  - Optimisation de la valeur des actifs tout en réduisant les coûts du processus d'opération.
- La livraison, la gestion et l'entretien d'équipements complexes:
  - Formation longue et coûteuse des opérateurs;
  - Mise en service et maintien parfois laborieux.
- Répondre aux besoins de propriétaires d'actifs qui sont de plus en plus exigeants:
  - Attention grandissante au rôle stratégique de la gestion des actifs;
  - Attentes parfois mal alignées avec la réalité terrain des nouvelles pratiques et des technologies.

##### LES DONNÉES SONT UTILISÉES POUR RÉPONDRE À CES DÉFIS ET AIDER LES GESTIONNAIRES À :

- Prendre des décisions informées;
- Visualiser des informations en lien avec le maintien des actifs;
- Contrôler les événements perturbateurs affectant les actifs;
- Archiver l'évolution des actifs sur l'ensemble de leur cycle de vie.

##### LES DÉFIS RELIÉS À LA GESTION DES DONNÉES SONT :

- La qualité des données :
  - La traçabilité;
  - La complétude;
  - La précision quantitative;
  - La précision thématique;
  - La non-redondance;
  - La conformité de format.
- Les processus d'utilisation des données:
  - La collecte et la mise à jour des données;
  - La cohérence organisationnelle des données;
  - La gestion du volume des données;
  - Le transfert et le partage des données.

# Le BIM

# 3. Le BIM

## 3.1 Qu'est-ce que le BIM?

Un *modèle BIM* est «une représentation numérique des caractéristiques physiques et fonctionnelles d'une installation». Ce modèle sert de source de connaissance partagée à propos d'un actif. C'est une base de données fiable qui est utile aux prises de décisions concernant la gestion de l'actif, et ce, tout au long de son cycle de vie (NBIMS-US, 2008). Toute information non graphique est liée à un objet géométrique contenu dans le modèle 3D. Toutes les données du modèle BIM sont liées entre elles et aisément accessibles par les parties prenantes, en fonction de leurs droits et de leurs besoins.

La figure 4 illustre comment chaque partie prenante nécessite de l'information en provenance des autres parties prenantes. Le modèle BIM contient l'information qui est nécessaire d'être partagée afin de répondre aux besoins des parties prenantes.

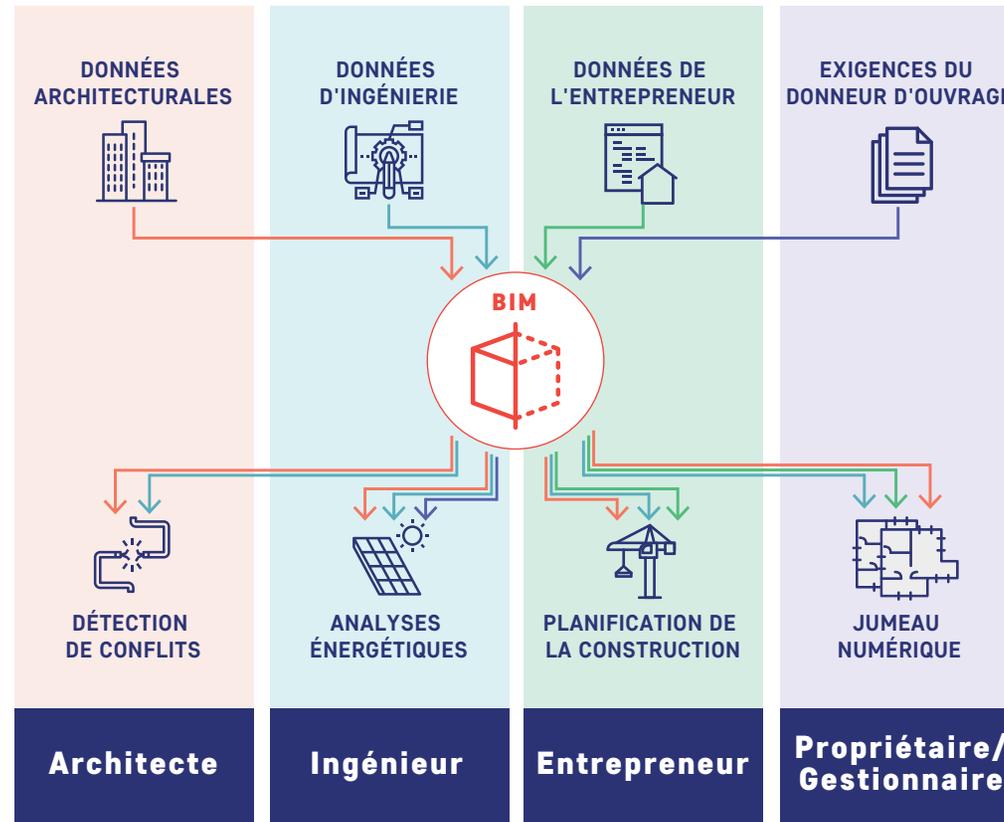


Figure 4: Le partage des sources de connaissances

**Concepts**

**TYPES DE REPRÉSENTATIONS DE L'INFORMATION**

Il existe trois façons de représenter l'information dans le cadre d'un projet BIM:

- Sous forme de documentation (guides, fiches techniques, etc.);
- Sous forme de données;
- Sous forme de modèles (données géométriques, non géométriques et paramétriques).

Succar et Poirier, 2020

La figure 5, ci-contre, illustre comment le modèle BIM est utilisé lors de toutes les phases du cycle de vie de l'actif. Les données provenant du modèle BIM sont traitées pour générer des visualisations destinées à la réalisation des tâches par les différentes parties prenantes. Cette information contribue à optimiser le travail lors des différentes phases du cycle de vie de l'actif. Le BIM permet ainsi à chaque collaborateur de visualiser l'information d'un point de vue adapté à ses compétences et à ses besoins.

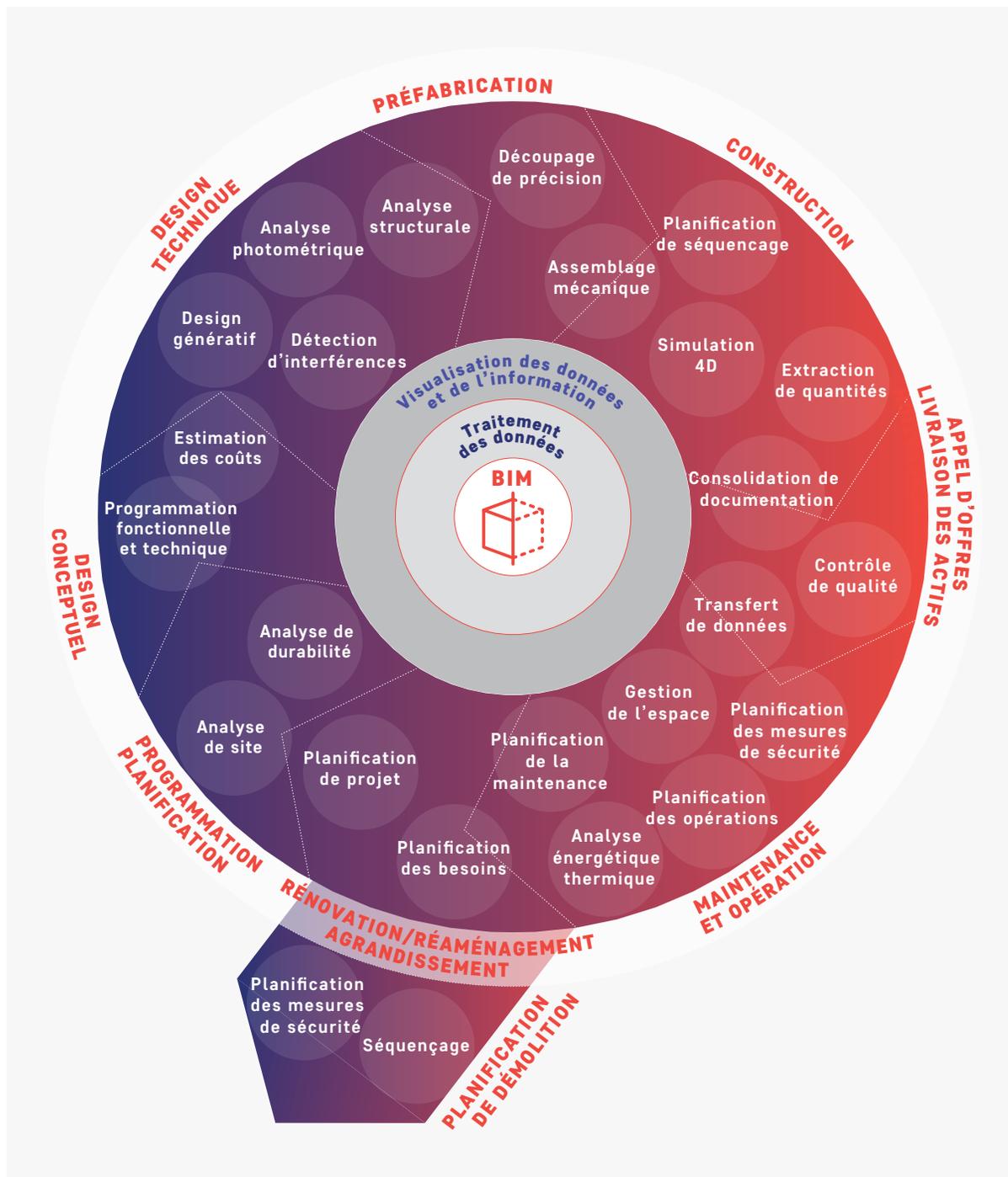


Figure 5: Les phases du cycle de vie d'un actif bénéficiant du BIM

La *modélisation BIM* est le processus de création de modèles d'informations qui contiennent les données géométriques et non géométriques d'un actif bâti. Ces données proviennent de plusieurs sources. La mise en commun des données permet de compléter et de contextualiser l'information qui s'y rapporte, ayant un effet de création de valeur. La figure 6, ci-contre, illustre le procédé de contextualisation et de mise en valeur des données d'un projet BIM. Les données en provenance des parties prenantes sont réunies au sein d'un modèle d'information du bâtiment (BIM). Ces données peuvent être extraites et contextualisées à l'aide d'outils de visionnement afin d'en tirer des informations utiles qui ont le potentiel d'augmenter la valeur perçue du projet.

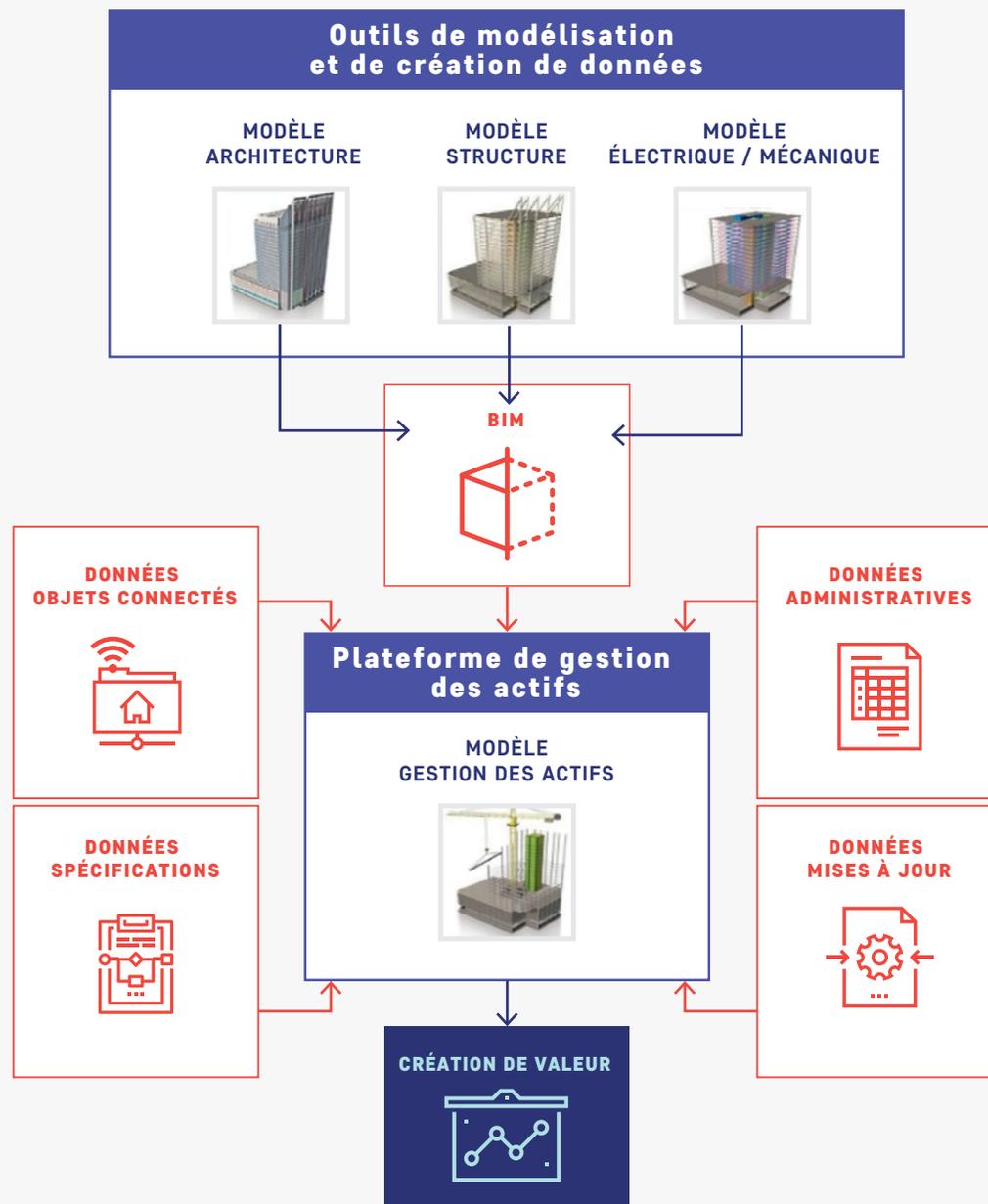


Figure 6: La création de valeur par la mise en commun des données pour la gestion des actifs

Les données sont parfois contenues dans un Environnement de Données Commun (Common Data Environment, CDE). Selon ISO, un CDE est défini comme étant une «source convenue d'information sur un projet ou un actif donné, utilisée pour collecter, gérer et diffuser chaque conteneur d'information par le biais d'un processus géré» (ISO 19650-1: 2018). L'utilisation d'un CDE facilite la collaboration entre parties prenantes en permettant l'accès aux données partagées à des fins de coordination avec l'ensemble de la chaîne de valeur du projet, sur toute la durée de son cycle de vie (Vlasák et al., 2019).

L'implantation du BIM dans le milieu de la construction implique un changement de paradigme au niveau de la gestion des données et une partie de ce changement est due à l'utilisation d'un CDE. Traditionnellement, «les gestionnaires de projets et les entrepreneurs utilisent différentes plateformes non synchronisées. Par conséquent, il n'existe pas de source unique offrant une vue intégrée en temps réel de la conception, des coûts et du calendrier du projet» (McKinsey & Co, 2016). Lorsque les données sont partagées via un CDE, elles deviennent, en quelques sortes, «source de vérité» pour les paramètres applicables au projet.



## Concepts

### GESTION DE LA SOURCE DE «VÉRITÉ»

Comme illustré dans la figure 7, la pratique traditionnelle de gestion des données ne permet pas nécessairement d'identifier avec précision quelles versions sont les plus à jour. En effet, le transfert de fichiers fait circuler plusieurs versions d'un même document au sein de l'équipe projet. Avec cette méthode, les professionnels risquent de coordonner leurs fichiers respectifs avec des versions erronées des fichiers provenant des autres professionnels. L'utilisation d'un modèle BIM de référence commune, partagé au sein d'un CDE, permet de mitiger ce risque grâce au partage de données mises à jour via une source unique accessible à toutes les parties prenantes.

Ce processus permet d'assurer la véracité des données utilisées lors de l'opération et du maintien de l'actif. Alors que le processus traditionnel de livrables implique des échanges de fichiers et de documents, le processus BIM implique plutôt un partage de données via une plateforme commune. La modification des données est uniquement permise par la partie prenante qui en est responsable.

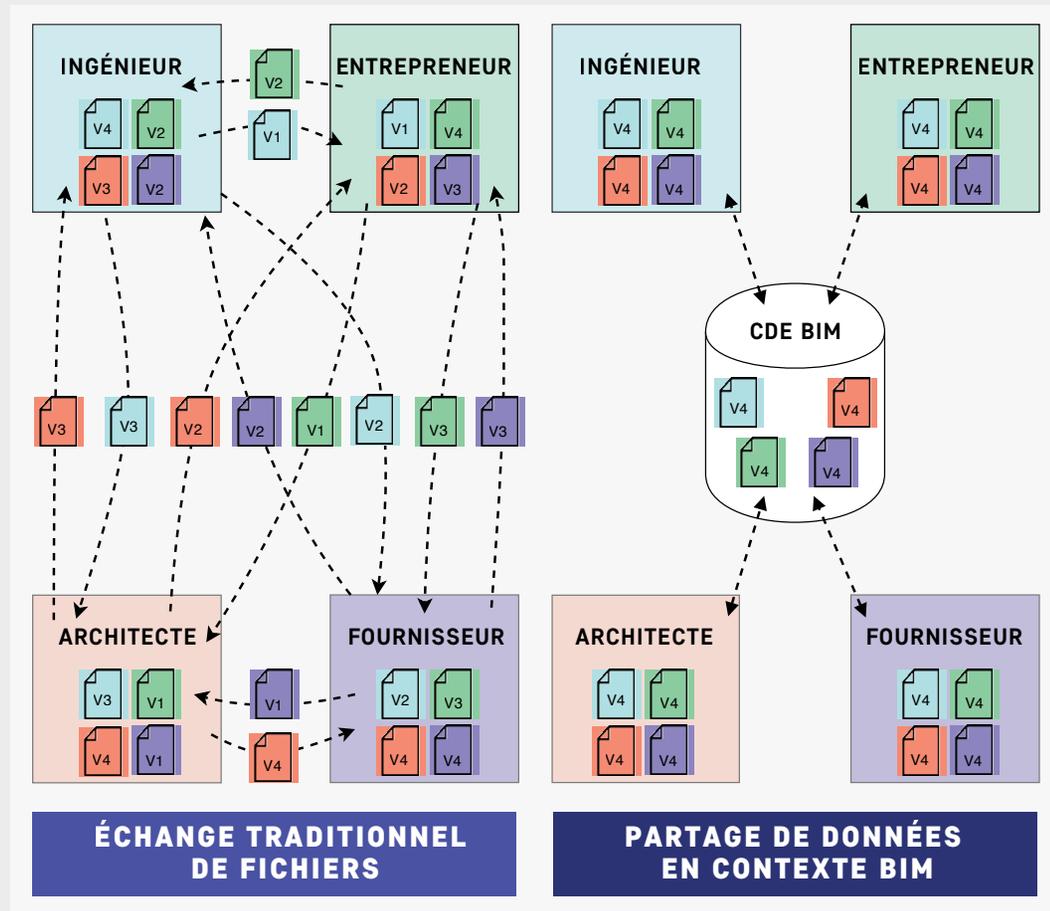


Figure 7: Échange de fichiers vs. Partage de données

Les données contenues dans le modèle d'information sont destinées aux objets paramétriques (des objets uniques identifiés par un code unique (GUID)) qui meublent les modèles BIM. Les paramètres de ces objets définissent, entre autres, les caractéristiques physiques des objets qui leur permettent d'interagir entre eux dans des contextes de simulations, tels que des études photométriques et des études énergétiques.

Ceci diffère du dessin assisté par ordinateur (DAO), communément utilisé en construction, qui représente les objets grâce à des dessins vectoriels (un ensemble de lignes). L'illustration 2D des caractéristiques physiques est bonifiée de textes (sous forme d'annotations ou de légendes), de dessins supplémentaires (différentes vues d'un même objet) et de descriptions au devis (détails techniques).



## Exemples DAO VS. BIM

### REPRÉSENTATION D'UNE PORTE

Avec le DAO, l'interprétation d'un objet se fait via des représentations graphiques. Ainsi, quelques caractéristiques physiques sont identifiées dans les dessins, mais plusieurs sections de devis doivent être consultées en parallèle afin d'identifier l'ensemble des propriétés qui se rapportent à un objet en particulier (une porte dans ce cas-ci).

Les figures 8 et 9, montrent comment les informations qui décrivent la porte sont réparties à plusieurs endroits. Les paramètres liés au dessin font principalement référence aux caractéristiques techniques du dessin (nom, couleur et hiérarchie des couches). Les dimensions sont écrites au plan (en tant qu'objets vectoriels distincts) et les données techniques sont écrites dans un document texte séparé (devis).

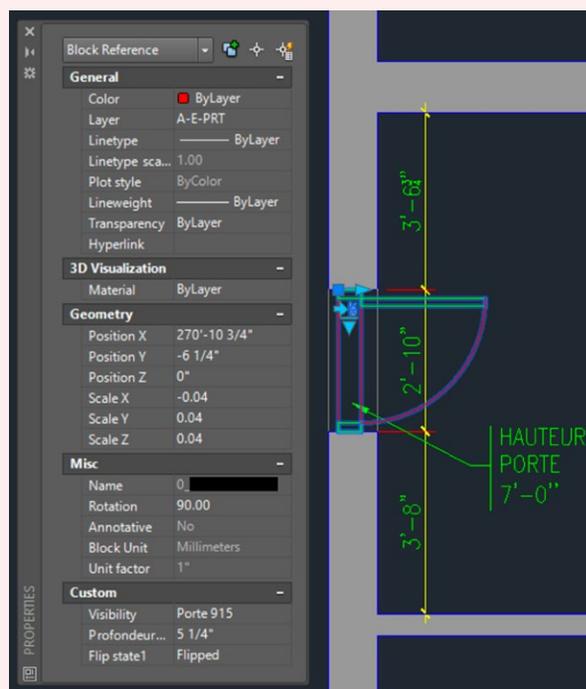


Figure 8: Représentation graphique et paramétrique d'une porte en contexte de CAO

Remplacement de portes et fenêtres		08 14 16.01
		PORTES ET BÂTIS EN BOIS
		Page 1 de 5
<b>1</b>	<b>GÉNÉRALITÉS</b>	
<b>1.01</b>	<b>SECTIONS CONNEXES</b>	
.1	Section 06 10 10 - Charpenterie/menuiserie	
.2	Section 07 62 00 - Solins et accessoires en tôle	
.3	Section 07 92 10 - Produits d'étanchéité pour joints.	
.4	Section 08 71 10 - Quincaillerie pour portes.	
.5	Section 08 80 50 - Vitrages	
.6	Section 09 91 23 - Peinturage	

Figure 9: Extrait d'une section de devis décrivant une porte et sa méthode d'installation



## Exemples

Avec le BIM, les objets contiennent toutes les informations volumétriques, mais également toutes les propriétés physiques qui s'y rapportent. Ainsi, les propriétés thermiques, le degré de résistance au feu, l'identité du fabricant, le nom du fournisseur, le coût de remplacement et les accessoires connexes à l'installation sont tous identifiés dans les propriétés paramétrées de l'objet.

Les propriétés sont attribuables aux objets (figure 10) et les paramètres sont attribuables aux familles et aux types d'objets (figure 11). Théoriquement, il n'est plus nécessaire de fournir un devis puisque les paramètres techniques sont tous liés aux objets géométriques de l'actif.

Modify   Doors	
Properties	
	M_Single-Flush 0915 x 2134mm
Doors (1)	
Constraints	
Level	01 - Entry Level
Sill Height	0.0
Construction	
Frame Type	1 H
Materials and Finishes	
Frame Material	METAL
Finish	WOOD
Identity Data	
Hardware Group	2
Image	
Comments	ZONE A
Mark	124
Phasing	
Phase Created	New Construction
Phase Demolished	None
Other	
Head Height	2134.0
Hinge Set	3 Butt
Lock Function	Privacy Lock
Egress Hardware	<input type="checkbox"/>
Closer	<input type="checkbox"/>
Stop	<input checked="" type="checkbox"/>
Kickplates	<input checked="" type="checkbox"/>
Hold Open	<input type="checkbox"/>
<a href="#">Properties help</a>	

Figure 10: Extrait de propriétés attribuées à une porte, en contexte BIM

Type Properties	
Family:	M_Single-Flush
Type:	0915 x 2134mm
Type Parameters	
Parameter	
<b>Construction</b>	
Wall Closure	By host
Construction Type	
Function	Interior
<b>Materials and Finishes</b>	
Door Material	Door - Panel
Frame Material	Door - Frame
<b>Dimensions</b>	
Thickness	51.0
Height	2134.0
Trim Projection Ext	25.0
Trim Projection Int	25.0
Trim Width	76.0
Width	915.0
Rough Width	
Rough Height	
<b>Analytical Properties</b>	
Analytic Construction	Wood panel with wood storm
Visual Light Transmittance	0.000000
Solar Heat Gain Coefficient	0.000000
Thermal Resistance (R)	0.4892 (m <sup>2</sup> ·K)/W
Heat Transfer Coefficient (U)	2.0440
<b>Identity Data</b>	
Type Image	
Keynote	
Model	P-123
Manufacturer	DOOR Cie.
Type Comments	

Figure 11: Extrait de paramètres spécifiques à un type d'objet, en contexte BIM



## Concepts

### CE QUE LE BIM N'EST PAS

Il est important de se rappeler que:

- Le BIM n'est pas une simple technologie;
- Le BIM n'est pas uniquement un modèle 3D;
- Le BIM n'est pas un logiciel;
- Le BIM n'est pas un fichier.

Le BIM ne se résume pas en une seule base de données ou un seul procédé. Ce n'est pas simplement un objet 3D créé en silo ou l'utilisation de technologies informatiques. Il s'agit d'être sensible aux besoins d'informations des parties prenantes et d'intégrer au processus de travail des mesures qui facilitent le partage de données (State of Queensland, 2017).

### 3.2. Le jumeau numérique

En centralisant l'ensemble des données qui se rapportent à un actif et en y joignant de l'information concernant son utilisation réelle, la maquette devient un miroir numérique de l'actif réel. C'est ce qu'on appelle le «jumeau numérique». Le jumeau numérique est la somme de toutes les données et de toutes les informations, graphiques et non-graphiques, qui représentent l'actif physique. Les données qui concernent l'utilisation en temps réel de l'actif proviennent de capteurs, connectés via un réseau sans fil et l'Internet des Objets (IdO ou Internet of Things (IoT)).

Sachant que ce jumeau numérique représente fidèlement et en tous points l'actif physique, il est possible, via des simulations, d'optimiser les décisions qui seront prises lors de toutes les phases du cycle de vie de l'actif (BSI, 2018). L'actif physique n'est donc plus le seul livrable à détenir toute la valeur d'un bâtiment. La valeur monétaire des données réside dans la possibilité qu'elles offrent d'optimiser les processus de travail liés à la conception, la construction et l'opération des actifs (Ito, 2019).



#### Concepts

#### LE JUMEAU NUMÉRIQUE ET L'INTERNET DES OBJETS (IDO)

Afin de procéder à des simulations réalistes pendant la phase d'opération de l'actif, des objets ou des équipements stratégiques collectent des données et les fournissent à la maquette, en temps réel. Le réseau d'objets connectés via l'IdO, qui récoltent des données pour les intégrer à la maquette numérique, permet d'adapter la gestion des actifs aux conditions réelles d'utilisation.

Avec une prévision de plus de 75 milliards d'objets connectés d'ici 2025, la connectivité des objets est un phénomène croissant dont il faudra prendre avantage afin de bonifier la gestion des actifs (Alavi et al. 2018).

# Les avantages du BIM en lien avec la réalisation des actifs

## 4. Les avantages du BIM en lien avec la réalisation des actifs

Le BIM s'applique à toutes les étapes du cycle de vie du bâtiment. Les données du bâtiment sont générées et gérées pendant les phases de planification, de design, de construction, d'opération et de démolition de l'actif (Simonian, L.G. et al., 2011).

Le modèle d'information possède des avantages qui lui sont propres et qui contribuent à faire du BIM un processus en rupture avec les pratiques traditionnelles de l'industrie de la construction. Ces particularités, détaillées aux points précédents, sont utiles pour:

1. Attribuer chaque objet d'un identifiant unique (GUID) qui permet une intégration à un réseau ou à un système de gestion;
2. Assigner aux objets des paramètres multiples, autres que purement géométriques;
3. Créer des relations entre objets, définies par leurs données respectives (IFMA, 2013).

Les bénéfices qui découlent de ces particularités s'appliquent à toutes les phases de réalisation d'un projet. Le BIM permet, entre autres, de:

- Mieux contrôler les coûts de construction (phase de construction);
- Améliorer le processus de conception (phase de design);
- Faire un meilleur suivi des exigences du client (toutes les phases);
- Améliorer la communication entre parties prenantes (toutes les phases);
- Faciliter la détection d'interférences entre parties prenantes (phase de conception);
- Faciliter la mise en place d'un processus de préfabrication (phase de construction);
- Diminuer les risques au chantier (phase de construction);
- Réduire les travaux reliés aux omissions (phase de construction);
- Effectuer une meilleure coordination entre disciplines (phases de design);

- Faire des gains en efficacité au chantier (phase de construction);
- Réduire les ressources nécessaires pour l'atteinte de résultats (phases de design et de construction);
- Réduire les déchets et le gaspillage (phase de construction);
- Augmenter la sécurité au chantier (phase de construction).

---

*Poirier et al., 2018*



## Exemples

### APPLICATIONS DU BIM À TOUTES LES ÉTAPES DU CYCLE DE VIE

Voici quelques exemples d'applications concrètes du BIM à chacune des phases du cycle de vie de l'actif:

#### PLANIFICATION

- Différentes possibilités peuvent être étudiées en intégrant des paramètres dès le début de la planification. Les informations issues du coût des matériaux, des superficies exigées et des particularités techniques requises facilitent les prises de décisions.

#### CONCEPTION

- Les activités de coordination entre disciplines sont facilitées par la recherche automatisée de conflits (*clash detection*).
- Les vues et les dessins 2D, traditionnellement utilisés pour visionner les projets pendant la conception, sont facilement extraits de la maquette.
- La maquette 3D facilite la communication entre parties prenantes et contribue à rendre les propositions de conception plus compréhensibles.

- Le contrôle de qualité est l'une des utilisations les plus puissantes du BIM car il permet la découverte et la résolution de problèmes pendant la phase de conception, plutôt que pendant la phase de construction (Bolpagni, M., 2013).
- Le BIM permet de simuler les performances du bâtiment durant son cycle de vie. Ces analyses (structurales, mécaniques, énergétiques, acoustiques ou photométriques) contribuent à rendre la conception plus efficiente.

#### CONSTRUCTION

- Le BIM est utile pour extraire des quantités de matériaux pendant les appels d'offres et pour les achats durant la phase de construction.
- Il est possible de lier les modèles BIM au calendrier afin de générer des échéanciers de chantiers. Les simulations de construction sont utiles pour contrôler les séquences d'installation des composants, pour organiser le calendrier de production et pour visualiser l'avancement de la construction en temps réel.
- Le BIM est utilisé pour planifier la sécurité. Par exemple : la prévention des chutes et l'aménagement du chantier en fonction de l'interaction des activités qui s'y déroulent.

#### OPÉRATION

- Lier un coût d'entretien et une durée de vie à chaque objet de la maquette numérique facilite la gestion des coûts d'entretien.
- Une maquette de données jumelée à un système de capteurs de données thermiques peut contribuer à améliorer la gestion énergétique des actifs.
- Une maquette numérique aide à gérer la gestion des locaux et à optimiser l'utilisation des superficies.

# Les avantages du BIM en lien avec la gestion des actifs

## 5. Les avantages du BIM en lien avec la gestion des actifs

Comme mentionné précédemment, plusieurs bénéfices du BIM sont réalisés durant la phase de construction. Cependant, les propriétaires et gestionnaires bénéficient également de l'utilisation du BIM pendant la phase d'opération des actifs. En fait, il est rapporté que la majorité des économies potentielles liées au BIM se fait lors de la phase d'opération et de gestion de l'actif immobilier. Les bénéfices potentiels lors de cette phase sont bien plus importants que les bénéfices immédiats réalisés lors de la conception et de la construction.

Le BIM permet aux gestionnaires d'entre autres :

- Améliorer le transfert des données de construction vers la gestion des actifs;
- Améliorer l'accès et la préservation des données;
- Améliorer la qualité des ouvrages;
- Optimiser la maintenance des actifs;
- Faciliter la gestion énergétique des actifs;
- Réduire le coût des assurances.

Parmi toutes les données que peut inclure le BIM pour la gestion des actifs (BIM-FM), nous pouvons retrouver les données financières liées à l'opération des actifs, les contrats de sous-traitants, les garanties d'équipements, des documents légaux, les données environnementales, les certificats et certifications divers, etc.

Selon la firme Price Waterhouse Coopers, "Bien que l'utilisation du BIM soit généralement axée sur les phases de conception et de construction, plus de 70 % de la valeur des avantages est survenue pendant la phase d'opération, tel qu'illustré par la figure 12, à la page suivante. Le BIM a généré des économies équivalentes à 2 % et à 3 % du coût sur toute la durée de vie des actifs". (Price Waterhouse Coopers LLP).

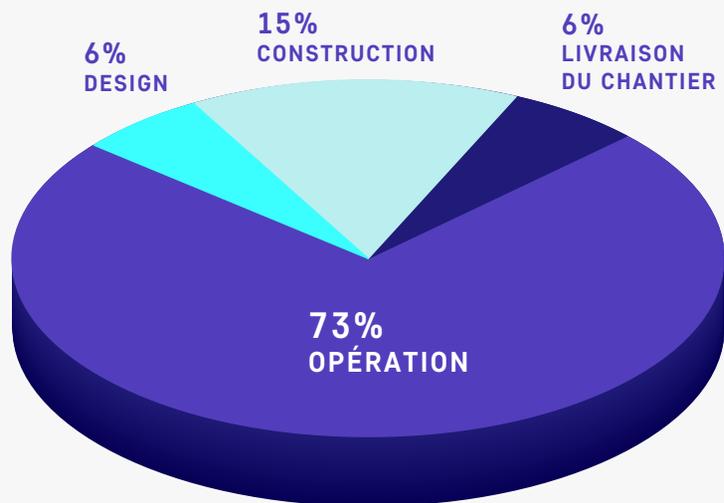
DISTRIBUTION DES ÉCONOMIES RELIÉES À L'UTILISATION DU BIM SUR L'ENSEMBLE DU CYCLE DE VIE DU PROJET



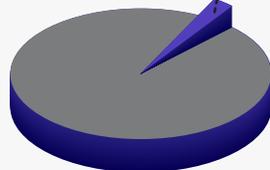
**Bénéfices monétaires du BIM sur toute la durée de vie d'un projet**



COÛT TOTAL D'UN PROJET POUR L'ENSEMBLE DE SON CYCLE DE VIE



2% À 3% DU COÛT TOTAL DU PROJET SUR L'ENSEMBLE DE SON CYCLE DE VIE



### Résultat

#### AVANTAGES PRINCIPAUX DU BIM POUR LES GESTIONNAIRES D'ACTIFS AU QUÉBEC

À l'unanimité, les répondants du sondage acquiescent que l'utilisation du BIM lors de la réalisation de projet réduit les risques encourus et contribue à la création de valeur.

Les principaux avantages anticipés par les répondants, en lien avec l'utilisation du BIM pour la gestion des actifs, sont:

- Permettre un registre des actifs de grande qualité;
- Faciliter la recherche d'informations;
- Améliorer l'efficacité des interventions liées à la maintenance des actifs.

Motamedi et Forgues, 2018

Figure 12: Les économies totales réalisées grâce à l'utilisation du BIM sur l'ensemble du cycle de vie d'un projet

## 5.1 Retours sur investissements

Avec un processus de conception basé sur le BIM, le propriétaire peut potentiellement réaliser un meilleur retour sur investissement dû à une conception intégrée et un processus de construction amélioré. Du même coup, les exploitants récoltent les dividendes sous forme d'opérations et d'entretiens moins coûteux et de meilleur qualité.

---

**Les propriétaires d'actifs tiennent un rôle central dans le virage numérique de l'industrie de la construction et pour l'implantation du BIM puisqu'ils bénéficient directement des améliorations de coordination, d'un meilleur processus de design, d'une plus grande clarté concernant les intentions de l'équipe de conception, des actifs plus efficaces**

*Azhar, 2011; Eastman et al., 2011; Miettinen & Paavola, 2014*



### Concepts

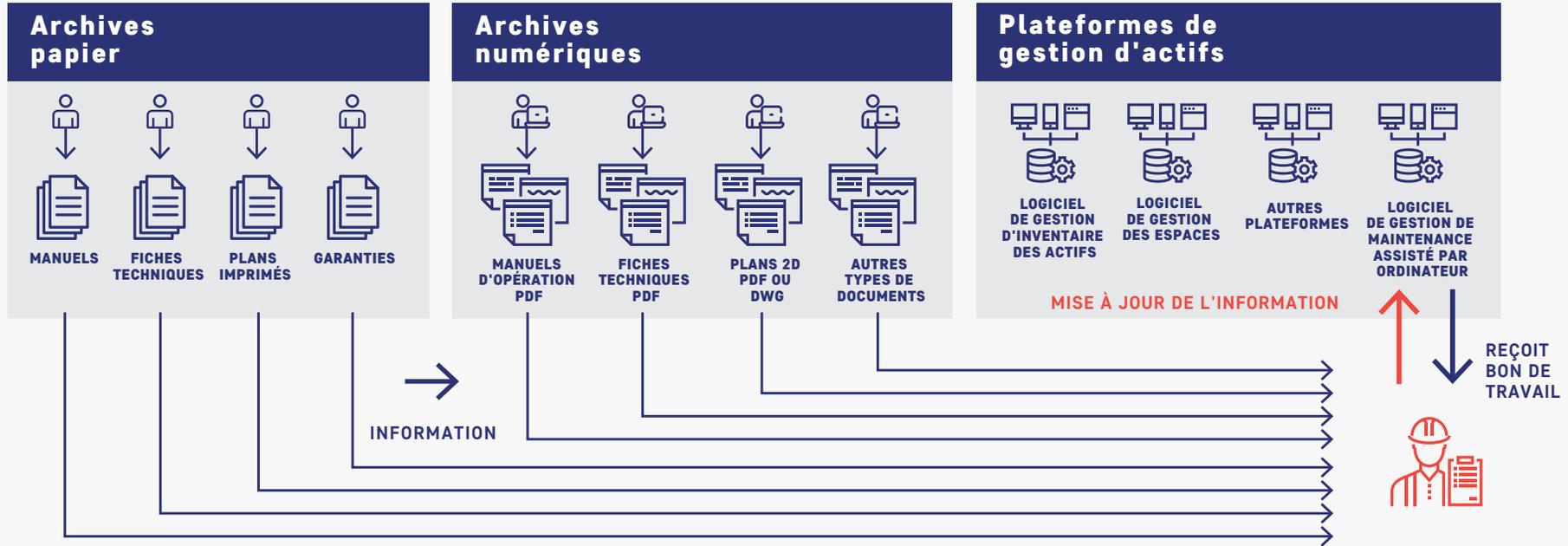
#### **LE RÔLE DES PROPRIÉTAIRES DANS LE CONTEXTE DU VIRAGE NUMÉRIQUE**

Les propriétaires d'actifs tiennent un rôle central dans le virage numérique de l'industrie de la construction et pour l'implantation du BIM puisqu'ils bénéficient directement des améliorations de coordination, d'un meilleur processus de design, d'une plus grande clarté concernant les intentions de l'équipe de conception, des actifs plus efficaces (Azhar, 2011; Eastman et al., 2011; Miettinen & Paavola, 2014), des estimés de coûts plus précis, d'une réduction des litiges et de la prévention de perte de données (Sizemore, 2010), etc. Ces bénéfices sont les moteurs principaux de l'adoption technologique (Gurevich, U. et al., 2017).

## 5.2 Amélioration du processus de maintenance

L'efficacité du maintien des actifs repose sur la qualité des données. L'accessibilité de la donnée est un facteur de qualité critique que le BIM contribue à renforcer. La figure 13, à la page suivante, compare la recherche d'informations entre le processus traditionnel et l'approche BIM. La figure illustre la complexité du travail de gestionnaire en contexte traditionnel, alors que celui-ci doit rechercher les données dans de multiples sources et les transférer vers les outils de gestion. Les tâches du gestionnaire sont facilitées par l'intégration du BIM aux systèmes de maintenance et de gestion des données assistés par ordinateur. Les informations requises sont obtenues plus facilement et plus rapidement, optimisant l'efficacité du travail.

## PROCESSUS DE RÉCUPÉRATION D'INFORMATION TRADITIONNEL



## PROCESSUS DE RÉCUPÉRATION D'INFORMATION EN CONTEXTE BIM

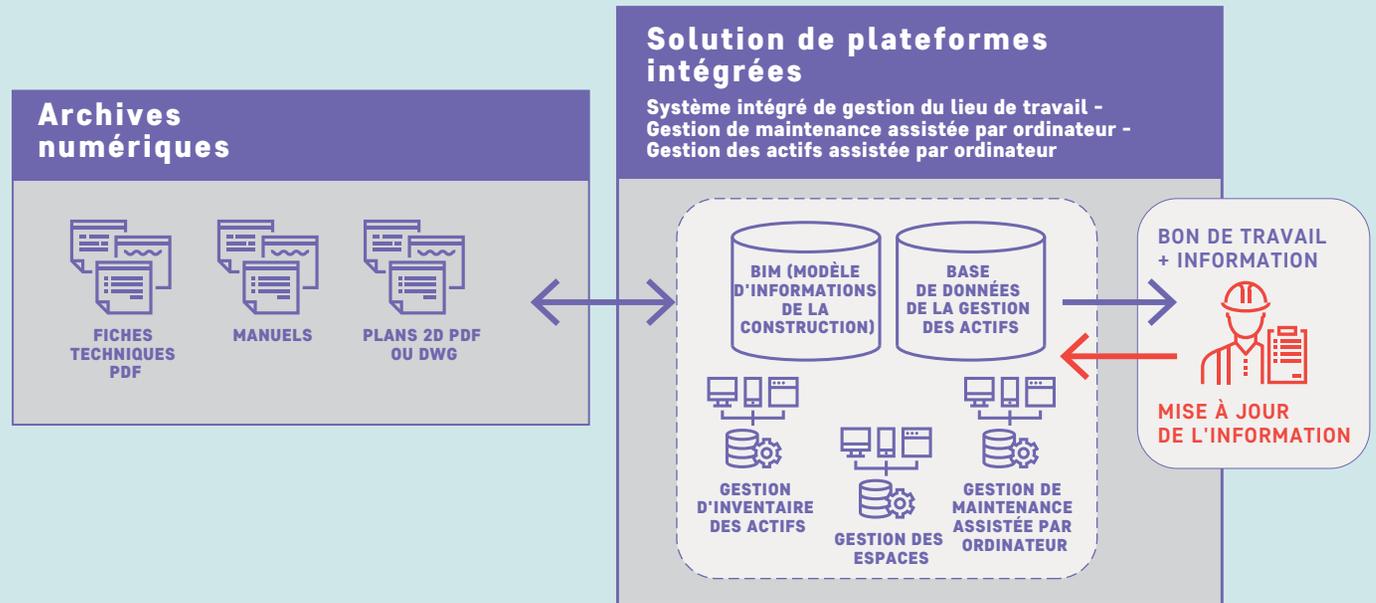


Figure 13: Information fragmentée vs. information centralisée

La figure 14 illustre le lien existant entre les données, la planification des activités de maintenance et les conséquences économiques des interventions. Les données liées aux spécifications des équipements et à l'utilisation de ceux-ci peuvent aider les gestionnaires à prendre des décisions informées par rapport à la maintenance des actifs et leur permettre d'adopter un style de gestion plus efficace. Les données servent à mieux planifier les activités de maintenance et ont tendance à réduire les interventions de style réactif. Ainsi, au lieu de principalement effectuer des interventions correctives de façon urgente suite à la défaillance d'un composant ou d'un système, la maintenance des actifs pourra davantage se faire de façon préventive, prédictive ou prescriptive, réduisant ainsi les risques de défaillances imprévues.

Le besoin de données pour la maintenance de style planifiée est minime. Les interventions de maintenance s'effectuent selon un intervalle de temps planifié ou un certain nombre d'opérations. Les intervalles entre les interventions sont prévues d'avance et visent à réduire les probabilités de défaillances.

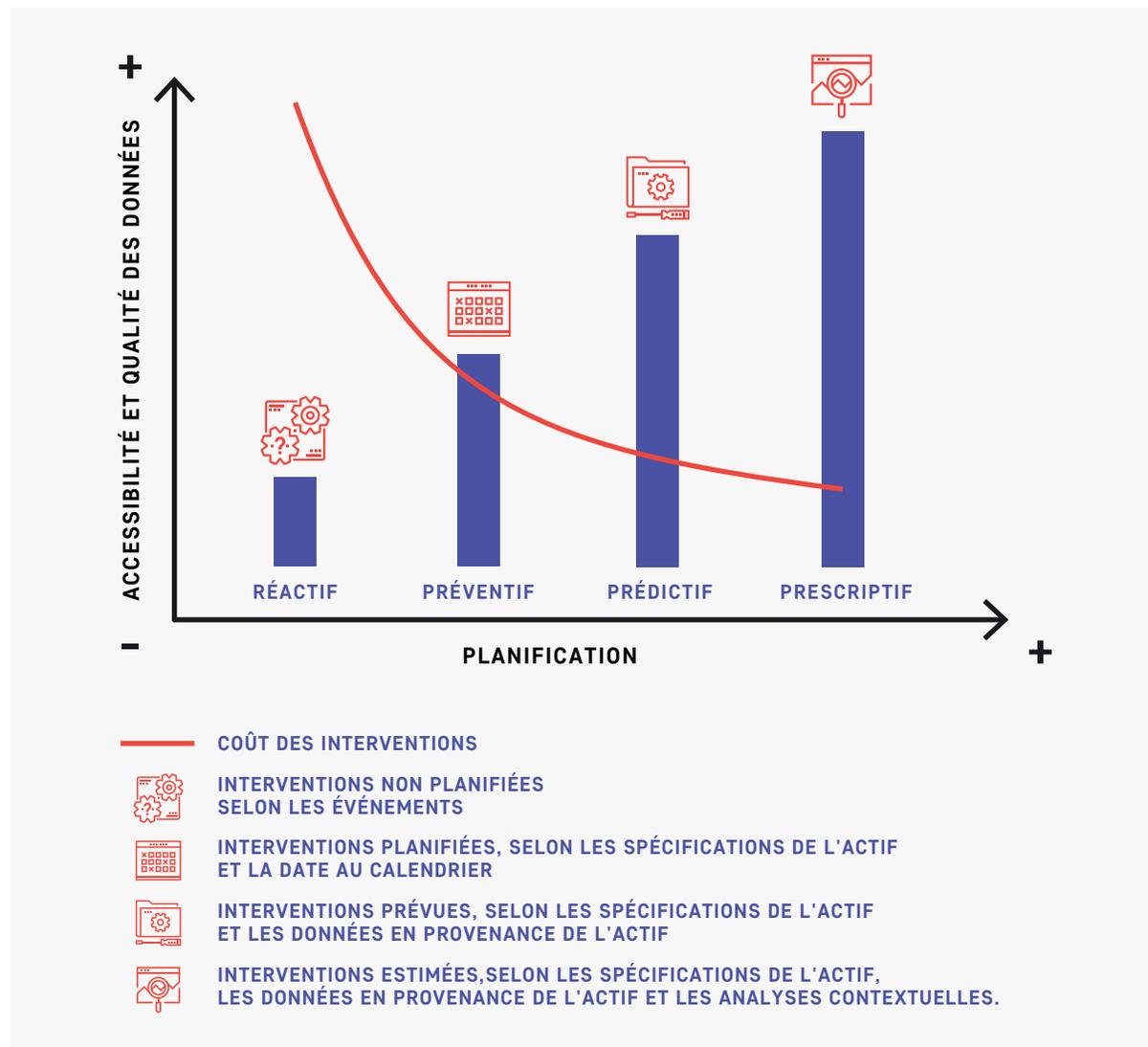


Figure 14: L'utilisation des données pour la maintenance des actifs

Le style prédictif consiste à maintenir les actifs sur une base conditionnelle à certaines conjonctions entre les données issues des spécifications de l'actif et des données récoltées de façon continue, en provenance de l'actif. Les conditions réelles de l'actif sont donc surveillées de façon constante et aident à prévoir la nécessité des interventions.

Le style prescriptif est celui qui requiert le plus de données et se base sur des décisions prises suite à une analyse poussée de celles-ci. Les besoins de maintenance sont estimés à partir de l'étude des spécifications de l'actif, de l'état réel de l'actif, ainsi que de toute autre donnée contextuelle qui influence potentiellement l'utilisation et l'usure de l'actif en question.

### 5.3 Prévention des pertes de données

Les opérateurs et les gestionnaires d'actifs sont les parties prenantes qui ont le plus à gagner de la mise en oeuvre du BIM. L'information extraite des données qui composent un projet a une valeur qui se monnaie sous forme d'économies énergétiques, de temps de travail ou de durabilité des actifs. La perte d'informations, qui a souvent lieu lors des transitions entre les phases du projet, a un impact financier sur celui-ci. Cet impact est le plus important au moment de la transition entre la phase de construction et d'opération. L'utilisation du BIM dès le début du projet et le fait d'assurer l'intégrité des données sur l'ensemble du cycle de vie du bâtiment permet aux opérateurs d'éviter des dépenses liées aux pertes d'informations.

Traditionnellement, en plus de l'actif physique, la livraison de projet comprend de nombreux documents tels que les plans de l'actif, sa modélisation tridimensionnelle, les documents techniques, le devis, les certificats de garantie et les spécifications d'équipements. Les données pertinentes aux opérations des actifs doivent ensuite être transcrites dans les différents logiciels de gestion d'actifs. L'ensemble des documents sont archivés, dans leurs formats respectifs, et classés selon la méthode choisie

par le propriétaire ou par le responsable des opérations.

La méthode traditionnelle comporte de nombreux inconvénients qui impactent l'efficacité du travail des équipes d'opérations et de maintien des actifs. Les problématiques qui alourdissent le processus de gestion des opérations et qui représentent un défi pour la prévention des pertes de données sont:

- Le transfert des données, réparties dans les différents documents techniques, vers les logiciels de gestion est une tâche exhaustive qui comporte un risque élevé d'erreurs de transcription;
- Le manque de normalisation des données et la grande variété de types de fichiers rendent l'interprétation des documents et l'extraction d'informations difficile;
- Le référencement entre les documents écrits et les plans demande une compréhension technique poussée;
- Lorsque les données qui se trouvent dans les logiciels de gestion des opérations ne suffisent pas à leurs besoins, les équipes de maintien doivent investir beaucoup de temps à chercher les informations en lien avec leurs interventions dans les archives de l'actif. De plus, ces informations sont parfois

manquantes;

- L'archivage traditionnel des documents complexifie le contrôle de validité. Il est difficile pour les équipes de maintien de savoir si les données utilisées sont les versions les plus à jour.

La livraison de projet BIM se fait, en théorie, de façon beaucoup plus intégrée. Par définition, le modèle d'information BIM relie les données techniques du projet aux éléments qui constituent le projet. Les liens structurés entre données et objets permettent d'extraire des informations rapidement. La classification normalisée des données du BIM favorise l'automatisation du transfert de données de la phase de construction vers la phase des opérations. À l'instar de la méthode traditionnelle, l'archivage des documents techniques se fait dans une optique de préservation des données, mais leur lien intégré au modèle d'information fait en sorte qu'il sera plus facile de les trouver lorsque les équipes d'opérations et de maintien auront à les consulter. Le modèle d'information devient la source unique et à jour des données de l'actif.

Comme illustré dans la figure 15, chaque phase de projet nécessite l'ajout de données spécifiques. Le BIM s'enrichit au fur et à mesure de la progression du projet. En consolidant l'ensemble des données au sein d'un même modèle, selon un même format, il est possible de limiter les pertes de données lors des transitions entre les phases du cycle de vie du bâtiment. Ceci a pour effet d'assurer une meilleure qualité de BIM lors de son utilisation au cours de la phase d'opération et de maintenance.

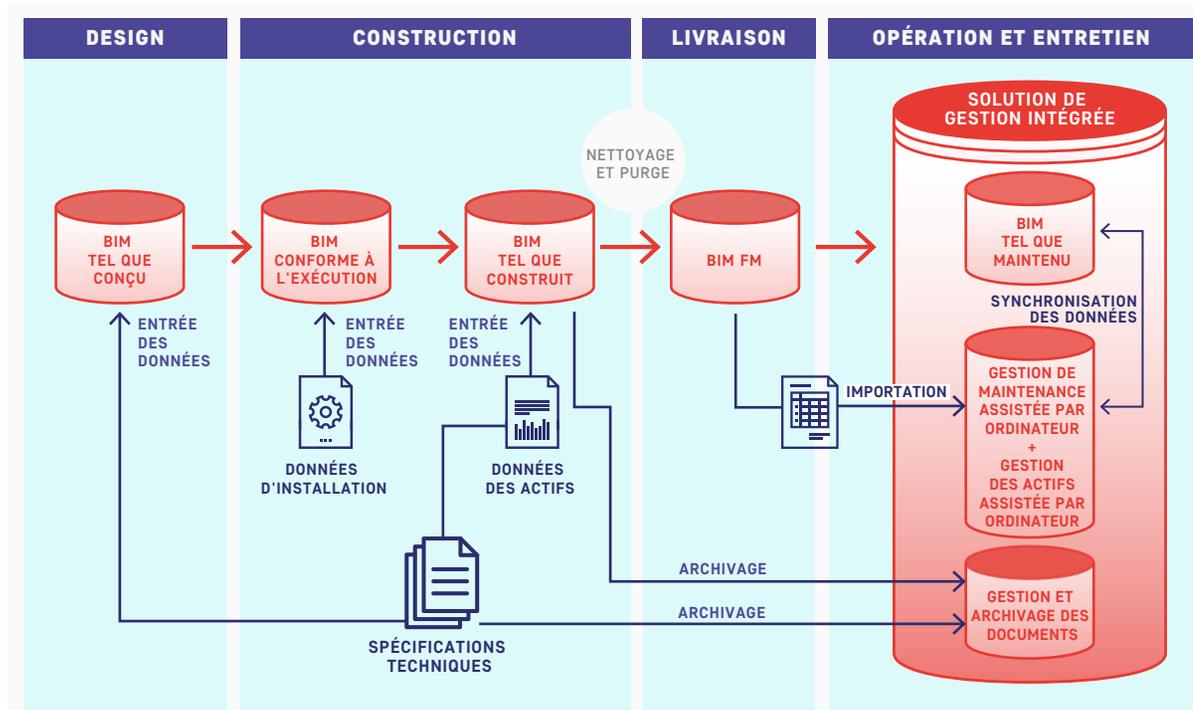


Figure 15: L'évolution du modèle d'information au cours du cycle de vie du projet (Motamedi et al., 2018)

## 5.4 Facilitation de l'accès aux données

La grande quantité d'informations issues des phases de planification, de design et de construction doit être gérée de façon efficace afin de pouvoir être utilisée lors des diverses opérations menées par les gestionnaires d'actifs tout au long du cycle de vie du bâtiment.

Cela requiert l'utilisation de systèmes conçus pour la gestion d'informations ainsi que d'outils des technologies de l'information (TI). Des technologies numériques avancées proposent plusieurs solutions pour faciliter les opérations relatives à la gestion des actifs et des installations. C'est ce qu'on appelle la gestion de la maintenance assistée par ordinateur (GMAO). "La GMAO est utilisée pour gérer les actifs, les transactions de maintenance et stocker les données des installations pendant la phase d'opération. Plus précisément, une GMAO gère les inventaires des équipements, les bons de travail, la maintenance préventive et prédictive et les programmes de surveillance basés sur l'état des actifs" (GSA, 2011).

Les données qui se trouvent dans les modèles d'informations doivent donc être compatibles avec ces différents outils afin d'être utilisables par les gestionnaires. La conformité de format (un facteur de qualité de la donnée discuté au point 2.2) permet non seulement l'interopérabilité du modèle d'informations avec les outils informatiques auxquels il est destiné (tel que les systèmes informatisés de gestion de la maintenance, CMMS), mais elle joue aussi un rôle au niveau de la pérennité des données en anticipant quel format permettra aux données d'être consultées dans le futur. Opter pour des données à format ouvert (discuté plus en détail au point 8) est une réponse à ce besoin d'interopérabilité et de pérennité, favorisant un accès et une utilisation à long terme.

La nature du modèle d'informations, qui documente les liens relationnels entre les données, cadre l'organisation des données, ce qui favorise la recherche des données et optimise leur accessibilité.



### Résultat

#### LOGICIELS DE GMAO

Selon le sondage, il n'existe pas de plateforme prédominante pour la GMAO. Selon les réponses, la plateforme Maximo d'IBM est la plus utilisée auprès des propriétaires qui font de la GMAO, mais elle est très peu utilisée de manière globale. Certains répondants ont indiqué avoir recours à d'autres plateformes, notamment, Interall, GuideTI et Octopus. Il est important de noter qu'il existe plusieurs plateformes de GMAO et la solution de gestion intégrée sur le marché.

*Motamedi et Forgues, 2018*



## Résumé

### AVANTAGES DU BIM POUR LES GESTIONNAIRES D'ACTIFS

Le BIM facilite l'accès à des données plus précises et de meilleure qualité. Ceci est particulièrement bénéfique aux gestionnaires et aux opérateurs d'actifs.

#### DE FAÇON CONCRÈTE, LE BIM PERMET DE :

- Normaliser l'organisation des données;
- Afficher les données en temps réel grâce à des applications connectées à des capteurs;
- Maintenir un inventaire précis et en temps réel de l'équipement;
- Effectuer une quantification rapide des données;
- Saisir les données de façon systématique;
- Faciliter le transfert des données pour la gestion des actifs;
- Accroître la mobilité des données;
- Effectuer des analyses et simulations.

#### CE QUI A POUR CONSÉQUENCE DE :

- Réduire le temps consacré à la recherche d'informations;
- Prendre des décisions plus informées;
- Améliorer la fiabilité des données;
- Réduire la redondance des saisies de données;
- Assurer la cohérence des données;
- Permettre une meilleure compréhension des relations entre les équipements;
- Effectuer un meilleur suivi de la maintenance;
- Effectuer la saisie des données directement sur place;
- Posséder une modélisation à jour des conditions existantes;
- Disposer d'un échéancier de réception de projet plus réaliste;
- Faciliter la visualisation des données par les parties prenantes, selon leurs besoins;
- Effectuer un meilleur suivi des historiques d'entretien des actifs et des équipements;

- Effectuer une meilleure gestion des urgences et de la sécurité;
- Vérifier et valider de façon efficace les codes et normes en vigueur;
- Faire un meilleur suivi des modifications du bâtiment et des rénovations.

#### CE QUI A POUR AVANTAGE DE :

- Atteindre une productivité améliorée chez les parties prenantes;
- Optimiser l'usage des actifs;
- Augmenter la durabilité des actifs;
- Améliorer la qualité du bâtiment;
- Réduire les coûts de maintien et d'opération du bâtiment;
- Réduire le coût des services (eau et énergie) grâce aux données d'utilisation;
- Réduire les coûts de sous-traitance (de 3% à 6%);
- Générer un retour sur investissement (de 3% en économies d'énergie).

*State of Queensland, 2017; IFMA, 2013, GSA, 2011*

# Cas d'usage du BIM pour la gestion des actifs

## 6. Cas d'usage du BIM pour la gestion des actifs

Tel que mentionné dans la section précédente, l'utilisation du modèle BIM couvre l'ensemble du cycle de vie du bâtiment.

Ce modèle évolue au cours des phases de conception et de construction, s'enrichissant continuellement de nouvelles données. Au début du projet, le modèle est riche en données géométriques. Les données ajoutées au cours de la construction et en vue de la livraison au donneur d'ouvrage sont cependant principalement paramétriques. L'évolution du type de données qui composent le modèle répond à l'évolution de l'usage qu'en font les parties prenantes. La figure 16 illustre l'évolution de la composition du modèle BIM au cours du cycle de vie de l'actif et les catégories d'usages qui en sont faits. Les catégories d'usages utilisées pour cette figure sont celles répertoriées par le tableau des usages de modèle, v1.26, de BIM Excellence.

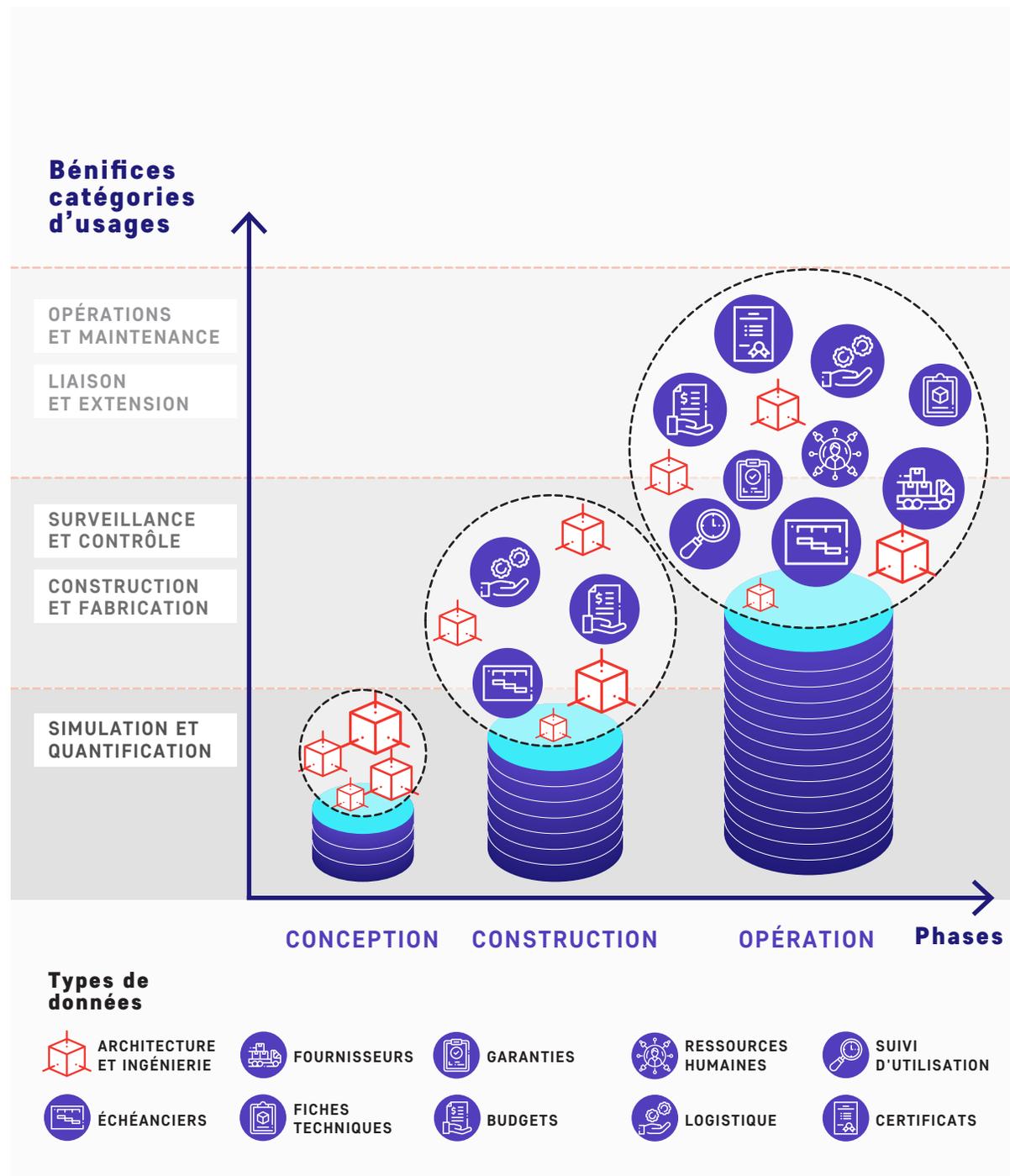


Figure 16: Évolution du modèle BIM au fil des phases du cycle de vie de l'actif

Tel que discuté à la section 2.2, la qualité des décisions prises par les gestionnaires d'actifs est garante de la qualité des données utilisées et de la validité de l'information qu'on en retire (voir figure 2). La figure 17 illustre le processus de traitement des données dans un contexte de projet BIM, de la collecte (section 2.2.1) jusqu'aux prises de décisions des gestionnaires, en passant par l'extraction d'informations (figure 12) provenant du jumeau numérique (section 3.2).

Les usages spécifiques du modèle BIM, effectués pendant la phase d'opération du bâtiment, touchent une multitude de secteurs et ne sont pas nécessairement limités au maintien des actifs. Toute activité utilisant les données du modèle BIM pendant la phase d'opération du bâtiment tombe sous le parapluie du BIM 7D.



### **Concepts**

#### **LE BIM 7D**

Le BIM 7D est une analogie tirée du concept des "dimensions du BIM". Bien qu'utile comme référence rapide pour discuter du BIM en phase d'opération, le BIM 7D inclut des dizaines, voir des centaines de cas d'usages distincts. La figure 18 donne un aperçu de l'étendue des applications pouvant être faites du BIM dans un contexte élargi de gestion des actifs.

Les usages du modèle BIM détaillés ci-bas sont quelques-uns de ceux que les gestionnaires d'actifs sont fréquemment appelés à faire dans le cadre de leurs fonctions. Ils sont identifiés selon le tableau des usages de modèles, v1.26, de BIM Excellence.

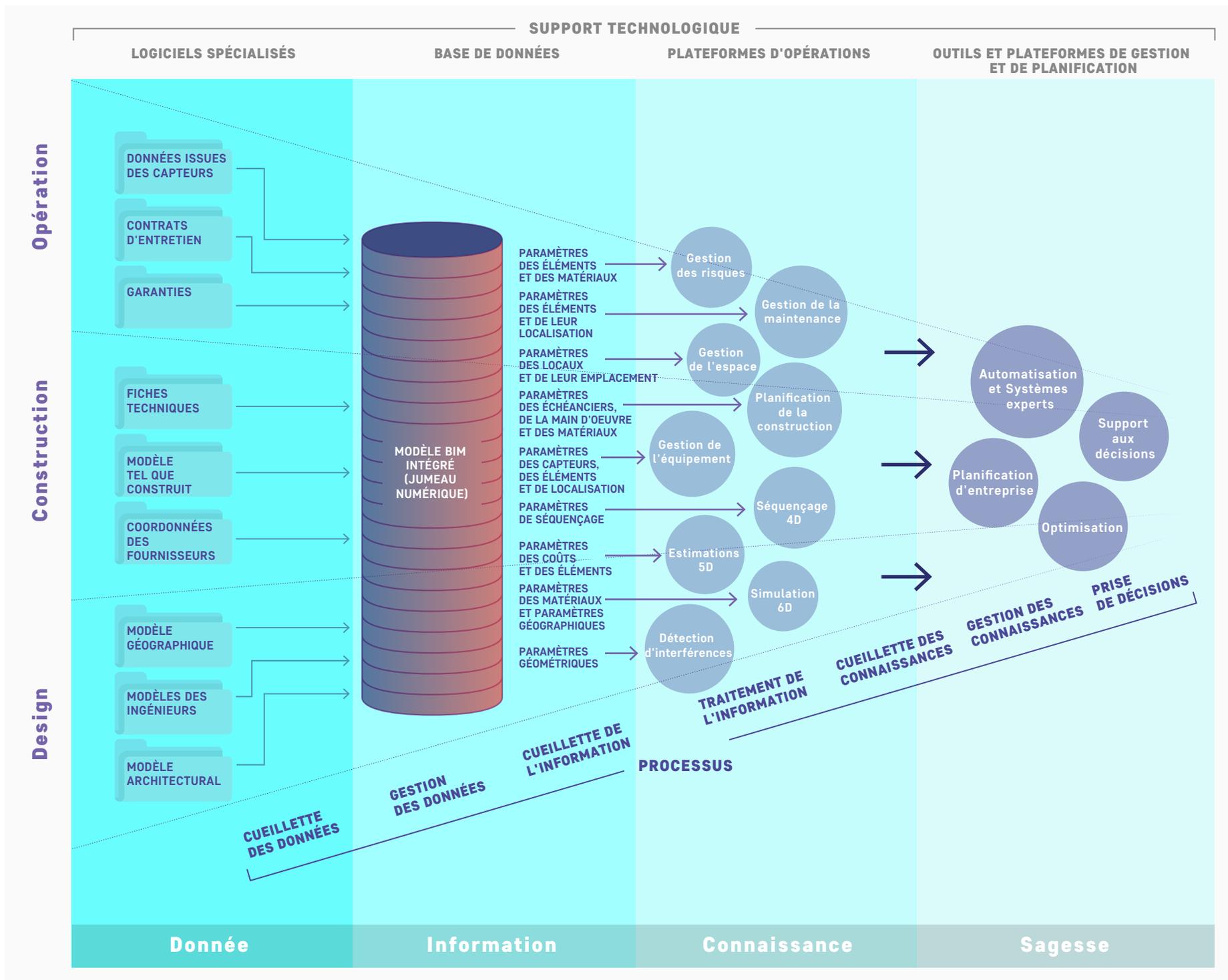


Figure 17: L'intégration du BIM dans le processus de prise de décisions

## Usages BIM pour la gestion des actifs

<b>SIMULATION ET QUALIFICATION</b>	→ Évaluation du cycle du vie
	→ Simulation en réalité virtuelle
	→ Analyse d'impact environnemental
	→ Analyse de sécurité
	→ Analyse de sureté
	→ Analyse des risques
	→ Relevé de quantités
	→ Analyse de l'éclairage
	→ Simulation d'incendie et de fumée
	→ Analyse par éléments finis
	→ Analyse de la consommation énergétique
	→ Analyse des flux de visiteurs
	→ Analyse acoustique
<b>OPÉRATIONS ET MAINTENANCE</b>	→ Simulation en réalité augmentée
	→ Analyse d'accessibilité
	→ Autre
	→ Gestion des déménagements
	→ Gestion des espaces
	→ Suivi des actifs
	→ Livraison et mise en service
<b>GESTION ET LEADERSHIP</b>	→ Approvisionnement des actifs
	→ Maintien d'actifs
	→ Inspection du bâtiment
	→ Conciergerie
	→ Autre
	→ Assurance qualité
	→ Gestion de contrats
<b>TECHNOLOGIES</b>	→ Ressources humaines
	→ Appels d'offres
	→ Service à la clientèle
	→ Communications
	→ Rapports
	→ Stratégies et planification
	→ Autre
	→ Téléphonie
	→ Réseaux
	→ Radios

<b>CAPTURE ET REPRÉSENTATION</b>	→ Documentation 2D
	→ Représentation «tel que construit»
	→ Photogrammétrie
	→ Balayage laser
	→ Tenue des registres
	→ Arpentage
<b>FINANCES ET BUDGET</b>	→ Communication visuelle
	→ Rapports
	→ Prévisions
	→ Budget
<b>PLANIFICATION ET CONCEPTION</b>	→ Recouvrement
	→ Autre
	→ Programmation des espaces
	→ Planification en cas de catastrophes
	→ Planification des opérations
<b>LIAISON ET EXTENSION</b>	→ Analyse de la valeur
	→ Autre
	→ Intégration BIM / FM
	→ Interfaçage BIM / IOT
<b>IMMOBILIER</b>	→ Superposition BIM / PLM
	→ Extension BIM / Service web
	→ Location
	→ Gestion des baux
<b>SURVEILLANCE ET CONTRÔLE</b>	→ Disposition des infrastructures
	→ Autre
	→ Automatisation du bâtiment
	→ Suivi de la performance
<b>SERVICES AUXILIAIRES</b>	→ Utilisation des actifs en temps réel
	→ Surveillance de l'état structurel
	→ Services alimentaires
	→ Courrier
<b>PROJETS</b>	→ Reprographie
	→ Autre
	→ Nouvelle construction
	→ Réaménagement et changement de vocation
	→ Renouvellement de capital
	→ Autre

Figure 18: Exemples d'usages BIM pour la gestion des actifs (adapté de l'initiative BIM excellence)



### Résultat

#### CAS D'USAGES DU BIM CHEZ LES PROPRIÉTAIRES IMMOBILIERS

Les répondants au sondage ont identifié la revue de conception et la coordination 3D comme principaux usages du BIM. Ces deux usages font partie des phases qui précèdent la phase d'opération.

*Motamedi et Forgues, 2018*

## 6.1 Communication visuelle et conceptualisation

Les propriétaires doivent pouvoir gérer et évaluer la portée de la conception par rapport à leurs propres exigences à chaque phase du projet. Lors de la conception, ceci implique souvent une analyse spatiale. Une conception utilisant le BIM contribue grandement à faciliter la représentation spatiale du projet et aide à évaluer si la conception répondra aux besoins fonctionnels exigés par le client et les opérateurs.

Traditionnellement, cette approche se limite à l'utilisation de supports 2D et à un processus manuel exhaustif. Les propriétaires se fient aux concepteurs pour analyser le projet à l'aide de dessins, d'images, de maquettes physiques ou d'animations. Le défi de cette tâche réside dans le fait que les exigences changent souvent et que même si les exigences sont clairement énoncées, il peut être difficile

pour un propriétaire de s'assurer que toutes les exigences soient remplies par le concept proposé. De plus, il est difficile de solliciter des commentaires au sujet d'un projet en cours de développement lorsque les parties prenantes ne peuvent pas interpréter ou comprendre correctement les dessins et l'échéancier du projet.

En plus d'offrir des visualisations immersives, idéales pour gagner l'appui de projets, le BIM permet une «revue de conception pour maintenabilité» qui fournit des informations détaillées sur la sélection des équipements et les évaluent selon le contexte proposé. L'implication des opérateurs dans ce type de revue garantit, entre autre, que l'accès aux équipements et leur opération peut se faire de façon sécuritaire et adéquate.

## 6.2 Gestion des espaces

La gestion des espaces constitue un volet important de la gestion des installations. Le responsable des installations doit planifier les activités à venir et les scénarios futurs d'occupation du bâtiment. L'utilisation de l'espace est généralement dynamique et varie en fonction des besoins.

Les données spatiales, compilées lors du processus BIM, tel que la localisation des espaces, les calculs de superficie et les agrégations de fonctions sont des données importantes pour la création de rapports de portefeuille d'actifs et pour l'analyse des tendances d'occupation. Ces données facilitent les processus de gestion des contrats de location, la gestion des activités de nettoyage et la gestion des conformités du bâtiment.



### Concepts

#### DÉFIS DE LA GESTION DES ESPACES

Les organisations ayant des portefeuilles d'actifs de moyenne à grande taille ont du mal à garder une trace de leurs espaces disponibles et de la façon dont elles les utilisent.

Avec des informations détaillées sur la quantité et le(s) type(s) d'espace(s), les planificateurs découvrent des possibilités nouvelles pour regrouper des opérations et rentabiliser les espaces qui seraient autrement inutilisés. Ceci a pour effet d'aider le gestionnaire à optimiser la valeur des espaces à leur plein potentiel.

Un modèle BIM permet à l'équipe de gestion des actifs d'analyser l'utilisation existante de l'espace et de planifier les correctifs nécessaires afin d'optimiser l'occupation. La gestion des espaces appuyée par le BIM combine les informations spatiales et géométriques du modèle avec, entre autres, les données contenues dans les registres des actifs et des locataires et les performances mécaniques du bâtiment. Ceci permet d'informer les gestionnaires des besoins anticipés en fonction des tendances d'occupation réelle (GSA, 2011). De plus, les liens relationnels entre les données permettent d'effectuer des requêtes basées sur paramètres multiples, tels que la superficie par département, la superficie par fonction ou la superficie par occupant. Aussi, les modifications potentielles à l'aménagement spatial de l'actif mettent automatiquement à jour les superficies affectées. L'aspect intégré du modèle BIM permet de consulter les superficies selon la norme de calcul souhaitée.

### 6.3 Maintien d'actifs

Le système de gestion des équipements effectue le suivi de tous les actifs qui doivent être entretenus, mis à jour ou opérés de façon optimale afin d'atteindre les objectifs stratégiques des gestionnaires et de répondre aux besoins des occupants. Ceci inclut principalement la mécanique du bâtiment, les équipements électriques, la domotique, les équipements de plomberie, la réseautique, etc.



#### Concepts

##### DÉFIS DE LA MAINTENANCE

Dans un contexte traditionnel de gestion de la maintenance, l'information qui concerne les spécificités techniques du bâtiment et de ses composants est souvent dispersée, incomplète et erronée. La conséquence principale de ceci est que la récolte des données, effectuée lors des recensements et de l'entretien des actifs, s'étale habituellement sur plusieurs visites. De plus, associer les données archivées aux bons équipements s'avère souvent être une tâche laborieuse.

Le BIM d'un système de gestion des équipements doit être relié aux équipements afin de pouvoir contrôler les coûts, la maintenance et l'état des actifs en temps réel. Ce lien direct permet également aux parties prenantes en charge de l'entretien de mieux planifier et de potentiellement réduire les délais d'interventions.

Le BIM est une source de référence fiable pour effectuer le suivi, améliorer la performance et assurer le maintien des actifs. Toutes les requêtes d'informations passent par une source de référence acceptée à l'unanimité comme étant 'source de vérité'. La connectivité des objets (Internet of Things, IoT) informe les gestionnaires de la condition des équipements en temps réel (GSA, 2011). De plus, un accès mobile aux données permet aux équipes sur le terrain d'avoir accès à l'information nécessaire au moment où ils le souhaitent.

La relation entre les systèmes et les éléments qui les composent est particulièrement importante dans les situations d'inspection et de maintenance. Étant donné que le BIM permet de cataloguer les relations entre chaque objet qui compose le bâtiment, il est possible de regrouper les objets par "systèmes" et ainsi faciliter leur inspection et leur entretien. Pouvoir identifier précisément l'équipement problématique parmi tous les équipements qui composent un système réduit les risques d'interventions inutiles et réduit les délais d'interventions. La visualisation des liens entre les données et la volumétrie du modèle d'informations facilite la compréhension spatiale de l'actif, accélérant ainsi l'acclimatation des nouveaux intervenants avec l'environnement de travail et réduit le temps de formation des nouveaux ouvriers.

Plusieurs valeurs attribuées aux paramètres changent au cours du cycle de vie de l'actif. Au-delà des changements potentiels de configuration ou de vocation de l'actif, l'intégrité ou la performance des éléments qui le compose peuvent varier sous l'effet de l'usure. En ce sens, les actifs sont définis par des paramètres dynamiques qu'il faut savoir surveiller et mettre à jour pendant toute la phase opérationnelle (Brous et al., 2019).

Étant donné que le modèle BIM contient les paramètres géométriques de l'actif, l'information concernant les liens relationnels entre éléments, l'état d'usure des équipements et les résultats des dernières inspections, il est possible de l'utiliser afin d'identifier la source

---

**Pouvoir identifier précisément l'équipement problématique parmi tous les équipements qui composent un système réduit les risques d'interventions inutiles et réduit les délais d'interventions.**

de problèmes qui affectent l'actif. La figure 19 illustre comment un modèle 3D est utilisé pour identifier la source d'un problème de température dans un local. L'exemple illustre les éléments interreliés qui peuvent potentiellement causer la surchauffe du local et identifie l'état d'usure de chacun d'eux par un code de couleur. Le type d'analyse utilisé pour cet exemple est inspiré de l'arbre de défaillance, qui schématise la logique fonctionnelle d'un système afin d'évaluer les probabilités de défaillance des éléments qui le compose. En combinant l'arbre de défaillance avec les informations du système de gestion de maintenance assistée par ordinateur, il est possible d'émettre des hypothèses qui servent à planifier les interventions appropriées pour résoudre le problème. Ce type de fonction, qui dépend d'un relevé continu des paramètres, requiert l'utilisation de senseurs et du relai des données vers la plateforme de gestion.

L'optimisation du suivi des équipements permet, entre autres, d'obtenir une productivité améliorée des équipes de maintenance, de réduire la maintenance corrective, de réduire le délai de réponse pour les interventions d'urgence, d'archiver l'historique des interventions de maintien, de réduire les coûts liés aux réparations imprévues, de réduire les pannes d'équipements et les impacts sur les locataires.

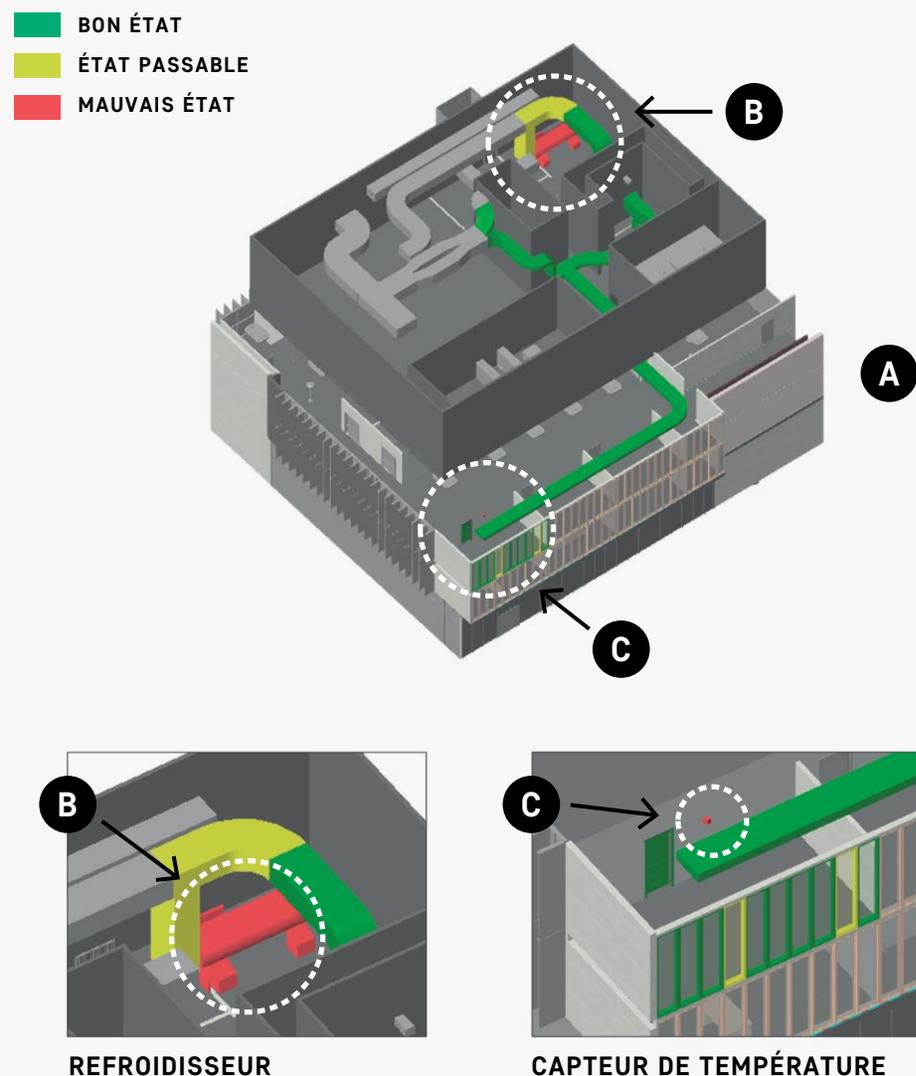


Figure 19: L'identification de la source d'un problème de contrôle thermique (Motamedi et al., 2014).

## 6.4 Analyse de la consommation énergétique

L'émergence des préoccupations environnementales conduit beaucoup de propriétaires à se soucier de l'efficacité énergétique de leur bâtiment et de la durabilité de leurs projets. Le BIM permet de créer des simulations énergétiques qui aident à fixer des objectifs de consommation optimale. Ces simulations sont rendues possibles par l'utilisation de données paramétriques intégrées au modèle d'informations. Les simulateurs effectuent les calculs nécessaires en extrayant les données issues, entre autres, des caractéristiques physiques des matériaux, de l'occupation des espaces ou de l'usage des locaux. Les diverses simulations permettent de réduire la consommation énergétique, d'augmenter l'utilisation de l'éclairage naturel et d'atténuer l'éblouissement. La gestion des données contribue également à des prises de décisions informées concernant l'utilisation des ressources énergétiques en fonction de l'occupation réelle du bâtiment (COBIM, 2012).

En plus de l'importance écologique de telles mesures, l'analyse de la consommation énergétique du bâtiment a de grandes répercussions sur le budget d'opération des actifs. L'intégration des données via l'Ido et le concept de jumeau numérique permet de suivre la consommation énergétique en temps réel. De grandes économies peuvent être réalisées dans ce domaine.

---

**L'émergence des préoccupations environnementales conduit beaucoup de propriétaires à se soucier de l'efficacité énergétique de leur bâtiment et de la durabilité de leurs projets. Le BIM permet de créer des simulations énergétiques qui aident à fixer des objectifs de consommation optimale**

## 6.5 Planification de catastrophes

Utiliser un processus BIM pour la gestion d'un actif permet aux intervenants d'obtenir des informations critiques sur le bâtiment afin d'améliorer l'efficacité d'une éventuelle intervention d'urgence et d'améliorer la sécurité des occupants.

Dans de telles situations, les données provenant des systèmes d'automatisation du bâtiment (BAS) et de sécurité des personnes (alarme incendie et protection incendie) se combinent aux données du modèle BIM afin de donner un portrait global et en temps réel de la situation. L'intégration de ces systèmes permet aux intervenants de suivre l'évolution de l'urgence, tout en étant informés de la configuration et de l'état du bâtiment. La donnée extraite du modèle BIM tient lieu de registre informant de l'emplacement et de la quantité des produits potentiellement dangereux présents dans le bâtiment. Les données peuvent également servir à simuler des catastrophes, telles que des tremblements de terre ou des incendies, afin de mieux planifier les opérations de sauvetage.

## 6.6 Planification de la construction et gestion des déménagements

L'utilisation du BIM permet de réduire les coûts et d'augmenter les gains de temps lors de rénovations et de réaménagements de l'actif. Ceci est principalement dû à la réduction des besoins de redocumenter l'état existant du bâtiment et de ses actifs et d'effectuer des relevés de terrain pour les projets impliquant des bâtiments existants.

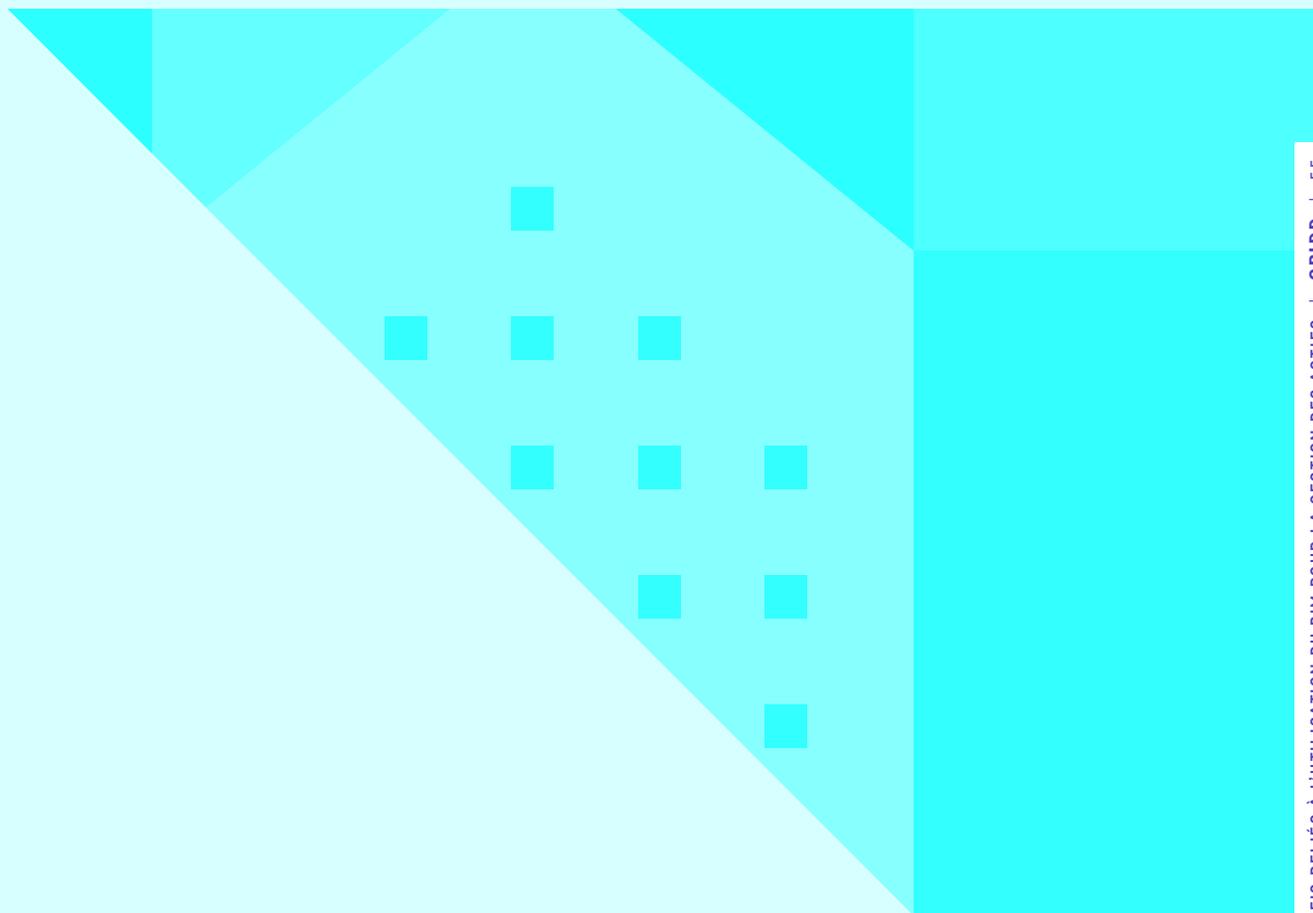
Les conséquences de ceci est la réduction de temps nécessaire pour vérifier les conditions de terrain, la réduction d'ordres de changement en raison d'imprévus et la réduction d'inspections intrusives visant à connaître les détails dissimulés (GSA, 2011).

Le BIM permet aussi de visualiser de façon détaillée les différentes options de rénovation pour un espace donné. Cette solution est mieux adaptée pour communiquer les intentions du réaménagement au client et aux usagers, comparativement aux plans 2D, car l'appréciation de la représentation spatiale 3D est plus intuitive et ne demande pas autant d'habiletés techniques.

---

**L'utilisation du BIM permet de réduire les coûts et d'augmenter les gains de temps lors de rénovations et de réaménagements de l'actif.**

# Les défis liés à l'utilisation du BIM pour la gestion des actifs



## 7. Les défis reliés à l'utilisation du BIM pour la gestion des actifs

Les outils de gestion des données ne suffisent pas, à eux seuls, à résoudre l'ensemble des défis de la gestion des actifs.

---

Il est important de considérer avec attention l'ensemble du processus de travail et d'être conscient des défis que représente le changement de paradigme causé par l'adoption du BIM dans le milieu de la gestion des actifs.



### Résultat

#### DÉFIS D'IMPLANTATION DU BIM POUR LA GESTION D'ACTIFS

Les défis représentant les plus gros obstacles à l'implantation du BIM pour la gestion d'actifs, selon les répondants au sondage, sont:

- Le manque de personnel qualifié;
- Le manque de formation;
- Le manque de compréhension des avantages offerts par l'utilisation du BIM.

---

*Motamedi et Forgues, 2018*

## 7.1 La résistance au changement

La résistance au changement est influencée par quatre facteurs qui affectent la capacité des individus à s'adapter aux changements (Trader, 2002). Ces facteurs sont :

- La compréhension des bénéfices liés au changement. Le sondage réalisé auprès des gestionnaires en 2018 révèle que les connaissances concernant le BIM et son usage au service de la gestion des actifs sont relativement limitées. Étant donné qu'il est généralement pris pour acquis que le BIM sert principalement lors de la phase de design, peu de démarches sont entreprises pour intégrer cette technologie au processus de gestion des actifs. Ce manque de compréhension concernant les bénéfices potentiels du BIM est donc en partie responsable de la résistance au changement qui affecte le milieu de la gestion des actifs;
- La difficulté de changer des habitudes de travail. Avec l'implantation du BIM, le processus de gestion est transformé, tant au niveau de la consultation de l'information qu'au niveau de l'archivage des données et des prises de décisions;

- L'effet psychologique que les changements peuvent avoir sur la perception de l'importance qu'un individu se fait de lui-même au sein de l'organisation. Les conséquences psychologiques de la présence grandissante des technologies peuvent être intimidantes pour un individu qui possède peu de connaissances en la matière;
- La redistribution des rôles, qui peut être perçue comme étant synonyme de la dilution des responsabilités. Cette perception peut être particulièrement importante dans des milieux affectés par l'automatisation et par l'implantation de nouveaux outils technologiques.

## 7.2 Le manque d'interopérabilité

Même lorsque l'implantation de nouvelles technologies de gestion se fait avec succès, d'éventuels problèmes d'interopérabilité peuvent survenir et entraver les échanges d'informations. Ce problème a pour conséquence de rendre inefficace la gestion du temps dédié à l'intégration des données au processus de travail, ce qui peut mener à des pertes financières (Araszkiwicz, 2017).

L'importance de l'interopérabilité des données se constate lorsque vient le temps d'impliquer des parties prenantes externes aux tâches d'entretien et d'opération. Si les données ne sont pas universellement lisibles par les sous-traitants ou les fournisseurs impliqués dans le processus de gestion et de maintien, l'utilité de ces données s'en trouve réduite. La pérennité des données est également menacée par le manque d'interopérabilité. En effet, si les données ne sont lisibles que par certains logiciels, la gestion et l'opération des actifs deviennent dépendantes de ces logiciels. L'interopérabilité des données et le concept de données à format ouvert seront détaillés au point 8 de ce guide.



## Concepts

### L'ALIGNEMENT DES OBJECTIFS STRATÉGIQUES

En plus de s'assurer de l'interopérabilité de l'information, travailler en contexte de projet BIM demande aussi d'accorder une importance à l'interopérabilité des objectifs stratégiques des parties prenantes. En effet, le BIM implique une coordination de la gestion stratégique des parties prenantes, de la gestion des méthodes de travail, de la gestion des données et de la gestion des applications technologiques. Le processus de gestion des entreprises doit adhérer au concept collaboratif du BIM afin d'optimiser l'utilisation des modèles d'informations. La figure 20 illustre les différents niveaux d'interopérabilité à atteindre dans le cadre de projets collaboratifs afin d'aligner les processus de travail entre parties prenantes. L'essence même du BIM réside davantage dans le processus de travail et de collaboration que dans la technologie. Bien que la technologie soit omniprésente, le BIM dépend beaucoup de la façon avec laquelle le modèle d'informations est créé, partagé, et utilisé pendant la durée de vie du projet.

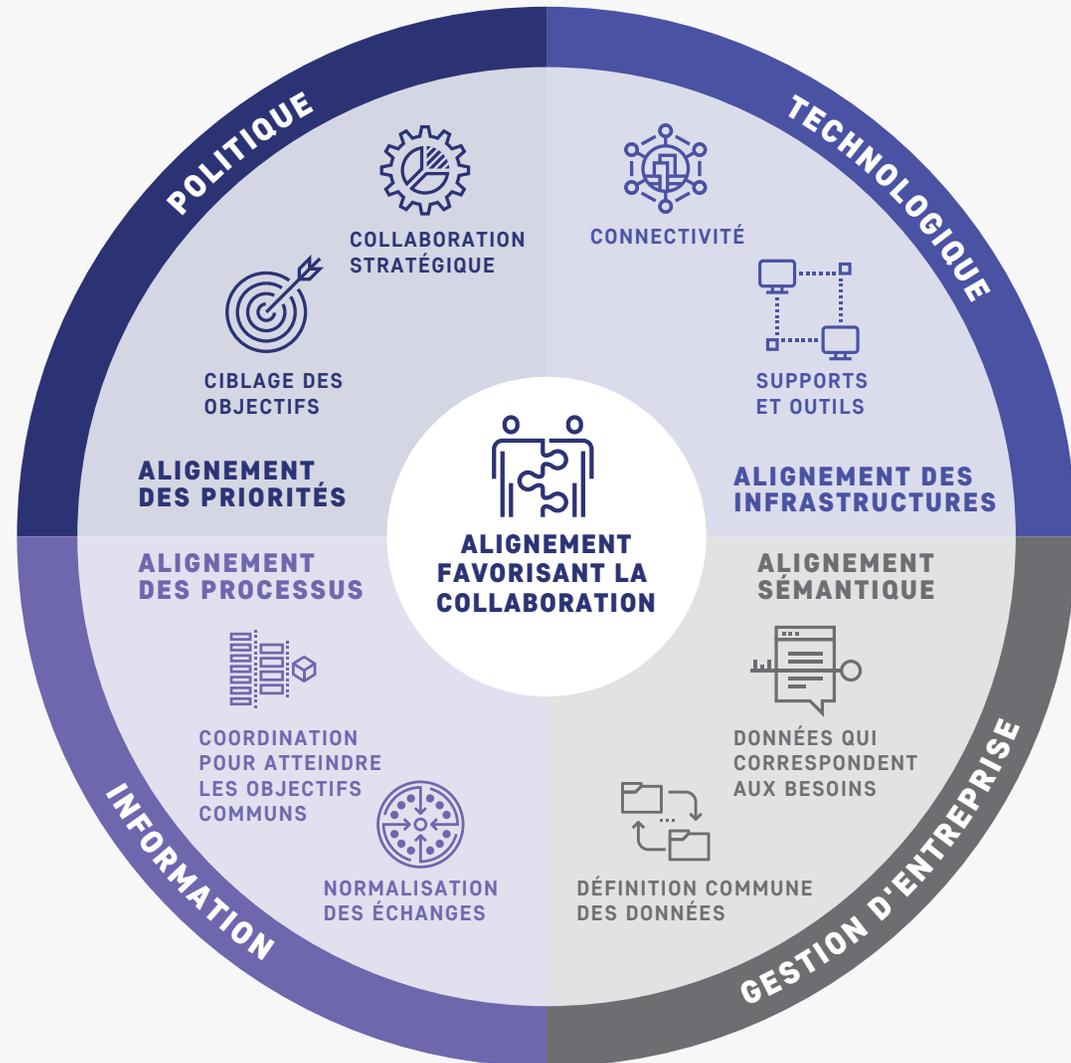


Figure 20: Types d'interopérabilité qui facilitent la coopération

### 7.3 Le manque de savoir-faire

La plupart des plateformes de gestion des actifs existants ne supportent pas l'intégration des données paramétriques des modèles BIM, ce qui implique habituellement une mise à jour technologique et le besoin de former les gestionnaires à de nouveaux outils. L'adoption du BIM à des fins de gestion des opérations et du maintien des actifs est complexe, ambiguë et demande beaucoup de ressources. Les mauvaises allocations de ressources et le manque de formation sont des exemples communs d'obstacles à l'adoption des technologies de l'information qui sont mentionnés dans la littérature (Bernstein and Pittman, 2004; Gurevich et al., 2017).



#### Résumé

#### DÉFIS D'IMPLANTATION DU BIM À LA GESTION DES ACTIFS: RÉSUMÉ

##### DÉFIS PSYCHOLOGIQUES:

- L'utilisation du BIM pour la gestion des actifs doit surmonter la résistance aux changements face aux transformations majeures qui affectent le processus de travail des gestionnaires.
- Les changements de rôles et de responsabilités dus à l'implantation du BIM créent des inquiétudes chez les gestionnaires, au niveau de leurs statuts et de leurs acquis.

##### DÉFI TECHNOLOGIQUE:

- Les données en possession de l'équipe de gestion et de maintenance ne sont pas toujours utilisables, faute d'interopérabilité.

##### DÉFIS DES COMPÉTENCES:

- Il y a un manque de savoir-faire au niveau du contrôle de qualité des livrables numériques.
- La place grandissante des technologies requiert une mise à jour des connaissances au niveau du savoir-faire en lien avec la mise à jour et la gestion des données.
- Les propriétaires ne savent pas quelles données demander et comment les demander.
- Il y a un manque d'expertise à l'interne, chez les propriétaires. La compréhension des enjeux est essentielle pour la formulation des objectifs stratégiques (Jones, 2014).

# Le BIM et l'interopérabilité des données: Introduction au BIM ouvert

## 8. Le BIM et l'interopérabilité des données: Introduction au BIM ouvert

Le BIM repose sur la collaboration entre parties prenantes à toutes les étapes du cycle de vie de l'actif. Il est nécessaire de pouvoir insérer, extraire, mettre à jour et modifier les données qui caractérisent l'actif à tout moment pendant la durée de vie de l'actif. Cette vision à long terme est l'une des raisons pour laquelle le concept d'interopérabilité des données est si important.

La pérennité des données repose sur leur compréhension universelle, tant au niveau de leur composition technologique qu'au niveau de la signification de leur contenu. Afin d'intégrer un concept collaboratif libre de barrières et de conflits technologiques, le BIM doit adopter une représentation numérique basée sur des normes acceptées par tous. Une norme est une règle fixant les conditions de réalisation d'une opération ou définissant un produit dont on veut unifier l'emploi ou assurer l'interopérabilité. Les travaux de normalisation internationale sont menés par l'Organisation internationale de normalisation (ISO) (Larousse en ligne, 2019).



### Concepts

#### UNE NORME OU UN STANDARD?

Un standard est un objet de normalisation privé. On y associe le terme «privé» dans le sens de «propre à une organisation», même gouvernemental, et qui n'a pas nécessairement fait l'objet d'un consensus à l'échelle internationale ou même nationale.

Le terme «norme» correspond à des documents normatifs réalisés par des institutions reconnues spécialisées dans la normalisation et qui suivent un processus mondialement reconnu d'enquête publique consensuelle'' (Secrétariat du Conseil du trésor, 2002).

Tel que décrit par buildingSMART; le BIM à format ouvert est une «approche universelle pour la conception collaborative, la réalisation et l'opération de bâtiments basée sur des normes et un déroulement ouvert des opérations». Le BIM ouvert repose sur cinq concepts :

1. Des définitions universelles détaillant les objets qui composent le bâtiment: Le *buildingSMART Data Dictionary* (bSDD) est une liste d'objets servant à décrire les actifs, qui sont définis dans des termes reconnus par l'ensemble de l'industrie de la construction. Le bsDD est certifié ISO 12006-3;
2. Un format descriptif normé des données numériques du bâtiment: Afin de pouvoir collaborer sans égard aux logiciels utilisés, le *Industry Foundation Classes* (IFC) est le format de représentation des données préconisé par buildingSMART. C'est un format adapté à l'industrie de la construction, certifié [ISO 16739-1:2018](#);
3. Une méthodologie normée d'échange des données: Le manuel de livraison de l'information, connu comme étant le "*Building Information Modelling - Information Delivery Manual - Part 1: Methodology and Format*" (IDM) est la norme ISO 29481-1:2010 qui décrit la méthodologie à suivre pour saisir et transmettre les données entre parties prenantes pendant l'ensemble du cycle de vie des actifs;
4. La coordination du changement tout au long du cycle de vie d'un projet. Le format de données spécifiquement adapté à la coordination entre parties prenantes se nomme le *BIM collaboration format* (BCF);
5. Le filtrage des données afin de produire des représentations visuelles destinées à des utilisations spécifiques. Les "filtres" prédéfinis portent le nom de *Model View Definition* (MVD);

Deux de ces normes ont été reconnues et publiées par ISO: IFC depuis 2005 et IDM depuis 2010, alors que le bSDD est conforme à ISO 12006-3 depuis 2015. Ce sont des normes internationales reconnues sur lesquelles il est possible de continuer le développement du BIM selon un processus valide et rigoureux ([technical.buildingsmart.org](http://technical.buildingsmart.org)). Chacune de ces normes possède une utilité particulière qui est bénéfique à la collaboration des parties prenantes dans l'industrie de la construction, y compris les gestionnaires d'actifs.

## 8.1 Clarifier la signification des termes utilisés (bSDD)

Une ontologie (eg. un langage et un sens commun pour nommer les choses) normalisée permet aux gestionnaires de se retrouver plus facilement au milieu de la quantité croissante de données issues des multiples contributeurs au projet. L'étymologie des mots peut varier d'un milieu culturel à un autre, mais également d'une profession à l'autre. Pour cette raison, il est important d'adhérer à des termes universellement acceptés lors de la description des actifs et des paramètres qui les définissent. Ainsi, la signification des termes demeure constante au fil du temps et est comprise de la même façon parmi l'ensemble des parties prenantes. Une porte, par exemple, est définie dans le bSDD comme étant une unité complète, incluant le ou les panneaux, le cadre et la quincaillerie.

## 8.2 Favoriser l'interopérabilité des données (IFC)

Les données intégrées au modèle BIM doivent servir aux parties prenantes qui travaillent avec des outils technologiques diversifiés. L'état fragmenté de l'industrie de la construction demande une flexibilité technologique au niveau du format des données afin que celles-ci ne soient pas dépendantes de l'utilisation d'un logiciel particulier. Les données produites et conservées en format ouvert permettent de garantir l'interopérabilité et la pérennité des modèles d'information BIM via un format universellement reconnu. Il est important de se rappeler que l'industrie technologique, menée par les intérêts privés, pousse parfois l'utilisation de standards propriétaires qui ne sont pas toujours avantageux pour une utilisation en contexte collaboratif et à long

terme. La vie utile de l'actif peut s'étendre sur plusieurs dizaines d'années, dépassant la durée de vie habituelle des logiciels. C'est pourquoi il est d'autant plus important pour les gestionnaires d'actifs d'exiger des données à formats ouverts qui seront utilisables peu importe quels logiciels animeront les systèmes de gestion au fil des ans.



## Concepts

### LA DIFFÉRENCE ENTRE FORMAT OUVERT (OPEN FORMAT) ET DONNÉE OUVERTE (OPEN DATA)

Les données sont liées entre elles par des logiques relationnelles. Ces logiques relationnelles, aussi nommées formats, permettent aux logiciels de lire les données et d'interagir avec elles. Ce format peut être ouvert ou fermé. Selon l'Office québécois de la langue française, un format ouvert est un «format de données dont les spécifications sont publiques, ce qui permet le développement de produits compatibles» (Office québécois de la langue française). En d'autres mots, les formats ouverts ne sont pas exclusifs à un seul logiciel. Un format fermé (ou format propriétaire) est un format dont les propriétés sont contrôlées par des intérêts privés. Un logiciel spécifique est nécessaire pour extraire les données qu'il contient.

Les données peuvent également être ouvertes ou fermées. Une donnée ouverte sera publiquement accessible, gratuitement, et utilisable sans restriction. Il n'y a pas d'obstacles à sa lecture, contrairement à la donnée fermée, qui est accessible de façon limitée et est utilisable selon certaines conditions ou certaines restrictions.

La figure 21, ci-dessous, illustre la distinction entre ces concepts. La ligne pointillée rouge illustre un obstacle quelconque qui limite l'accès à la donnée. Cet obstacle peut être directement relié à la donnée ou au format de la donnée.

Toute donnée contenue dans un format fermé est forcément une donnée fermée, puisqu'il faut un logiciel précis pour l'extraire. Les données fermées peuvent aussi être de

format ouvert puisque l'accès à leur contenu est contrôlé par d'autres moyens.

Pour qu'une donnée soit dite "ouverte", aucune barrière ne doit faire obstacle à sa lecture. Toute donnée ouverte est donc de format ouvert, en plus d'être dépourvue de mot de passe, de ne pas être sur un support isolé (disque dur, clé USB, serveur privé) et d'être distribuée gratuitement.

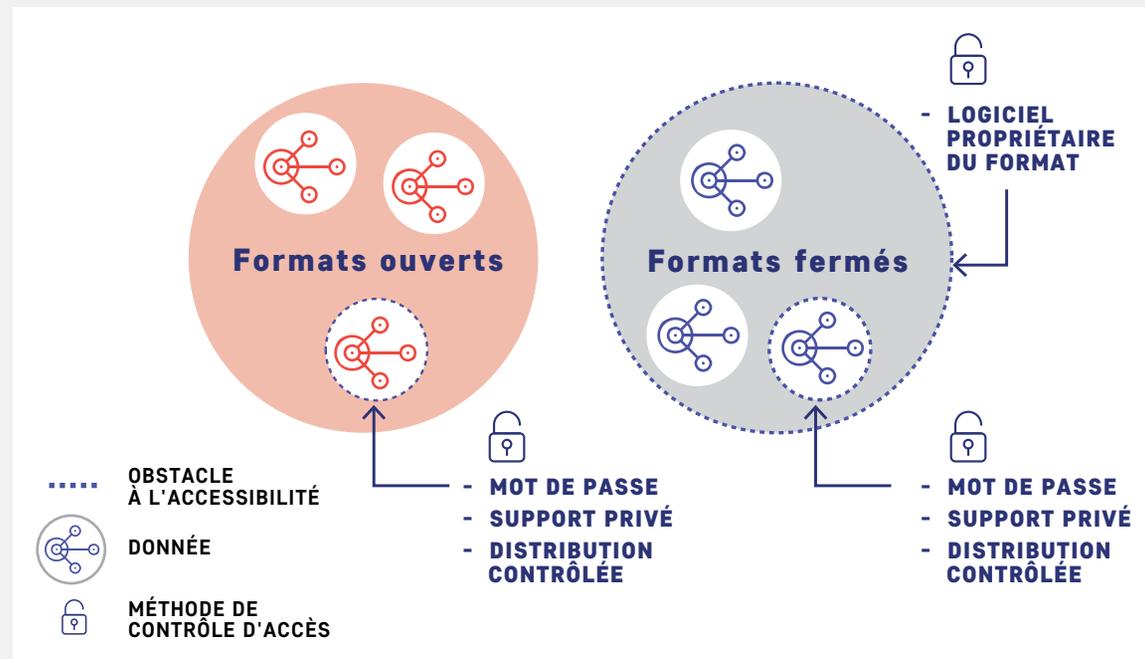


Figure 21: Les données ouvertes / fermées et les formats ouverts / fermés

L'interopérabilité permet de rassembler les données issues de différentes sources lors des différentes phases du cycle de vie de l'actif.

L'interopérabilité est un enjeu reconnu par le gouvernement du Québec, qui a établi un cadre commun d'interopérabilité afin d'optimiser la productivité des entreprises. Le gouvernement définit l'interopérabilité de l'information comme étant la "définition précise des données (sémantique) impliquées dans les échanges qui seront conservées. Elles devront être comprises par toutes les parties de la même façon" (Secrétariat du Conseil du trésor, 2016).



#### Concepts

### L'INTEROPÉRABILITÉ ET LA GESTION DES ACTIFS

Selon le *National Institute of Standards & Technology* (NIST), le manque d'interopérabilité occasionne des dépenses qui représentent 12,4% du coût annuel total de gestion et d'entretien du bâtiment. Il s'agit d'une perte de 15,8 milliards de dollars par année aux États-Unis (NIST, 2004).

### 8.3 Cadrer les processus d'échanges de données (IDM)

Le manuel des échanges de données est l'un des éléments clés au niveau de l'interopérabilité des processus puisqu'il régit qui échange quoi à quel moment. Chaque partie prenante est dépendante de données en provenance d'une autre partie prenante, à un moment ou à un autre du projet. Définir un processus clair de partage de données aide à responsabiliser les professionnels par rapport à la qualité des livrables.

Les gestionnaires d'actifs bénéficient grandement du IDM puisque ce sont eux qui ont le plus à gagner de l'utilisation des données et de la qualité de celles-ci. Ils dépendent donc du IDM pour recevoir des livrables numériques complets et de qualité, qui correspondent aux exigences de la gestion des opérations et du maintien.

# Conclusion

## 9. Conclusion

### 9.1 L'industrie de la construction en changement

Il a été démontré que l'implantation du BIM dans l'industrie de la construction est en voie de changer la façon de réaliser les projets via la définition de nouveaux processus collaboratifs et la mise en valeur des livrables numériques. L'adoption du BIM est une tendance mondiale qui prend de l'ampleur d'année en année. Les phases du cycle de vie des bâtiments qui mettent actuellement le BIM le plus à l'oeuvre sont les phases de design et de construction (Ali, s.d.), mais la phase des opérations est celle qui peut potentiellement offrir le plus de bénéfices en termes monétaire (Price Waterhouse Coopers LLP).

La gestion des informations véhiculées par le BIM permet aux gestionnaires d'actifs de prendre des décisions informées, de contrôler avec précision l'état des actifs, mieux planifier le maintien de ceux-ci et suivre l'utilisation des actifs en temps réel. Ces avantages sont des atouts précieux pour rendre la gestion des actifs plus efficiente et créer de la valeur sous forme de retours sur investissements.

### 9.2 Le rôle des donneurs d'ouvrages et des gestionnaires d'actifs dans le virage numérique

L'implantation de nouvelles technologies et de nouveaux processus de travail représente un défi de taille, mais la résistance au changement est l'un des principaux obstacles au virage numérique dans l'industrie (Rogers et al., 2015). C'est pourquoi les grands donneurs d'ouvrages, tels que les gouvernements et les institutions publiques, ont le pouvoir d'accélérer le changement en exigeant l'adoption du BIM

pour la réalisation de leurs projets et de le faire en vue d'une utilisation des données au service de la gestion des actifs. Les exigences des livrables numériques doivent être développées en considérant les opportunités offertes par le BIM et comment celles-ci peuvent s'appliquer aux besoins du donneur d'ouvrage.

### 9.3 La mise en oeuvre du BIM pour la gestion des actifs

La formulation des besoins et l'élaboration des exigences BIM pour la gestion des actifs est un procédé exigeant qui requiert une compréhension générale de la gestion des données, ainsi qu'une vision stratégique globale de l'utilisation des actifs. Non seulement est-il nécessaire de demander la livraison de données pertinentes, mais encore faut-il savoir comment les appliquer. Les notions liées aux exigences BIM et leur mise en oeuvre au service de la gestion des actifs seront décortiquées dans le volume 2 de ce guide.

# Bibliographie

## 10. Bibliographie

**Alavi, A. H., Jiao, P., Buttlar, W. G., & Lajnef, N. (2018).** Internet of Things-enabled smart cities: State-of-the-art and future trends. *Measurement*, 129, 589-606. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2018.07.067>

**Ali, M. T. (s.d.).** Study on the Development of BIM/DPD Around the World and Relevant Application in Western Canada, 47.

**Alreshidi, E., Mourshed, M., & Rezgui, Y. (2017).** Factors for effective BIM governance. *Journal of Building Engineering*, 10, 89-101. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2017.02.006>

**Angle, A. (2014).** Preparing, Using, and Updating As-Maintained Revit Models by the Owner, *Lecture B05800*, trouvé à [www.autodesk.com/autodesk-university/class/Preparing-Using-and-Updating-Maintained-Revit-Models-Owner-2014](http://www.autodesk.com/autodesk-university/class/Preparing-Using-and-Updating-Maintained-Revit-Models-Owner-2014)

**Araszkiwicz, K. (2017).** Digital Technologies in Facility Management – The state of Practice and Research Challenges. *Procedia Engineering*, 196, 1034-1042. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.059>

**Ariza-López, F. J., & Rodríguez-Avi, J. (2015).** Estimating the count of completeness errors in geographic data sets by means of a generalized Waring regression model. *International Journal of Geographical Information Science*, 29(8), 1394-1418. <https://doi.org/10.1080/13658816.2015.1010536>

**Assaf, A., & Senart, A. (2012).** Data Quality Principles in the Semantic Web. *2012 IEEE Sixth International Conference on Semantic Computing*, 226-229. <https://doi.org/10.1109/ICSC.2012.39>

**Azhar, S. (2011).** Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry, *Leadership Manage. Eng.*, 11(3), 241-252

**Becerik-Gerber, B., Jazizadeh, F., Li, N., & Calis, G. (2012).** Application Areas and Data Requirements for BIM-Enabled Facilities Management. *Journal of Construction Engineering and Management*, 138(3), 431-442. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000433](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000433)

**Bolpagni, M. (2013).** The implementation of BIM within the public procurement, A model based approach for the construction industry, VTT TECHNOLOGY 130

**Bossé, É., & Rogova, G. L. (Éds). (2019).** *Information Quality in Information Fusion and Decision Making*. Cham : Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-03643-0>

**Brous, P., Janssen, M., & Herder, P. (2019).** Next Generation Data Infrastructures: Towards an Extendable Model of the Asset Management Data Infrastructure as Complex Adaptive System. *Complexity*, 2019, 1-17. <https://doi.org/10.1155/2019/5415828>

**BSI (2018).** Little book of BIM, The British Standards Institution, BSI/UK/1317/PC/0218/EN/BLD.

**CERIU (2018).** Guide de gestion d'actifs à l'intention des petites municipalités, Centre d'expertise et de recherche en infrastructures urbaines

**COBIM (2012).** Common BIM Requirements: Series 12, Use of models in facility Management, Version 1.0

**Crawford, C. B., & Strohkirch, C. S. (1997).** Influence Methods and Innovators: Technocrats and Champions. *Journal of Leadership Studies*, 4(2), 43-54. <https://doi.org/10.1177/107179199700400205>

**East, E. W. and Nisbet, N. (2010).** Analysis of life-cycle information exchange, Proceedings of the International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, W. TIZANI (Editor), 30 June-2 July, Nottingham, UK, Nottingham University Press.

**Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., Liston, K. (2011).** BIM Handbook : A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors, John Wiley & Sons, Incorporated, 2011. ProQuest Ebook Central, <https://ebookcentral.proquest.com/lib/etsmtl-ebooks/detail.action?docID=698898>.

**Elbeltagi, E., Ammar, M., Sanad, H., & Kassab, M. (2016).** Overall multiobjective optimization of construction projects scheduling using particle swarm. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 23(3), 265-282. <https://doi.org/10.1108/ECAM-11-2014-0135>

**GSA (2011).** BIM Guide For Facility Management. General Services Administration, Public Buildings Service, Office of Design and Construction.

**Giglio, J. M., Friar, J. H., & Crittenden, W. F. (2018).** Integrating lifecycle asset management in the public sector. *Business Horizons*, 61(4), 511-519. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2018.03.005>

**Gurevich, U., Sacks, R. and Shrestha, P. (2017).** BIM adoption by public facility agencies: impacts on occupant value, Building Research & Information, 45:6, 610-630, DOI: [10.1080/09613218.2017.1289029](https://doi.org/10.1080/09613218.2017.1289029)

**IFMA (2013).** *BIM for Facility Managers*, edited by Paul Teicholz, John Wiley & Sons, Incorporated. ProQuest Ebook Central, <https://ebookcentral.proquest.com/lib/etsmtl-ebooks/detail.action?docID=1158414>.

**Ito, K. (2019).** Change beyond building information modeling to a “Digital Twin” in architecture. *Japan Architectural Review*, 2(4), 391-391. <https://doi.org/10.1002/2475-8876.12123>

**Koch, C., Hansen, G. K., & Jacobsen, K. (2019).** Missed opportunities: two case studies of digitalization of FM in hospitals. *Facilities*, 37(7/8), 381-394. <https://doi.org/10.1108/F-01-2018-0014>

**Larousse en ligne (2019).**

**Love, P. E. D., Matthews, J., Simpson, I., Hill, A., & Olatunji, O. A. (2014).** A benefits realization management building information modeling framework for asset owners. *Automation in Construction*, 37, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.09.007>

**Jones, S., Bernstein, H., Russo, M., Laquidara-Carr, D. (2014).** The Business Value of BIM for Owners, SmartMarket Report, McGraw Hill Construction

**Kasprzak, C., Ramesh, A., & Dubler, C. (2013).** Developing Standards to Assess the Quality of BIM Criteria for Facilities Management. *AEI 2013*, 680-690. <https://doi.org/10.1061/9780784412909.067>

**McKinsey & Co (2016).** Imagining construction’s digital future. Capital Projects and Infrastructure, McKinsey Productivity Sciences Center, Singapore

**Miettinen, R., & Paavola, S. (2014).** Beyond the BIM utopia: Approaches to the development and implementation of building information modeling. *Automation in Construction*, 43, 84-91. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.03.009>

**Motamedi, A., Hammad, A., & Asen, Y. (2014).** Knowledge-assisted BIM-based visual analytics for failure root cause detection in facilities management. *Automation in Construction*, 43, 73-83. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.03.012>

**Mohd Nawawi, M. N., Baluch, N., & Bahauddin, A. Y. (2014).** Impact of Fragmentation Issue in Construction Industry: An Overview. *MATEC Web of Conferences*, 15, 01009. <https://doi.org/10.1051/mateconf/20141501009>

**Motamedi, A., Forgues, D., Guénette, L.M. (2018)** Sondage sur l'utilisation et le niveau de connaissances des usages BIM auprès des propriétaires immobiliers au Québec et au Canada, *Groupe de recherche en intégration et développement durable en environnement bâti (GRIDD)*, présenté au Colloque annuel de l'AGPI (Association des gestionnaires de parcs immobiliers).

**Motamedi, A., Iordanova, I., & Forgues, D. (2018).** FM-BIM Preparation Method and Quality Assessment Measures. 17th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering (ICCCBE 2018).

**NBIMS-US (2008).** National BIM Standard - United States, National Institute of Building Sciences.

**NIBS buildingSMART alliance (2011),** BIM presentation handout

**NIST (2004).** National Institute of Standards & Technology

**Office Québécois de la langue française (2019)**

**Osztermayer, J., Zhang, H. G., & Feser, K. (s.d.).** Enhanced Competitiveness with a Modern Asset Management System, 7.

**Pantelias, A., Flintsch, G. W., Bryant, J. W., & Chen Chen. (2009).** Asset Management Data Practices for Supporting Project Selection Decisions. *Public Works Management & Policy*, 13(3), 239-252. <https://doi.org/10.1177/1087724X08327574>

**Poirier, E., Frenette, S., Carignan, V., Paris, H., Forgues, D. (2018),** 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, Groupe BIM Québec, 115.

**Price Waterhouse Cooper,** Information consultée le 28 octobre 2019 <https://www.cdbb.cam.ac.uk/BIM/BBM>

**Rogers, J., Chong, H.-Y., & Preece, C. (2015).** Adoption of Building Information Modelling technology (BIM): Perspectives from Malaysian engineering consulting services firms. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 22(4), 424-445. <https://doi.org/10.1108/ECAM-05-2014-0067>

**Säynäjoki, A., Pulkka, L., Säynäjoki, E.-S., & Junnila, S. (2017).** Data Commercialisation: Extracting Value from Smart Buildings. *Buildings*, 7(4), 104. <https://doi.org/10.3390/buildings7040104>

**Secrétariat du Conseil du trésor (2002).** Quatre catégories de standards au gouvernement du Québec, Secrétariat du Conseil du trésor, février 2002.

**Secrétariat du Conseil du trésor (2016).** Cadre commun d'interopérabilité du gouvernement du Québec, Architecture d'entreprise gouvernementale 3.2, 71, ISBN 978-2-550-76154-9.

**Shen, Z., Jiang, L., Grosskopf, K., & Berryman, C. (2012).** Creating 3D Web-Based Game Environment Using BIM Models for Virtual On-Site Visiting of Building HVAC Systems. Dans *Construction Research Congress 2012* (pp. 1212-1221). West Lafayette, Indiana, United States : American Society of Civil Engineers. <https://doi.org/10.1061/9780784412329.122>

**Simonian, L.G., P.E. and Korman, T.M. (2011).** Building Information Modeling for Electrical Contractors: Current Practice and Recommendations, Building Integration Solutions, AEI 2011.

**Spangler, S. (????).** The Corps' Approach to BIM, U.S. Army corps of engineers

**State of Queensland, Department of Transport and Main Roads (2017).** Guideline-Building Information Modelling (BIM) for Transport and Main Roads - A guide to enabling BIM on Road Infrastructure Projects, 17.

**Succar, B., Sher, W., & Williams, A. (2013).** An integrated approach to BIM competency assessment, acquisition and application. *Automation in Construction*, 35, 174-189. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.05.016>

**Tay, L., & Ooi, J. T. L. (2001).** Facilities management: a ``Jack of all trades''? *Facilities management*, 19(10), 6.

**Trader, L.K.E. (2002),** "Case study: identifying resistance in managing change", *Journal of Organizational Change Management*, Vol. 15 No. 2, pp. 138-155.

**UKBIMA (2017).** Data Requirements for the Construction and Management of Buildings: A Guide for Clients, UK BIM Alliance, October 2017.

**Vass, S., & Gustavsson, T. K. (2017).** Challenges when implementing BIM for industry change. *Construction Management and Economics*, 35(10), 597-610. <https://doi.org/10.1080/01446193.2017.1314519>

**Vlasák, P., & Čerbák, B. (2019).** BIM, STRUCTURAL ANALYSIS AND COMMUNICATION USING COMMON DATA ENVIRONMENT (CDE) IN THE FIELD OF WATER MANAGEMENT. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLII-5/W2*, 93-94. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-5-W2-93-2019>

**Zadeh, P. A., Wang, G., Cavka, H. B., Staub-French, S., & Pottinger, R. (2017).** Information Quality Assessment for Facility Management. *Advanced Engineering Informatics*, 33, 181-205. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2017.06.003>



GRIDD

GROUPE DE RECHERCHE  
EN INTÉGRATION ET DÉVELOPPEMENT DURABLE  
EN ENVIRONNEMENT BÂTI