

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

MÉGADONNÉES, BUILDING INFORMATION MODELING ET LA CONCEPTION DE  
PROJET

Mémoire

PRÉSENTÉ

COMME EXIGENCE PARTIELLE

À LA MAÎTRISE EN GESTION DE PROJET I'ESG-UQAM

PAR

XAVIER MORIN

JANVIER 2022

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL  
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.07-2011). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

## REMERCIEMENTS

Ce mémoire n'aurait pu être accompli sans l'aide et le soutien de nombreuses personnes et je tiens à remercier chacune d'elles. Je souhaite d'abord remercier Alejandro Romero-Torres et Marie-Pierre Leroux de m'avoir guidé tout au long de ce mémoire. Je suis énormément reconnaissant de la confiance que vous m'avez accordée et d'avoir cru en mon projet de recherche. Je me considère choyé d'avoir pu collaborer avec vous durant ces deux dernières années. Ce fut pour moi une opportunité hors du commun de me développer sur le plan académique et professionnel, mais aussi personnel. Grâce à votre encadrement et à votre support, j'ai su persévérer et je suis immensément fier du résultat obtenu. Je vous remercie encore une fois de m'avoir initié à la recherche.

Je remercie également l'organisation partenaire ayant accepté de participer à ce projet de recherche, ainsi que tous les intervenants ayant accepté de participer aux entrevues. Votre désir d'amélioration des pratiques en gestion de projet a grandement contribué à la réalisation de ce mémoire. Je remercie aussi Caroline Coulombe d'avoir été le point de contact avec l'organisation et de m'avoir aidé dans cette collecte de données.

J'exprime enfin toute ma gratitude envers ma mère, mon père, mon frère et Chloé qui m'ont incessamment aidé pendant ce marathon qu'est l'écriture d'un mémoire. Sans votre support moral et votre amour inconditionnel, rien de cela n'aurait été possible.

## **DÉDICACE**

Je dédie ce projet à la mémoire de Francis Perron



## TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES.....	viii
LISTE DES TABLEAUX.....	ix
LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES.....	x
RÉSUMÉ.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 - CONTEXTE.....	4
1.1 La 4 <sup>e</sup> révolution industrielle et l'avènement de l'IA.....	5
1.2 Les mégadonnées en gestion de projet.....	7
1.3 Outils décisionnels et outils de visualisations des données.....	9
1.4 BIM et les parties prenantes en gestion de projet.....	12
1.5 Aperçu de la problématique.....	14
CHAPITRE 2 - REVUE DE LITTÉRATURE.....	17
2.1 École de pensée, cycle de vie et types de décision.....	18
2.1.1 École de pensée de la prise de décision.....	18
2.1.2 Cycle de vie et prise de décision en gestion de projet.....	20
2.1.3 Différences entre les types de décision.....	26
2.2 Enjeux décisionnels en gestion de projet.....	31
2.2.1 Complexité décisionnelle en gestion de projet.....	31
2.2.2 Incertitude et biais décisionnels en gestion de projet.....	34
2.2.3 Risques décisionnels et gestion des parties prenantes en gestion de projet.....	39
2.3 IA, mégadonnées, BIM et prise de décision.....	42
2.3.1 L'IA et la prise de décision.....	42
2.3.2 Les mégadonnées et la prise de décision.....	48
2.3.3 BIM et la prise de décision collaborative en gestion de projet.....	53
CHAPITRE 3 - PROBLÉMATIQUE ET CADRE CONCEPTUEL.....	57
3.1 Problématique.....	58
3.2 Cadre conceptuel.....	59
CHAPITRE 4 - MÉTHODOLOGIE.....	65
4.1 Type de recherche.....	66
4.2 Positionnement épistémologique.....	67
4.3 Stratégie de recherche.....	68
4.4 Collecte et analyse de données.....	72
4.5 Population et échantillonnage.....	75
4.6 Validité de la recherche.....	79
4.7 Aspects éthiques.....	80

CHAPITRE 5 - RÉSULTATS .....	81
5.1 Présentation du BIM et des projets à l'étude.....	82
5.1.1 Présentation des principales fonctions du BIM dans les projets étudiés .....	82
5.1.2 Présentation de la société d'État gérant les deux projets.....	83
5.1.3 Présentation du cas A.....	83
5.1.4 Présentation du cas B.....	85
5.2 Présentation des résultats .....	86
5.2.1 Utilisation du BIM lors de la conception .....	86
5.2.1.1 Multidisciplinarité du BIM lors de la conception pour le projet A .....	87
5.2.1.2 Multidisciplinarité du BIM lors de la conception pour le projet B .....	87
5.2.1.3 Ajout ou redéfinition des rôles responsabilités lors de la conception pour le projet A .....	88
5.2.1.4 Ajout ou redéfinition des rôles responsabilités lors de la conception pour le projet B .....	89
5.2.1.5 Temps accordé à la conception pour le projet A.....	90
5.2.1.6 Temps accordé à la conception pour le projet B .....	92
5.2.1.7 Synthèse de l'impact de l'utilisation du BIM sur la conception de projet pour les projets A et B	93
5.2.2 Effets du BIM sur les relations entre les parties prenantes lors de la conception.....	93
5.2.2.1 Détection et résolution des interférences sur les maquettes du BIM pour le projet A .....	93
5.2.2.2 Détection et résolution des interférences sur les maquettes du BIM pour le projet B.....	96
5.2.2.3 Transfert de connaissances et communication pour le projet A.....	98
5.2.2.4 Transfert de connaissances et communication pour le projet B.....	100
5.2.2.5 Disparités dans la compréhension des objectifs et des attentes entre les professionnels pour le projet A	101
5.2.2.6 Disparités dans la compréhension des objectifs et des attentes entre les professionnels pour le projet B	105
5.2.2.7 Synthèse de l'effet du BIM sur les relations entre les parties prenantes lors de la conception pour les projets A et B.....	107
5.2.3 Prise de décision collaborative.....	108
5.2.3.1 Disponibilité et visualisation de l'information pour le projet A.....	108
5.2.3.2 Disponibilité et visualisation de l'information pour le projet B.....	110
5.2.3.3 Décisions préventives et vérifications de l'impact des décisions pour le projet A .....	111
5.2.3.4 Décisions préventives et vérifications de l'impact des décisions pour le projet B.....	113
5.2.3.5 Différents niveaux de compréhension des informations du BIM pour le projet A .....	115
5.2.3.6 Différents niveaux de compréhension des informations du BIM pour le projet B.....	117
5.2.3.7 Synthèse de l'impact du BIM sur la prise de décision lors de la conception pour les projets A et B	119
CHAPITRE 6 - DISCUSSION.....	120
6.1 L'influence de l'utilisation du BIM sur la conception de projet .....	121
6.1.1 Multidisciplinarité lors de la conception.....	121
6.1.2 Ajout ou redéfinition des rôles et responsabilités lors de la conception .....	123
6.1.3 Temps accordé à la conception .....	127
6.1.4 Synthèse de l'influence de l'utilisation du BIM sur la conception de projet.....	128
6.2 L'influence du BIM sur les relations entre les parties prenantes lors de la conception de projet.....	129
6.2.1 Détection et résolution des interférences sur les maquettes du BIM.....	129
6.2.2 Transfert de connaissances et communication .....	133
6.2.3 Disparités dans la compréhension des objectifs et des attentes entre les professionnels.....	135

6.2.4 Synthèse de l'influence du BIM sur les relations entre les parties prenantes lors de la conception de projet .....	139
6.3 Influence du BIM sur la prise de décision collaborative lors de la conception de projet .....	140
6.3.1 Disponibilité et visualisation de l'information.....	140
6.3.2 Décisions préventives et vérifications de l'impact des décisions.....	143
6.3.3 Différents niveaux de compréhension des informations du BIM.....	146
6.3.4 Synthèse de l'influence du BIM sur la prise de décision collaborative lors de la conception de projet	149
6.4 Contributions théoriques et pratiques.....	150
6.4.1 Contributions théoriques.....	150
6.4.2 Contributions pratiques.....	152
CHAPITRE 7 - CONCLUSION .....	155
7.1 Réponse à la question de recherche.....	156
7.1.1 Impact de l'utilisation du BIM sur la conception de projet au travers de son influence sur les rôles et responsabilités des acteurs .....	156
7.1.2 Impact du BIM sur la conception de projet de construction au travers de son influence sur la collaboration entre les parties prenantes .....	157
7.1.3 Impact de l'utilisation de BIM sur la conception de projet de construction au travers de son influence sur la prise de décision collaborative.....	159
7.2 Limites et avenues de recherche.....	160

## LISTE DES FIGURES

FIGURE 1. CYCLE DE VIE D'UN PROJET (INSPIRÉ DE CHA, NEWMAN AND WINCH, 2018) .....	22
FIGURE 2. CYCLE DE VIE RÉEL D'UN PROJET (INSPIRÉ DE ROLSTADAS ET AL., 2015).....	23
FIGURE 3. PROCESSUS DÉCISIONNEL (INSPIRÉ DE ROLSTADAS ET AL., 2015).....	24
FIGURE 4. CHAÎNE DE DÉCISION APPUYÉE PAR LES MÉGADONNÉES (INSPIRÉ DE JANSSEN, VAN DER VOORT ET WAHYUDI, 2017) .....	50
FIGURE 5. CHAÎNE DE VALEUR DES MÉGADONNÉES (INSPIRÉ DE WANG ET AL., 2016) .....	51
FIGURE 6. NATURE INTERDISCIPLINAIRE DES SCIENCES SOCIALES INFORMATIQUES (INSPIRÉ DE ZHANG ET AL., 2020)	61
FIGURE 7. SCHÉMATISATION DU CADRE CONCEPTUEL .....	63
FIGURE 8. STRUCTURES D'ÉTUDE DE CAS (YIN, 1994) .....	71

## LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1. TYPE DE DÉCISIONS, INSPIRÉ DE STINGL ET GERALDI (2017) .....	30
TABLEAU 2. TYPES DE DÉCISION ET THÉORIES, INSPIRÉ DE STINGL ET GERALDI (2017) .....	30
TABLEAU 3. PRÉSENTATION DES CAS À L'ÉTUDE .....	72
TABLEAU 4. LES PARTICIPANTS À LA RECHERCHE DU PROJET A.....	77
TABLEAU 5. LES PARTICIPANTS À LA RECHERCHE DU PROJET 6 .....	78

## **LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES**

BIM	Building Information Modeling
IA	Intelligence Artificielle

## RÉSUMÉ

Cette recherche a pour objectif d'explorer comment l'utilisation du BIM impacte la conception de projet de construction au travers de son influence sur les rôles et responsabilités des acteurs, sur la collaboration entre les parties prenantes et sur la prise de décision collaborative. Afin d'atteindre cet objectif, nous avons entrepris une collecte de données auprès d'une Société d'État gérant des projets d'infrastructure publique au nom des ministères concernés. Nous avons donc récolté des données dans deux projets distincts, soit deux projets de mise à niveau et de modernisation d'hôpitaux où le BIM fut utilisé. Au total, douze entrevues semi-dirigées furent réalisées, soit six pour chaque projet.

L'évidence empirique obtenue montre que l'utilisation du BIM accroît la multidisciplinarité lors de la conception de projet de construction. En effet, cette multidisciplinarité accrue vient causer une redéfinition des rôles et responsabilités pour certaines parties prenantes lors de la conception. La portée de la conception se voit alors être accentuée et cela augmente la pression temporelle de cette étape. Puis, la détection et la résolution des interférences sur les maquettes du BIM entraînent la hiérarchisation et la priorisation entre les professionnels et leur discipline respective. Cela peut engendrer certains enjeux au niveau des relations entre les parties prenantes, mais les ateliers de détection des interférences permettent aussi un transfert de connaissances et améliorent la communication entre les acteurs y participant. En plus, ce projet met en évidence les disparités dans les compréhensions et des attentes de l'utilisation du BIM entre les professionnels, ce qui complexifie la coordination et la collaboration multidisciplinaire. Au niveau de la prise de décision, nos résultats constatent que le BIM assure une plus grande disponibilité de l'information grâce à la visualisation en 3D de celle-ci. Par le fait même, la prise de décision se voit être accélérée et les décisions sont prises de manière plus éclairée. Également, le recours au BIM lors de la conception de projet de construction facilite les prises de décisions préventives, tout en permettant de vérifier préalablement l'impact de ces décisions. En revanche, les intervenants présentent différents niveaux de compréhension envers les informations contenues dans les maquettes du BIM, ce qui peut amener plusieurs défis pour la prise de décision collaborative et multidisciplinaire.

Cette recherche contribue au champ de la gestion de projet en le combinant à des concepts et des recherches issues des sciences informatiques, dont les mégadonnées et l'IA. De plus, ce mémoire explore que l'approche traditionnelle du cycle de vie d'un projet ne concorde pas avec les récents changements en gestion de projet, car cette approche se concentre principalement sur l'exécution des projets, alors qu'actuellement la conception de projet est l'étape où les perspectives se conjuguent afin de coordonner le chevauchement et l'alignement des technologies et des professionnels. Par ailleurs, cette recherche précise que la redéfinition des rôles et responsabilités en amont est un facteur critique influençant l'atteinte des bénéfices envisagés de l'utilisation du BIM.

**Mots clés :** Building Information Modeling, conception de projet, multidisciplinarité, parties prenantes, prise de décision, mégadonnées.

## ABSTRACT

This research aims to explore how using BIM impacts the front-end phase of construction projects through its influence on roles and responsibilities of actors, on collaboration between stakeholders and on collaborative decision-making. To achieve this objective, we undertook a data collection from a governmental organization managing public infrastructure projects on behalf of the Ministries concerned. We collected data from two separate projects: two modernization hospital projects where BIM was used. In total, twelve semi-structured interviews were conducted, six for each project.

Evidence shows that using BIM increases multidisciplinary during the front end of construction projects. Consequently, this multidisciplinary causes a redefinition for the roles and responsibilities of certain stakeholders. In addition, the front-end phase objectives are accentuated increasing expectations to reduce project time. Interference detection and resolution using BIM models lead to prioritization between professionals and their respective disciplines. This creates some issues in terms of relationships between stakeholders, but interference detection workshops can facilitate knowledge transfer and improve communication between actors involved in the project. Furthermore, this research reveals disparities among professionals about BIM expectations, which makes coordination and multidisciplinary collaboration more complex. At the decision-making level, BIM ensures greater information availability because of it enables 3D visualization. By the same way, decision-making is accelerated since decisions are made in a more enlightened manner. Finally, using BIM in the front-end phase of construction projects facilitates preventive decision-making, while allowing to verify the impact of decisions beforehand. However, stakeholders have different levels of understanding about the information contained in the BIM models, which can lead to several challenges for collaborative and multidisciplinary decision-making.

This research contributes to the project management field by combining it with concepts and research from computer sciences, including big data and artificial intelligence. In addition, this research reveals traditional project life cycle does not align with recent changes in project management, as this approach mainly focuses on executing of projects, whereas currently front end is the phase where perspectives come together to coordinate, overlap and align technologies and professionals. Moreover, this research specifies that roles and responsibilities redefinition is a critical factor influencing positive outcomes from BIM use.

**Keywords:** Building Information Modeling, project front-end, multidisciplinary, stakeholders, decision making, mega data.

## INTRODUCTION

La prise de décision consiste à faire un choix parmi un ensemble d'alternatives (Al Nahyan, Sohal, Hawas et Fildes, 2018) et le but d'une prise de décision est de maximiser les effets désirés, tout en minimisant ceux jugés comme indésirables (Idler et Spang, 2019). En gestion de projet, le processus décisionnel implique à répondre à des questions concernant la conception, la planification, l'exécution et la clôture d'un projet, ainsi qu'à des enjeux relatifs au transfert aux opérations, à la stratégie de gestion de gestion des bénéfices et à la gestion du changement (Shi, Hertogh, Bosch-Rekveltdt, Zhu et Sheng, 2020). Les contraintes du Triangle d'or (temps, coût, qualité) sont encore des considérations centrales des décisions en gestion de projet, mais, selon une optique durable, la transparence, la responsabilité sociale, ainsi que l'inclusion des parties prenantes sont des facteurs essentiels à considérer lors de la prise de décision (Silvius, Kampinga, Paniagua et Mooi, 2017).

Souvent, en gestion de projet, l'inclusion des parties prenantes est rendue possible grâce à l'édification d'un processus décisionnel collaboratif, menant alors à une prise de décision collective (Jankovic, Stal-Le Cardinal et Bocquet, 2010). Étant donné le caractère unique des projets, les gestionnaires de projet doivent souvent émettre un choix sans cadre ou modèle de référence guidant leur prise de décision (Fryling, 2010). Ce faisant, les décisions sont toujours biaisées, car elles sont influencées par les valeurs et perspectives propres aux gestionnaires, ainsi que par les biais algorithmiques et autres biais cognitifs (Fryling, 2010). De plus, il est possible qu'il ait peu de données pour supporter cette prise de décision, ou encore que le gestionnaire de projet ne soit pas en mesure de considérer toutes ces données (Fryling, 2010). En gestion de projet, la prise de décision est d'ailleurs influencée par la complexité, l'incertitude et les risques propres à chaque projet, ce qui illustre le caractère unique de ceux-ci (Shi et al, 2020).

Aujourd'hui, plusieurs entreprises matures technologiquement, dont certaines réalisant des projets, utilisent l'intelligence artificielle (IA) et les mégadonnées (traduction de *Big Data*) afin d'appuyer la prise de décision (Walker et Lloyd-Walker 2019). D'ailleurs, la prise de décision algorithmique fait référence à « l'application d'algorithmes de calcul pour résoudre *a priori* un problème bien défini » (Bader et Kaiser 2019, p.657) (traduction libre). De nouvelles solutions sont ainsi trouvées

par des algorithmes d'apprentissage automatique, qui peuvent apprendre au fur et à mesure qu'on leur intègre des données (Brynjolfsson et Mitchell, 2017). Ces logiciels d'IA assimilent les exemples, les données et les informations qui leur sont fournies dans le but de développer une logique découlant de la syntaxe des algorithmes et des résultats algorithmiques, qui supportent alors la prise de décision grâce à leur capacité d'analyse ultra rapide et à la prise en compte d'une plus grande variété d'alternatives (Tredinnick, 2017).

En gestion de projet, l'utilisation de l'IA est encore assez limitée, mais l'usage des mégadonnées est plus répandu (Williams, Ferdinand et Croft, 2014). De fait, Davenport (2019) considère que les mégadonnées représentent une opportunité sans précédent pour produire de nouvelles informations et pour parfaire la prise de décision. Grâce au traitement, stockage, analyse et présentation rapide d'une grande quantité d'informations, les outils de visualisation et d'agrégation des mégadonnées sont particulièrement utiles pour guider la prise de décision des gestionnaires de projet (Killen, Geraldi et Kock, 2020). Selon un angle décisionnel, il est essentiel de nuancer données et informations : « les données représentent les transactions de base capturées pendant les opérations, tandis que les informations représentent les données traitées et agrégées (ex. les dérivations, les regroupements, les modèles, etc) » (Tien, 2003, p.104) (traduction libre).

Pour la gestion de projet de construction, la technologie du *Building Information Modeling* (BIM) facilite la collecte, la préparation et l'analyse de mégadonnées dans le but d'encourager la prise de décision collective et collaborative, de la conception du projet jusqu'à sa clôture (Murphy, 2014). En pratique, l'implantation du BIM au sein d'une équipe projet favorise l'échange d'informations entre les parties prenantes, ce qui aide à la bonne communication (Murphy, 2014). Toutefois, le BIM n'est pas maîtrisé également par toutes ces parties prenantes et les informations fournies par cette technologie ne sont pas comprises de la même manière par tout un chacun (Sebastian, 2011). De fait, l'utilisation des mégadonnées, et plus précisément du BIM en gestion de projet, a le potentiel d'accélérer la prise de décision et le partage d'informations (Olson et Bull-Berg, 2014). Afin de transformer les mégadonnées en informations utilisables pour la prise de décision, il faut entreprendre un processus nécessitant la collaboration de multiples parties prenantes. Or, dans le cas de BIM, la participation des acteurs et la compréhension commune des informations sont équivoques (Forsythe, Sankaran et Biesenthal, 2015). Ce mémoire vise donc à étudier l'utilisation

du BIM dans les projets de construction afin de déterminer son impact sur la prise de décision collaborative, d'où la présente question de recherche :

**Comment l'utilisation du BIM impacte la conception de projet de construction au travers de son influence sur les rôles et responsabilités des acteurs, sur la collaboration entre les parties prenantes et sur la prise de décision collaborative ?**

Afin de bien situer ce projet de recherche, nous décrivons d'abord le contexte technologique dans lequel il s'inscrit. Cela nous permet de bien comprendre les utilités des mégadonnées en gestion de projet. S'en suit le chapitre 2, soit la revue de littérature qui permet de délimiter notre cadre de recherche. La première partie de cette revue de littérature porte sur différentes écoles de pensées de la prise de décision en gestion de projet et sur les relations entre le cycle de vie d'un projet et la prise de décision. La deuxième partie est consacrée aux enjeux décisionnels propres à la gestion de projet. La troisième et dernière partie présente la prise de décision appuyée par l'IA, les mégadonnées et le BIM. Le chapitre 3 précise la problématique de ce mémoire en soulignant le cadre théorique de celui-ci. Le chapitre 4 explique la méthodologie de recherche qui est adoptée pour ce mémoire. Le chapitre 5 présente les résultats de la recherche. Les 6<sup>e</sup> et 7<sup>e</sup> chapitre comporte respectivement la discussion, ainsi que la conclusion.

## **CHAPITRE 1 - CONTEXTE**

Dans ce chapitre, nous abordons le contexte technologique circonscrivant notre projet de recherche. Nous commençons par décrire la transition vers la quatrième révolution industrielle et l'avènement de l'intelligence artificielle. Nous enchainons ensuite avec l'utilisation des mégadonnées en gestion de projet. Nous poursuivons alors avec le recours aux outils d'aide à la prise de décision et les outils de visualisation des données. Puis, nous continuons avec le recours au BIM et ses effets sur les parties prenantes en gestion de projet. Nous terminons avec un aperçu de notre problématique de recherche.

## 1.1 La 4<sup>e</sup> révolution industrielle et l'avènement de l'IA

L'avènement des mégadonnées, de l'intelligence artificielle et de l'Internet des objets a drastiquement changé comment le travail est réalisé et quel type de travail est réalisé (Autor, 2015). La quatrième révolution industrielle est donc bel et bien entamée et les activités de travail sont de plus en plus automatisées et numérisées (Hirschi, 2018). Actuellement, « il se passe rarement une journée sans que l'IA soit présentée comme un acteur indépendant dans les domaines économiques, sociaux et politiques par les médias populaires : l'IA prédit, l'IA trouve, l'IA résout, l'IA décide » (Schwartz, 2019, p.99) (traduction libre). Le terme IA est appliqué dans de nombreux domaines hors de l'informatique et de l'ingénierie, dont la philosophie, l'administration et la politique appliquée. Ceci dit, il n'y a pas de consensus entre les experts de l'IA pour une définition de cette technologie (Wang, 2019). Néanmoins, Wang (2019, p.17) précise que l'intelligence, dans un contexte technologique, « est la capacité d'un système de traitement de l'information à s'adapter à son environnement tout en fonctionnant avec connaissances et des ressources jugées insuffisantes » (traduction libre).

Or, il y a des différences substantielles entre la définition de l'intelligence en générale et la définition de l'IA. Notamment, l'IA est créée précisément pour être utile et profitable à ses concepteurs et à ses utilisateurs, alors que l'intelligence humaine est innée et non construite (Yampolskiy, 2020). Aussi, les logiciels qui utilisent l'IA possèdent plusieurs caractéristiques intrinsèques. Entre autres, « il doit être possible d'éteindre et d'allumer un logiciel d'IA, de modifier et de corriger l'algorithme une fois qu'il est déployé, de comprendre les décisions et les conseils suggérés par l'IA, ainsi que d'opérer avec un biais minimal et un maximum de transparence » (traduction libre) (Yampolskiy, 2020, p.68).

En ce sens, Yampolskiy (2020, p.69) définit l'IA comme un « agent entièrement maîtrisé ayant la capacité d'un système de traitement de l'information à s'adapter à son environnement tout en fonctionnant avec des connaissances et des ressources limitées » (traduction libre). Il est important de préciser que l'IA n'est pas une technologie à proprement parler, mais bien une catégorisation regroupant diverses technologies cognitives (Farrant, 2019). De telles technologies sont en mesure d'effectuer des tâches, qui traditionnellement relevaient de l'intelligence humaine, en reproduisant certaines caractéristiques du cerveau humain, dont la perception et le savoir, afin d'identifier une

image ou d'interpréter le sens d'une phrase (Davenport, 2019). La forme d'IA et de technologies cognitives la plus souvent citée est l'apprentissage automatique, et plus particulièrement l'apprentissage automatique statistique (*Statistical Machine learning*), les réseaux neuronaux artificiels (*Artificial neural networks*) et l'apprentissage profond (*Deep learning*) (Davenport, 2019).

En gestion de projet, il est possible pour des algorithmes d'apprentissage automatique de détecter les tendances, les modèles et les opportunités potentielles, en plus d'aider au suivi et contrôle des activités de projet (Williams, Ferdinand et Croft, 2014), et ce même si l'utilisation de l'IA en gestion de projet est encore à ses balbutiements (Yampolskiy, 2020). Il est important de préciser que les algorithmes de calculs permettant la création de logiciels d'apprentissage automatique reposent sur des milliers, voire des millions de données chacune d'elles insignifiantes à l'œil du décideur humain (Davenport, 2019). Une telle quantité de données fait généralement référence au terme mégadonnées. Les mégadonnées se définissent comme « des actifs informationnels caractérisés par un volume, une vitesse et une variété si élevés qu'ils nécessitent une technologie et des méthodes analytiques spécifiques pour leur transformation en valeur » (De Mauro, Greco et Grimaldi, 2015, p.103) (traduction libre).

Le volume des mégadonnées réfère à la quantité des données, ce qui peut faciliter la génération de nouvelles informations, mais exige une infrastructure informatique complexe et sécuritaire pour les gérer (Zikopoulos et Eaton, 2011). Autrement dit, une organisation doit posséder les compétences et les capacités techniques et technologiques nécessaires pour être en mesure de transformer les mégadonnées en actifs informationnels et ainsi créer de la valeur (Zikopoulos et Eaton, 2011). La vitesse représente la vitesse à laquelle les données entrent dans les systèmes informatiques (Sagiroglu et Sinanc, 2013). La variété illustre le caractère hétérogène des mégadonnées : un mélange de données structurées et non structurées (Chen, Chiang et Storey, 2012). Les données structurées sont des données facilement quantifiables, telles que des documents et des rapports d'entreprise, alors que les données non structurées sont difficilement quantifiables et analysables sans une infrastructure informatique appropriée, telles que les données numériques laissées par un utilisateur de réseaux sociaux, ainsi que des photos et des vidéos (Williams, Ferdinand et Croft, 2014).

La véracité des mégadonnées se présente comme extension des trois derniers critères (Sathi, 2012). Ce facteur détermine la crédibilité des mégadonnées et la concordance de celles-ci avec les objectifs organisationnels (Sathi, 2012). Pour renforcer la convenance des mégadonnées et ainsi appuyer la prise de décision, les mégadonnées doivent provenir de sources fiables, d'où le critère de véracité (Sathi, 2012). Bien que l'IA soit encore à sa phase embryonnaire en gestion de projet, l'utilisation des mégadonnées est beaucoup plus fréquente, notamment pour la conception et la mise en œuvre d'outils informatiques aidant à la prise de décision par la visualisation et la représentation de ces mégadonnées (Williams, Ferdinand et Croft, 2014).

## 1.2 Les mégadonnées en gestion de projet

En gestion de projet, grâce à l'agrégation et à l'analyse des mégadonnées, les informations et les interactions entre les projets d'une entreprise peuvent être mises en lumière pour faciliter la conception de projets (Williams, Ferdinand et Croft, 2014). De plus, par la récolte et le traitement d'informations issues des mégadonnées, les décideurs sont plus à même d'élaborer des projets et des initiatives adaptées au contexte et à la réalité organisationnelle de l'entreprise (Williams, Ferdinand et Croft, 2014). Concrètement, « les organisations peuvent mettre en œuvre des systèmes qui évaluent le flux d'informations, tout en générant des informations à l'aide d'affichages visuels pour permettre aux parties prenantes d'identifier les problèmes en gestion de projet en temps quasi réel » (Williams, Ferdinand et Croft, 2014, p.317) (traduction libre). Notamment, certains outils automatisés analysent et examinent la documentation à la minute près (Sukanya et Biruntha, 2012). Ces outils révisent, résumant et présentent les grandes quantités de texte que l'on retrouve dans les rapports, archives, courriels ou autres documents relatifs à un projet (Sukanya et Biruntha, 2012). Au fur et à mesure que le projet avance, il est aussi possible de reconfigurer les logiciels d'analyse de données afin de les adapter aux exigences et attributs des parties prenantes (Williams, Ferdinand et Croft, 2014). Ainsi, la maîtrise des capacités requises pour traiter les mégadonnées peut fournir des solutions aux problèmes complexes de la gestion de projet (Zhang, Ren, Liu et Si, 2017).

Lors de l'évaluation d'un projet, il peut être difficile d'accéder à des données et informations relatant l'avancement du projet (Volden et Samset, 2013). De fait, les récents développements dans les outils d'analyse des mégadonnées facilitent l'évaluation de la performance d'un projet en

fournissant au gestionnaire de projet des avertissements lorsque des écarts surviennent (Olsson et Bull-Berg, 2014). Dans le cas de projet de construction, il est requis de disposer d'indicateurs précisant l'état du projet, de la conception jusqu'à la clôture. Cela est maintenant possible par l'utilisation de systèmes informatiques collectant et représentant les mégadonnées selon le degré d'avancement du projet (Olsson et Bull-Berg, 2014). De cette façon, les mégadonnées peuvent être utilisées pour améliorer les évaluations *ex ante* et *ex post* des projets de construction (Olsson et Bull-Berg, 2014).

Suite à plusieurs entrevues avec des gestionnaires de projet œuvrant dans un milieu technologique, Olsson et Bull-Berg (2014) soulèvent quelques enjeux relatifs l'utilisation des mégadonnées en gestion de projet : la disponibilité, l'applicabilité, la pertinence, la confidentialité, la propriété, le coût et les compétences. D'abord, la disponibilité des mégadonnées est déterminée par deux facteurs. D'une part, il faut que quelqu'un demande ces données : « les entretiens montrent plusieurs exemples de données disponibles, mais non utilisées, car personne n'en a vu le potentiel » (Olsson et Bull-Berg, 2014, p.496) (traduction libre). D'autre part, il faut que les données soient disposées de façon à être analysées. À titre d'exemple, les données s'étalant sur une longue période sont difficilement acquérables, notamment celles modélisant le contexte d'avant-projet (Olsson et Bull-Berg, 2014). Afin d'obtenir de telles données, les gestionnaires de projet doivent déterminer quelles données sont pertinentes et récupérables aux moments souhaités, celles-ci peuvent alors être stockées sur une longue période et utilisées lors de la conception de projet (Olsson et Bull-Berg, 2014). Les auteurs notifient que la volonté de participer à ce stockage à long terme dépend de la perception qu'ont les parties prenantes envers ce type de données (Olsson et Bull-Berg, 2014).

L'applicabilité des mégadonnées engendre de nouvelles possibilités pour analyser un projet selon différents types de données (Olsson et Bull-Berg, 2014). En gestion de projet, les mégadonnées peuvent servir à « soutenir la triangulation et l'assurance de la qualité des données, compléter et améliorer les paramètres d'évaluation existants, fournir de nouveaux paramètres d'évaluations et illustrer des effets qui n'ont pas pu être visualisés auparavant » (Olsson et Bull-Berg, 2014, p.497) (traduction libre). Ensuite, la pertinence des mégadonnées dépend de leur comparabilité dans le temps. Effectivement, si les agrégations de mégadonnées varient excessivement, l'analyse de celles-ci risque ne pas être pertinente (Olsson et Bull-Berg, 2014). Par ailleurs, la confidentialité des mégadonnées, selon une optique légale et éthique, est indispensable afin de protéger les

informations et les renseignements privés de parties prenantes impliquées dans le projet (Olsson et Bull-Berg, 2014). Les données appartiennent à quiconque les a collectées et les données agrégées sont la propriété de l'organisation qui a réalisé l'agrégation (Olsson et Bull-Berg, 2014, p.498).

Le coût de l'agrégation des mégadonnées provient de la collecte, du stockage, de l'analyse et de l'utilisation de celles-ci (Olsson et Bull-Berg, 2014). Généralement, pour les projets d'infrastructures, les données étant les plus dispendieuses sont celles n'étant pas encore disponibles, « mais pouvant être captées avec une technologie connue. La collecte de ce type de données peut nécessiter l'ajout de capteurs à différents endroits, avec des moyens de collecte de données correspondants tels que des câbles et de l'alimentation électrique » (Olsson et Bull-Berg, 2014, p.498) (traduction libre). Enfin, le manque de compétences est un facteur pouvant potentiellement limiter l'utilisation des mégadonnées (Olsson et Bull-Berg, 2014). Avec l'introduction de nouvelles technologies, tel que les outils de visualisations de données, le rôle de certaines parties prenantes est modifié (Sebastian, 2011), mais sans la collaboration entre ces dernières, le processus menant à l'identification, la collecte, l'analyse et l'interprétation des données est complexifié (Janssen, van der Voort et Wahyudi, 2017).

### 1.3 Outils décisionnels et outils de visualisations des données

Les outils décisionnels sont définis comme des « techniques, méthodes, modèles, cadres, approches et méthodologies disponibles pour soutenir la prise de décision » (Clark, 1997, p.417) (traduction libre). Le tableau de bord équilibré, l'analyse comparative, l'analyse PEST, le cadre des cinq forces de Porter et l'analyse SWOT figurent parmi les outils décisionnels les plus populaires chez les décideurs (Koseoglu, Tetteh et King, 2019). En gestion de projet, le diagramme de Gantt, les tableaux de bord du portefeuille, le budget et l'échéancier sont des outils décisionnels fréquemment utilisés (Koseoglu, Tetteh et King, 2019). Présentement, certains outils décisionnels sont informatisés et des chercheurs argumentent que la numérisation de ces outils, par le biais d'algorithmes de calcul, permet de mieux évaluer les alternatives et ainsi améliorer le processus décisionnel (Ksiazek, Nowak, Kivrak, Roslon et Ustinovichius, 2014). Parmi ces outils, l'on compte ceux permettant la visualisation des mégadonnées, tel que le BIM et les diagrammes de langage de modélisation unifié, afin de faciliter la prise de décision (Killen, Gerald et Kock, 2020). La disponibilité des mégadonnées numérisées et les récents progrès dans les logiciels permettent

la création d'outils soutenant l'identification d'alternatives et la représentation d'informations (Killen, Geraldi et Kock, 2020).

Il est établi que la visualisation des données influence les mécanismes cognitifs des décideurs (Ware, 2012). Killen, Geraldi et Kock (2020) soutiennent que cette influence est potentiellement positive, menant ainsi à de meilleures décisions, ou négative, par l'introduction d'un biais accru dans les décisions. Selon l'angle plus positif, la visualisation simplifiée des mégadonnées augmente l'information qu'un gestionnaire de projet ou autre décideur peut traiter et analyser (Killen, Geraldi et Kock, 2020). Précisément, les systèmes informatiques assurant la visualisation de données permettent la considération d'un plus grand ensemble de données et ainsi améliorent la prise de décision grâce à trois mécanismes distincts (Killen, Geraldi et Kock, 2020) : ces outils simplifient la compréhension des données multidimensionnelles et complexes (Tufte, 2001), ils permettent aux décideurs d'accéder plus rapidement aux informations (Ware, 2012) et ils améliorent la mémoire des décideurs, car ces outils sont en quelque sorte une représentation visuelle de la mémoire des décideurs, à laquelle ils peuvent se référer à tout moment (MacNeice, 1951). Aussi, la représentation et la visualisation des interdépendances entre les projets d'un portefeuille influent positivement sur la prise de décision et la performance du portefeuille, en termes d'alignement stratégique et de gestion des ressources (Arlt, 2010).

Selon l'angle plus négatif, les outils de visualisation des données « peuvent biaiser les décisions en concentrant l'attention sur un ensemble limité d'alternatives, en augmentant la saillance et l'évaluabilité de moins d'informations diagnostiques et en encourageant des comparaisons inexactes » (Lurie et Mason, 2007, p.160) (traduction libre). De plus, l'utilisation d'heuristiques peut être renforcée par l'application des systèmes de visualisation des données et cela peut hasarder négativement la prise de décision (Killen, Geraldi et Kock, 2020). Les heuristiques se définissent comme « des processus cognitifs utilisés délibérément ou inconsciemment pour omettre des informations (disponibles) et permettre une prise de décision rapide » (Killen, Geraldi et Kock, 2020, p.269) (traduction libre). En soi, les heuristiques ne sont ni positives ni négatives, mais les aspects potentiellement néfastes de l'utilisation d'heuristiques peuvent être accentués si différents outils de visualisation de données présentent la même perspective d'un projet (Killen, Geraldi et Kock, 2020). Dans cette situation, les gestionnaires de projet sont prédisposés au biais de

confirmation, ce qui les incite à privilégier des informations qui confirment leurs croyances et à discréditer celles qui infirment leurs croyances (Killen, Geraldi et Kock, 2020).

Également, l'automatisation des activités de travail ou la représentation numérique des données ne vient pas complètement remplacer les activités humaines, mais bien les changer (Parasuraman et Manzey, 2010). Parfois, ces changements sont imprévus et involontaires, car ils furent inconsiderés par les concepteurs lors de la mise en œuvre de la technologie. Les bénéfices anticipés par l'automatisation ou la visualisation de données sont alors contrecarrés par des externalités découlant d'une utilisation inadéquate ou inadaptée de la technologie (Parasuraman et Manzey, 2010). Parmi ces externalités, *l'automation complacency* décrit une situation où un opérateur a manqué à convenablement inspecter l'état d'une technologie ou l'analyse d'un système de traitement de données en supposant que tout est sous contrôle; s'en suit alors de malencontreux incidents (Parasuraman et Manzey, 2010). Donc, un tel phénomène se réalise lorsque la perception et le jugement humain sont altérés par des modélisations de données réalisées par des systèmes informatiques représentant incorrectement des situations ou des contextes et que les opérateurs doivent ensuite prendre des décisions avec un jugement embrumé (Wickens et Alexander, 2009).

En gestion de projet de construction, la technologie de visualisation et de gestion des mégadonnées la plus répandue est celle du BIM, puisque le BIM illustre numériquement toutes les données relatives à l'avancement d'un projet et ainsi permet de modéliser un bâtiment ou des sections de bâtiment virtuellement afin de planifier et de suivre la progression du projet (Lu, Lai et Tse, 2019). Le terme BIM désigne des ensembles « d'outils, de processus et de technologies paramétriques utilisés pour la création et la maintenance d'une base de données collaborative intégrée d'informations multidimensionnelles concernant la conception, la construction et l'exploitation d'un bâtiment » (Fazli et al, 2014, p.1117) (traduction libre). Les logiciels utilisant le BIM cherchent à intégrer informatiquement les informations et données relatives à un bâtiment, en termes de matériaux, design, cycle de vie et autres données (Ghaffarianhoseini et al, 2016). De fait, « la visualisation numérique des caractéristiques physiques et fonctionnelles d'une installation permet aux utilisateurs de transférer les données de conception et les spécifications entre différentes applications logicielles, à la fois au sein d'une organisation et d'une équipe projet » (Ghaffarianhoseini et al, 2016, p.2) (traduction libre).

En d'autres termes, le BIM permet de collecter, préparer et analyser des données pour une prise de décision collective et collaborative tout au long du cycle de vie du projet. L'utilisation du BIM au sein d'une équipe projet facilite le partage d'informations entre les diverses parties prenantes. Les données sont continuellement collectées, stockées et mises à jour, ce qui permet de suivre l'évolution et l'avancement du projet selon les exigences établies et ainsi prendre les décisions nécessaires afin d'atteindre les objectifs pour satisfaire les parties prenantes (Ghaffarianhoseini et al, 2016). De nombreux projets d'infrastructures majeurs ont été conçus en utilisant le BIM, notamment le *Walt Disney Concert Hall*, la *Shanghai Tower* et le *Heathrow Terminal 5* (Fazli et al, 2014) (Bryde, Broquetas et Volm, 2013). Somme toute, comme mentionnée précédemment, l'introduction des mégadonnées dans la gestion de projet modifie le rôle de certaines parties prenantes. Ultimement, cela peut nuire à la collaboration entre les différents acteurs impliqués dans un projet et à la prise de décision collaborative (Murphy, 2014).

#### 1.4 BIM et les parties prenantes en gestion de projet

Murphy (2014, p.439) énonce clairement que « la mise en œuvre du BIM ne s'intègre pas facilement dans un cadre de gestion de projet traditionnel, mais nécessite une approche collaborative plus flexible et informelle » (traduction libre). Étant donné ce changement dans l'approche en gestion de projet, certaines entreprises peinent à modifier leur mode de travail et culture organisationnelle pour s'adapter à l'implémentation du BIM (Panuwatwanich et Peansupap, 2013). L'adoption et l'utilisation du BIM sont conditionnées par les relations que la technologie entretient avec le contexte social dans lequel elle est exploitée (Linderoth, 2010). Le contexte social est quant à lui façonné par la communication et le partage de données entre les parties prenantes (Murphy, 2014). L'intégration et la collaboration des différentes parties prenantes dans les processus décisionnels sont ainsi des facteurs critiques pour la réussite à long terme du BIM (Murphy, 2014). Selon ces constats, Murphy (2014) réitère que le BIM doit favoriser la prise de décision collaborative entre les diverses parties prenantes grâce à leurs compétences complémentaires, mais que cette collaboration est difficilement atteignable dû aux rôles ambigus et changeants de celles-ci. Certaines parties prenantes éprouvent alors un manque de connaissances envers leurs nouveaux rôles, créant ainsi des embûches pour la coordination des tâches et la collaboration (Sebastian, 2011).

Afin de prendre des décisions spécifiques pour chacune des phases du cycle de vie du projet, une collaboration entre les parties prenantes est nécessaire, d'autant plus lorsqu'on considère l'imprévisible évolution du contexte social entourant les projets de construction (Sebastian, 2011). Les mécanismes de prise de décision collaboratifs utilisant le BIM mènent à la modification de certaines tâches et activités dans les phases de conception initiales du projet (Sebastian, 2011). Par exemple, les configurations du BIM placent « l'architecte, l'ingénieur et le constructeur dans une position très différente qui influence non seulement leurs rôles, mais aussi leurs responsabilités, tâches et communication avec le client, les utilisateurs, l'équipe et les autres parties prenantes » (Sebastian, 2011, p.180) (traduction libre). Ce faisant, les acteurs doivent négocier afin de déterminer quels rôles sont remplacés et quels intervenants doivent réaliser les nouvelles responsabilités amenées par l'utilisation du BIM. Donc, il est nécessaire que les intervenants collaborent pour développer de nouvelles pratiques de gestion de projet et de conception de projet, mais cela peut engendrer des tensions entre ceux-ci (Bosch-Sijtsema et Gluch, 2021).

Aussi, plus de temps et de ressources sont octroyés à l'édification de la structure permettant la modélisation et le partage des données lors de la conception du projet (Sebastian, 2011). Le processus de collaboration menant à la modélisation et au partage des données ne peut être standardisé en fonction des leçons apprises d'un précédent projet, car le BIM doit être ajusté selon les spécificités du projet en cours (Sebastian, 2011). Les parties prenantes ne peuvent donc pas fournir des solutions et prendre des décisions en se référant à des modélisations passées, puisque le processus de collaboration et de coordination des responsabilités est redéfini et restructuré dès les étapes initiales du projet (Sebastian, 2011).

Ce changement dans les rôles des parties prenantes entraîne plusieurs embûches dans l'application de BIM, car « utiliser le BIM nécessite une approche technocratique qui est maîtrisée par peu. Certaines entreprises, en particulier les petits entrepreneurs, n'ont pas la capacité technique d'accéder et même de comprendre les modèles du BIM » (Forsythe, Sankaran et Biesenthal, 2015, p.84) (traduction libre). Précisément, dû à la modification de leurs responsabilités, ces parties prenantes n'ont pas les connaissances requises pour saisir toutes les implications du BIM. En conséquence, alors que le BIM agit comme un médium facilitant l'échange d'information entre les acteurs dans les phases initiales d'un projet, il est possible que ces informations ne soient pas comprises de la même manière par toutes les parties prenantes, ce qui risque d'affecter les décisions

prises dans ces étapes (Holzer, 2011). Cette prise de décision collaborative est complexifiée par le fait que certaines parties prenantes hors de l'équipe projet, mais concernées par la réalisation du projet, ne sont souvent pas consultées ou impliquées dans les phases initiales, là où elles auraient une grande influence sur la prise de décision (Holzer, 2011).

De ce fait, en gestion de projet, les stratégies de prise de décision sont intimement liées aux motivations, intérêts et attitudes des parties prenantes, ainsi qu'à l'évolution de leurs attributs (Yang, Wang et Jin, 2014). Plus spécifiquement, le pouvoir, la légitimité et l'urgence des parties prenantes sont des attributs qui influencent considérablement la prise de décision chez certaines organisations (Yang, Wang, Jin 2014) (Mitchell, Agle et Wood, 1997). Dès lors, la disparité et la possible dichotomie des attributs entre les différentes parties prenantes ont des répercussions sur la capacité du gestionnaire de projet à prendre des décisions (Yang, Wang et Jin, 2014). Par exemple, dans un projet de construction réalisé en partenariat public-privé, les attributs des parties prenantes entre les secteurs public et privé divergeront, mais aussi au sein des secteurs, notamment entre le gouvernement local et national, ainsi qu'entre plusieurs investisseurs privés (Flyvbjerg, 2012). Donc, pour chaque décision, le gestionnaire de ce projet risque de ne pas respecter tous les attributs, et, étant donné la multitude de parties prenantes, il y a un fort risque que certaines de celles-ci ne soient pas satisfaites par une décision donnée (Yang, Wang et Jin, 2014). Le processus décisionnel doit alors être conçu de manière à faciliter l'engagement des parties prenantes, afin de rendre possible la prise de décision collaborative (Idler et Spang, 2019). En conséquence, les possibles variations dans l'interprétation des informations fournies par le BIM entre les parties prenantes risquent d'impacter la prise de décision collaborative en gestion de projet.

### 1.5 Aperçu de la problématique

En gestion de projet, le processus décisionnel implique de faire des choix durant toutes les phases du cycle de vie du projet (Shi et al, 2020). Le temps, le coût, les risques, les bénéfices et la portée sont encore des préoccupations significatives des décisions en gestion de projet. En adoptant une vision durable, la transparence, la responsabilité sociale, ainsi que l'inclusion des parties prenantes sont des éléments déterminants à considérer lors de la prise de décision (Silvius et al, 2017). L'inclusion des parties prenantes encourage une prise de décision transparente et ceci renvoie à la volonté d'une organisation de respecter ses engagements en termes de responsabilité de sociale

(Silvius et al, 2017). Ces dimensions sont d'autant plus importantes dans les projets d'infrastructures où la pérennité est devenue une nécessité (Sebastian, 2011). En effet, le partage d'information entre les parties prenantes, possédant différentes connaissances et compétences, est un facteur critique pour la réussite de ces types de projets (Sebastian, 2011).

Par contre, comme présenté précédemment, avec l'introduction des mégadonnées dans les processus décisionnels, certaines parties prenantes ne sont pas en mesure de bien comprendre les tenants et les aboutissants des décisions (Olsson et Bull-Berg, 2014). Bien que les mégadonnées soient perçues comme une opportunité pour générer des informations pertinentes (Davenport, 2019), l'utilisation de celles-ci pour supporter la prise de décision engendre de nouveaux enjeux, dont la gestion de différentes sources de données, la concordance et l'intégration de celles-ci dans la culture et structure organisationnelle, la participation des parties prenantes dans l'élaboration du processus décisionnel basé sur les mégadonnées et l'interprétation des décisions appuyées par les mégadonnées (Intezari et Gressel, 2017). Ainsi, les logiciels d'agrégation des mégadonnées peuvent traiter, stocker et présenter rapidement une grande quantité d'informations afin de faciliter une prise de décision parmi un ensemble d'alternatives, mais l'impact sur les relations entre les parties prenantes et la prise de décision collaborative en gestion de projet reste incertain.

À cet égard, le BIM permet de collecter, préparer et analyser des données, en vue de favoriser une prise de décision collective et collaborative tout au long du cycle de vie d'un projet de construction (Zanni, Ruikar et Soetanto, 2020). Toutefois, certaines parties prenantes n'ont pas les connaissances et les capacités techniques requises pour bien saisir les informations menant à la prise de décision appuyée par le BIM et cela serait d'autant plus probant dans les phases initiales d'un projet (Sebastian, 2011, Murphy, 2014). Spécifiquement, l'un des enjeux décisionnels majeurs de la conception est d'identifier, d'évaluer et de sélectionner un ou des concepts pertinents qui serviront de guide pour le restant du projet (Williams et Samset, 2010). Dans certains projets de construction, ce(s) concept(s) est(sont) choisis sans examen ni consultation préalable avec les parties prenantes (Samset, 2008). Sans la participation de tous les acteurs concernés, cette décision initiale risquerait d'être incontestée et deviendrait alors le concept de prédilection, et ce même si la collaboration entre les parties prenantes et l'engagement de celles-ci n'aurait pas été privilégiée (Samset, 2008). En somme, « un haut niveau de capacité technique et un niveau d'engagement élevé de toutes les parties prenantes sont nécessaires pour que le BIM fonctionne dans la pratique

» (Forsythe, Sankaran et Biesenthal, 2015, p.84) (traduction libre). La collaboration, basée sur les modèles du BIM, durant la conception des projets de construction n'est donc pas assurée.

## CHAPITRE 2 - REVUE DE LITTÉRATURE

Dans un premier temps, différentes écoles de pensées de la prise de décision en gestion de projet sont abordées, plus précisément l'approche normative et descriptive. S'en suit une description des liens entre le cycle de vie d'un projet et la prise de décision. Cela mène à la présentation des types de décisions selon les phases du cycle de vie du projet, avec un accent sur la conception d'un projet. Certaines variations dans les types de décisions sont également évoquées. Dans un deuxième temps, les enjeux découlant de la prise de décision en gestion de projet sont étudiés, soient : la complexité décisionnelle en gestion de projet, l'incertitude propre à la gestion de projet et les risques émanant de la gestion des parties prenantes. Dans un troisième temps, la prise de décision avec les mégadonnées et BIM est exposée. Donc, la prise de décision avec l'IA est brièvement abordée, afin d'enchaîner avec la prise de décision appuyée par les mégadonnées et pour conclure avec la prise de décision collaborative rendue possible avec le BIM, tout en soulignant les divers enjeux de cette collaboration.

## 2.1 École de pensée, cycle de vie et types de décision

Dans cette section, nous abordons plus en profondeur l'approche descriptive de la prise de décision en distinguant les écoles réductionniste, pluraliste et contextualise. Ensuite, nous présentons le modèle du cycle de vie d'un projet de Cha, Newman et Winch (2018), qui vient compléter le modèle du cycle de vie traditionnelle. Puis, le modèle de ces chercheurs est combiné au concept de *Project Decision Chain*, développé par Rolstadas, Pinto, Falster et Venkataraman (2015). Différents types de décisions sont alors comparés et nous précisons quelles décisions l'on doit prendre à chacune des phases d'un projet, une attention particulière est portée sur la conception des projets.

### 2.1.1 École de pensée de la prise de décision

La prise de décision se distingue en plusieurs approches théoriques, dont la normative et descriptive (Idler et Spang, 2019). D'une part, l'approche normative caractérise la prise de décision comme la résolution rationnelle d'un problème provenant d'un choix à faire parmi un ensemble d'alternatives (Peterson, 2017). Cette approche explique le cheminement de déduction logique que les acteurs rationnels prennent pour sélectionner l'alternative appropriée (Peterson, 2017). D'autre part, l'approche descriptive cherche à comprendre comment les décisions sont prises en étudiant les comportements décisionnels humains (Peterson, 2017). Cette différence se résume entre ce que l'on observe (descriptive) et ce que l'on devrait faire (normative) (Peterson, 2017). De fait, les concepts de rationalité et d'optimalité sont les points focaux de l'approche normative, telle que dans le paradigme néoclassique de la prise de décision (Einhorn et Hogarth, 1981).

En contrepartie, l'approche descriptive focalise sur l'influence du jugement intuitif et des comportements du décideur sur la prise de décision (Einhorn et Hogarth, 1981). Selon le paradigme néoclassique, la rationalité occupe une place centrale dans la prise de décision (Kalantari, 2010). Afin d'être pleinement rationnel, ce paradigme stipule que le décideur doit rassembler toute l'information pertinente entourant la situation décisionnelle. Après coup, il doit produire toutes les alternatives imaginables et analyser celles-ci afin d'adopter celle qui est considérée comme optimale (Kalantari, 2010). Ce courant de pensée est relié à l'école des relations humaines, qui se préoccupait des besoins humains en contexte administratif et professionnel (Kalantari, 2010).

Somme toute, Simon (1947) avançait que les théories normatives de la prise de décision n'étaient pas réalistes, car, selon lui, la rationalité complète et l'optimalité sont seulement possibles si le décideur est en plein contrôle des influences externes et de ses aptitudes mentales (Kalantari, 2010).

Stingl et Geraldi (2017a) avancent que la prise de décision en gestion de projet est complexe, car elle possède plusieurs formes, donc les recherches portant sur la prise de décision doivent alors être multiformes, de par la considération d'une pluralité de théories (Knudsen, 2003). De même, Söderlund et Geraldi (2012, p.565) précisent que l'étude « de la gestion de projet doit favoriser une variété de paradigmes fonctionnant simultanément, sous différentes facettes, avec différentes mentalités, épistémologies, ontologies, tout en étant capable de relier la réflexion entre ces paradigmes » (traduction libre). Autrement dit, l'étude de la prise de décision requiert la compréhension et l'intégration mutuelle de multiples théories (Geraldi et Stingl, 2016). Ainsi, dans cette présente recherche, en abordant une pluralité de théories, nous serons plus à même d'expliquer les différents phénomènes et enjeux relatifs à la prise de décision en gestion de projet (Scherer, 1998).

En gestion de projet, l'approche descriptive se concentre sur l'étude des comportements décisionnels individuels et collectifs (Stingl et Geraldi, 2017a). La prise de décision comportementale cherche ainsi à comprendre « les influences réelles des acteurs sur les choix qu'ils doivent prendre » (Mullaly, 2014, p.519) (traduction libre). Dans le domaine, l'approche descriptive se divise en trois écoles de pensées : l'école réductionniste, l'école pluraliste et l'école contextualiste (Stingl et Geraldi, 2017b). L'analyse des biais cognitifs est la pierre angulaire de l'école réductionniste (Stingl et Geraldi, 2017a). L'objectif de cette école est donc de cibler les divergences entre les comportements observés et la prise de décision rationnelle normative afin de proposer des moyens pour réduire les biais cognitifs (Stingl et Geraldi, 2017a). Stingl et Geraldi (2017a) avancent que les assises de l'école réductionniste sont ancrées dans la rationalité limitée de Simon (1947). Selon l'angle réductionniste, une bonne décision de projet « est une décision strictement rationnelle qui optimise l'utilité (subjective) du scénario futur » (Geraldi et Stingl 2016, p.7) (traduction libre).

Contrairement à l'école réductionniste, la pluraliste n'accorde pas une grande importance à la rationalité limitée des gestionnaires (Geraldi et Stingl, 2016). En effet, l'école pluraliste soutient

que les parties prenantes d'un projet présentent des opinions divergentes et des intérêts potentiellement conflictuels. Ce faisant, les décideurs priorisent l'avancement de leurs propres intérêts, ainsi que la négociation entre les parties prenantes (Geraldi et Stingl, 2016). De manière plus formelle, l'école pluraliste analyse les comportements opportunistes et politiques menant à la négociation et ultimement à la prise de décision (Stingl et Geraldi, 2017b). À cet égard, Yang et Fu (2014) affirment qu'une faille dans la coordination des intérêts des parties prenantes risque d'engendrer des négociations sous-optimales et impacter négativement la prise de décision. Ce constat est en concordance avec le postulat de Aaltonen et Kujala (2010) qui évoquent que la satisfaction de l'ensemble des parties prenantes est un facteur critique de la réussite d'un projet. Donc, l'école pluraliste s'intéresse aux aléas moraux et autres défaillances décisionnelles, tels que l'opacité de la prise de décision, qui peut résulter de l'asymétrie de l'information entre les parties prenantes (Geraldi et Stingl, 2016). L'environnement décisionnel des organisations est alors un point central de cette école (Geraldi et Stingl, 2016).

À l'opposé des précédentes écoles, l'école contextualiste ne priorise pas la décision, mais bien le processus qui mène à la prise de décision et le contexte entourant ce processus (Stingl et Geraldi, 2017a). Cette école étudie la prise de décision comme l'achèvement du cheminement de *Sensemaking* (Weick, 1995). Au cours de ce cheminement, les parties prenantes interprètent les informations qu'elles reçoivent afin d'articuler un processus décisionnel logique; c'est à dire qui fait du sens (Stingl et Geraldi, 2017a). L'interprétation de l'information peut diverger entre les parties prenantes, ce qui se répercute dans la prise de décision (Stingl et Geraldi, 2017a). Conséquemment, une trop grande divergence dans cette interprétation peut mener à une compréhension altérée du projet, où tous ont une vision différente (Alderman et Ivory, 2011). Une absence de logique décisionnelle partagée influencera alors les parties prenantes vers la confrontation (Thiry, 2011). Bref, l'école contextualiste priorise la création d'une vision commune entre les parties prenantes du projet et présente le gestionnaire de projet comme un conciliateur dans le cheminement de *Sensemaking* (Weick, 1995).

### 2.1.2 Cycle de vie et prise de décision en gestion de projet

L'approche traditionnelle du cycle de vie d'un projet (PMBOK, 2017) est souvent caractérisée comme étant axée sur l'exécution des projets (Morris, 2013a). Certes, ce modèle fournit

d'importantes ressources et informations pour la gestion d'un projet, mais cette focalisation sur l'exécution « ignore les bénéfices opérationnels et la transformation organisationnelle après l'exécution du projet » (Cha, Newman et Winch, 2018, p. 1022) (traduction libre). De plus, Morris (2013a) précise que la gestion de projet devrait prioriser la conception projets, plutôt que l'exécution de ceux-ci : « la gestion des projets consiste à gérer la définition et la livraison du projet pour le succès des parties prenantes. L'accent est mis sur le projet dans son contexte » (Morris, 2013a, p.62) (traduction libre). Ainsi, l'approche du cycle de vie en gestion de projet doit inclure des phases précédentes et subséquentes au modèle actuel afin de bien réaliser les bénéfices souhaités (Cha, Newman et Winch, 2018).

Également, une distinction plus claire entre le fournisseur et le propriétaire du projet doit être établie. (Cha, Newman et Winch, 2018). D'un côté, le fournisseur exécute un projet, dans un cycle de vie fixe, pour obtenir des résultats selon les exigences établies par le propriétaire. D'un autre côté, le propriétaire entame un projet avec l'objectif d'accroître ses capacités organisationnelles en intégrant les résultats du projet livrés par le fournisseur (Morris, 2013b; Winch 2014). Sommairement, le cycle de vie traditionnel est centré sur le processus de livraison des résultats par le fournisseur, alors que l'obtention des bénéfices par le propriétaire est délaissée (Cha, Newman et Winch, 2018).

Cha, Newman et Winch (2018, p.1022) stipulent que le propriétaire du projet doit « établir et gouverner la stratégie du projet (conception/front-end) et la réalisation des bénéfices en tant que résultats (clôture/back-end) » (traduction libre). Cela peut s'illustrer par une continuité managériale de la phase de conception jusqu'à la phase d'opération (Cha, Newman et Winch, 2018). Les auteurs ont donc développé un modèle du cycle de vie (tel qu'illustré à la figure 1) représentant « les perspectives du fournisseur et du propriétaire du projet afin de catégoriser les domaines de connaissances requis pour les deux entités principales de l'organisation du projet » (Cha, Newman et Winch, 2018, p.1027) (traduction libre). Le cycle de vie est divisé en six phases : conceptualisation, faisabilité, définition, exécution, transferts et transformation-opérations. Les trois premières étapes réfèrent à l'étape de la conception des projets. Les deux dernières phases sont qualifiées comme le back-end des projets (Cha, Newman et Winch, 2018).

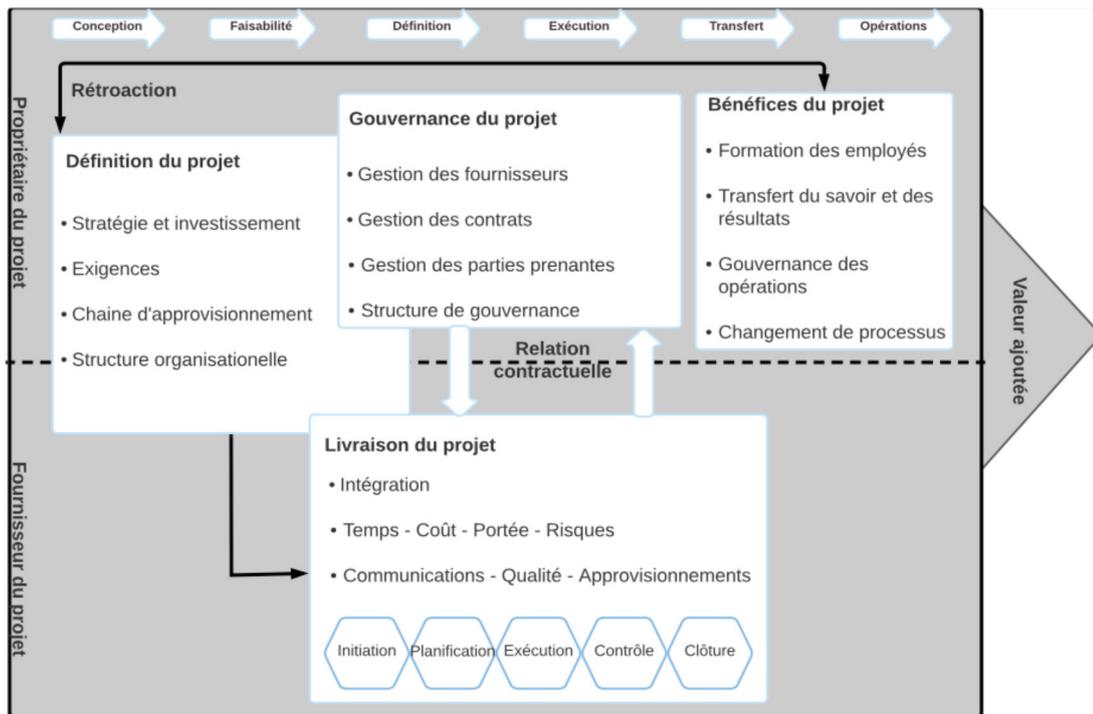


Figure 2. Cycle de vie d'un projet (inspiré de Cha, Newman and Winch, 2018)

Conformément à ce modèle du cycle de vie des projets, Rolstadas, Pinto, Falster et Venkataraman (2015) ont développé un modèle guidant la prise de décision en gestion de projet, et ce tout au long du cycle de vie. Ce modèle permet de situer la prise de décision selon la phase du projet et ainsi de cibler les problèmes décisionnels inhérents de chacune des phases (Rolstadas et al, 2015). Pour articuler ce cadre, les chercheurs se sont inspirés de concepts émanant de la gestion de la chaîne d'approvisionnement. La prémisse de cette discipline est qu'il est possible d'incorporer et de transformer les flux de ressources de divers fournisseurs afin d'aboutir à un produit final qui sera livré aux clients de l'entreprise (Gourdin, 2001). Selon ces fondements, les entreprises qui adoptent de telles pratiques sont plus à même d'ajouter de la valeur à un produit au fur et à mesure qu'il avance dans les étapes de la chaîne d'approvisionnement (Rolstadas et al, 2015).

Tout comme la gestion de la chaîne d'approvisionnement, Rolstadas et al. (2015, p.14) soutiennent que « la gestion de projet et la prise de décision sont également des processus structurés de gestion du flux de travail dans une séquence prédéterminée à travers le temps et le lieu, et ont un début, une fin et des résultats spécifiques » (traduction libre). Les chercheurs ont donc appliqué la notion de valeur ajoutée à la prise de décision au sein de projet en introduisant le concept de *Project*

*Decision Chain*. Ce concept est utilisé pour illustrer la suite de décisions prises lors des différentes étapes du processus de capitalisation de la valeur, aussi appelé cycle de vie réel du projet (tel qu'illustré à la figure 2) (Rolstadas et al, 2015). En lien avec le modèle de Cha et ses collègues (2018), le processus de capitalisation de la valeur introduit des phases subséquentes et précédentes au modèle traditionnel et l'atteinte des bénéfices pour le propriétaire du projet est le point central de ce modèle (Rolstadas et al, 2015).

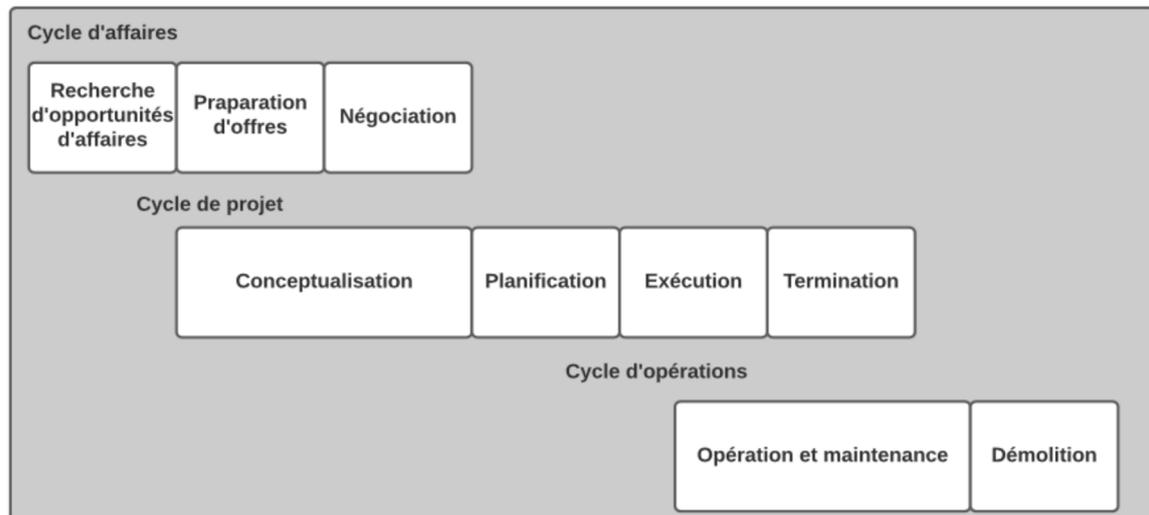


Figure 2. Cycle de vie réel d'un projet (inspiré de Rolstadas et al., 2015)

En suivant le *Project Decision Chain*, « toutes décisions prises dans chaque phase du cycle de vie réel du projet (affaires, projet, opération) devraient ajouter de la valeur au projet global » (Rolstadas et al, 2015, p.14) (traduction libre). Pour y arriver, le processus décisionnel (tel qu'illustré à la figure 3) doit prendre en considération plusieurs éléments, qui seront analysés en fonction de méthodes décisionnelles. La prise de décision engendrera ensuite la concrétisation d'une action, dont les conséquences de celle-ci seront influencées par l'incertitude (Rolstadas et al, 2015). Les chercheurs précisent que les décisions prises au début du processus de capitalisation de la valeur affectent chacune des décisions à prendre lors des phases subséquentes du ce processus, illustrant du même coup l'importance de la conception. Ainsi, ils estiment que la prise de décision est imbriquée dans le cycle de vie du projet. En d'autres termes, pour un projet spécifique, la prise de décision débute lorsqu'une opportunité d'affaires se présente et se termine lorsque les opérations le délaissent (Rolstadas et al, 2015). Les auteurs considèrent qu'un « cadre d'analyse de décision

bien établi et intégré dans le processus global de gestion de projet est vital pour améliorer la performance du projet » (Rolstadas et al, 2015, p.17) (traduction libre).

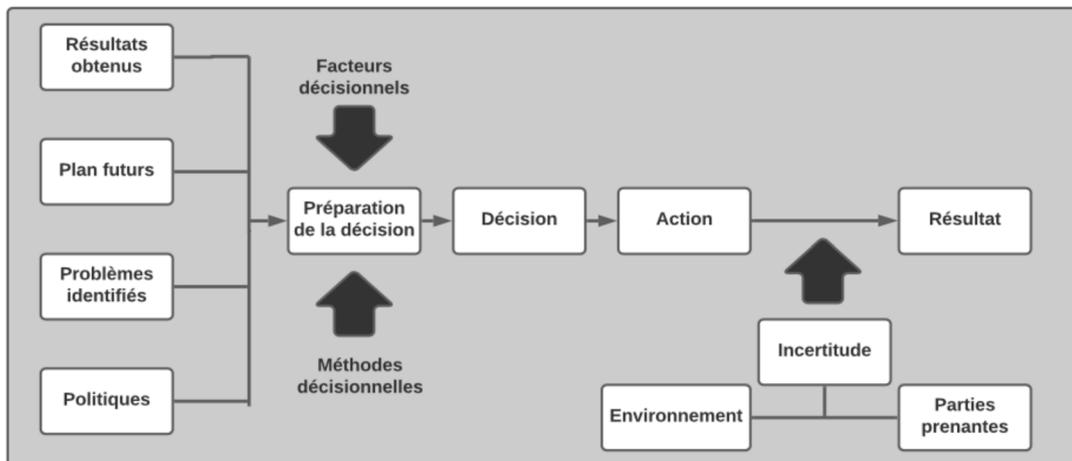


Figure 3. Processus décisionnel (inspiré de Rolstadas et al., 2015)

Il est important de préciser que les types de décisions à prendre fluctuent selon chaque phase du projet (Rolstadas et al, 2015). À ce sujet, Rolstadas et al (2015) distinguent trois types de décisions : autorisation, sélection et décision de plan. En premier lieu, les décisions d'autorisation sont sommairement définies comme des oui/non, go/stop ou go/no-go. Geraldi et Stingl (2016) expliquent que, pour prendre ces décisions, il faut déterminer si l'option sélectionnée est avantageuse pour l'ensemble des parties prenantes. En deuxième lieu, les décisions de sélection « décrivent le choix entre un ensemble d'alternatives et se préoccupent de la ou des alternatives qui fournissent la meilleure utilité selon les objectifs des parties prenantes. Les décisions de sélections impliquent la prise en compte d'un plus large éventail de facteurs que les décisions d'autorisation » (Geraldi et Stingl, 2016, p.11) (traduction libre).

En troisième lieu, les décisions de plan sont principalement des approbations de plans établissant quoi faire, comment le faire et quand le faire (Rolstadas et al, 2015). De telles décisions concrétisent le début des activités permettant l'atteinte des objectifs du projet et la livraison des résultats grâce à la coordination des produits et des ressources (Rolstadas et al, 2015). Elles concrétisent aussi l'édification de la structure de gouvernance et des mécanismes de contrôle qui aideront à la surveillance du projet tout au long du cycle de vie (Geraldi et Stingl, 2016). Les décisions de plan

sont d'ailleurs étroitement liées à la planification stratégique, et, en conséquence, ce type de décision « implique une évaluation de la faisabilité du plan, ainsi que ce qui doit être changé ou reconsidéré pour augmenter la faisabilité. Ces décisions sont caractérisées par l'ambiguïté, les connaissances techniques et l'asymétrie de l'information » (Geraldi et Stingl, 2016, p.12) (traduction libre).

Selon ces constats, il est possible de déterminer quels types de décisions sont prises lors de chaque phase du projet. Dans le cadre de ce mémoire, seules les décisions prises lors de la phase de conception des projets sont étudiées. En suivant le modèle du cycle de vie de Cha, Newman et Winch (2018), la phase de conception commence par une décision d'autorisation. Cela se traduit par la décision d'entamer ou non la définition des activités à effectuer, ainsi que la détermination du processus de réalisation des travaux (Rolstadas et al, 2015). Ensuite, les décideurs doivent aligner la portée du projet avec les objectifs de l'organisation, mais le choix de la stratégie d'alignement est fondé sur des prédictions quant à l'avenir, où l'information peut être ambiguë et incomplète (William et Samset, 2010). En ce sens, c'est une décision de plan. De plus, lors de la faisabilité, le choix du processus est réalisé de façon à favoriser l'atteinte des résultats, grâce à une définition claire des objectifs du projet et à l'établissement de mécanismes de contrôle (William et Samset, 2010). Donc, selon la terminologie de Rolstadas et al (2015) c'est une décision de sélection.

Puis, lors de la définition, la décision d'implémenter la stratégie de gouvernance et de gestion des parties prenantes « comprend à la fois un calendrier et un budget, basés sur la synchronisation des documents, matériels et ressources » (Rolstadas et al, 2015, p. 15) (traduction libre). Cette décision nécessite aussi des itérations et des ajustements selon l'évolution des relations avec les parties prenantes et les exigences qui en découlent. Rolstadas et ses collaborateurs (2015), définissent ce genre de décision comme une décision de plan. Visiblement, la conception des projets est marquée par les décisions de plan, soit « les décisions sur toutes les activités, de la création de l'idée du projet, à la décision finale de financement du projet » (Rolstadas et al, 2015, p. 15) (traduction libre).

En résumé, le modèle du cycle de vie d'un projet de Cha, Neman et Winch (2018) concorde avec le processus de capitalisation de la valeur présenté par Rolstadas et al (2015). Ce faisant, le concept du *Project Decision Chain* (Rolstadas et al, 2015) peut être juxtaposé à ce modèle du cycle de vie

afin de déterminer quelles décisions l'on doit prendre lors de chaque étape du projet. Tel que présenté plus haut, les décisions de plan sont les décisions les plus récurrentes pendant la conception d'un projet, car elles permettent d'édifier la structure de gouvernance, de déterminer les objectifs à atteindre et de concrétiser le début des activités. De telles décisions sont fréquemment qualifiées comme étant non structurées et cet aspect est approfondi dans la section qui suit.

### 2.1.3 Différences entre les types de décision

Dans cette section, nous voyons que les décisions d'autorisation, de sélection et de plan peuvent être subdivisées selon si elles sont structurées ou non structurées. Aussi, nous abordons les décisions stratégiques, tactiques et opérationnelles, dans le but de les comparer aux précédents types de décisions.

D'une part, le résultat d'une prise de décision structurée peut être généralement obtenu grâce à une formule ou un processus mathématique (Mian et Dai, 1999). Pour prendre une décision structurée, le gestionnaire doit préalablement catégoriser et quantifier l'information à sa disposition et entreprendre un cheminement mathématique et analytique afin d'émettre un choix. En procédant de la sorte, les décisions structurées peuvent être un peu plus objectives (Intezari et Gressel, 2017). Les méthodes statistiques et la programmation linéaire sont régulièrement utilisées pour prendre des décisions structurées (Intezari et Gressel, 2017). Selon Drucker (1967, p.98), «la prise de décision structurée est un processus systématique avec des éléments clairement définis dans une séquence d'étapes distinctes » (traduction libre).

D'autre part, les décisions non structurées sont potentiellement plus subjectives, car elles sont parfois sujettes à l'incertitude et parfois même à des objectifs contradictoires (Mian et Dai, 1999). Par exemple, la décision d'entreprendre un projet de développement immobilier dans un secteur particulier peut être en contradiction avec les relations établies avec certaines parties prenantes. Ainsi, décider de ne pas entreprendre ce projet est en contradiction avec les objectifs de croissance, alors que décider d'entreprendre ce projet est en contradiction avec l'objectif d'entretenir de bonnes relations avec les parties prenantes. Cet exemple illustre bien le postulat de l'école contextualiste, où l'absence de logique décisionnelle partagée dirige les acteurs vers la confrontation (Thiry, 2011).

Pour de telles décisions, il n'y a pas de schéma prédéfini facilitant la sélection de la meilleure alternative (Intezari et Gressel, 2017). Les données empiriques et les cheminements mathématiques sont alors substitués par l'intuition, le jugement et l'expérience, ce qui illustre le caractère subjectif des décisions non structurées (Intezari et Gressel, 2017).

Ce constat appuie l'affirmation de Fryling (2010), qui argumente que les gestionnaires de projet doivent souvent émettre un choix sans cadre ou modèle de référence guidant leur prise de décision. Selon McKenna et Martin-Smith (2005, p.832), la prise de décision non structurée est « un cycle dynamique se déroulant dans un environnement complexe et chaotique, influencé par les interactions entre différents êtres complexes » (traduction libre). Entre ces deux types de décisions se retrouve la prise de décision semi-structurée. Celle-ci fait référence aux types de décisions ayant des caractéristiques structurées et non structurées. Ce sont de telles décisions que les gestionnaires de projets doivent le plus fréquemment prendre (Mian et Dai, 1999).

Dans le cadre de projets, les processus décisionnels structurés, semi-structurés et non structurés sont utilisés dans le but de prendre des décisions stratégiques, tactiques et opérationnelles (Mian et Dai, 1999). Premièrement, pour Brockmann et Anthony (2002, p. 441), « les décisions stratégiques sont les décisions impliquant des ressources organisationnelles importantes, ayant des implications considérables sur la viabilité à long terme de l'organisation et difficilement réversibles une fois mises en œuvre » (traduction libre). Le processus de planification stratégique d'un projet est conditionné par les politiques et procédures de l'organisation et l'élaboration d'une stratégie se structure au travers de l'harmonisation entre budgets, échéanciers, et objectifs organisationnels (Papke-Shields et Boyer-Wright, 2017).

En suivant la typologie de Rolstadas et al (2015), les décisions issues de la planification stratégique peuvent être considérées comme des décisions de plans. Effectivement, l'analyse de l'environnement et du contexte organisationnel assure la formulation de prédictions, qui sont à la base de la prise de décision stratégique (Brockmann et Anthony, 2002) et Rolstadas et al (2015) précisent que les décisions de plan dépendent des interactions entre les parties prenantes dans l'environnement donné. Similairement aux décisions de plans qui nécessitent une synergie entre documents, matériels et ressources d'un projet (Rolstadas et al, 2015), la planification et la prise de décision stratégique se présentent comme une synthèse des croyances et objectifs

organisationnels permettant d'articuler un choix qui oriente l'entreprise dans ses activités (Stein, 1981). Bref, les décisions de plan façonnent les tâches devant assurer l'atteinte des objectifs d'un projet (Rolstadas et al, 2015) et les décisions stratégiques influencent la portée des projets entrepris par une organisation, ce qui signifie que les décisions stratégiques et de plan se répercutent dans les décisions tactiques et opérationnelles (Varadajan et Clark, 1997).

Deuxièmement, les décisions issues de la planification tactique visent à faciliter l'implantation d'une stratégie en modifiant ou en ajustant les systèmes de contrôle ou de gestion (Petit et Romero-Torres, 2019). D'ailleurs, pour Pinto et Prescott, (1990, p.306) « les aspects tactiques d'un projet impliquent des tâches, telles que le recrutement et la formation des ressources humaines, ainsi que la vérification des capacités techniques du projet » (traduction libre). En ce sens, les décisions tactiques peuvent référer aux décisions de sélections, car la détermination des aspects tactiques requiert une sélection entre plusieurs alternatives (Rolstadas et al, 2015). De même, les enjeux émanant des décisions de sélection proviennent de la formulation d'un choix parmi un ensemble d'activités afin d'arriver aux résultats escomptés (Rolstadas et al, 2015), alors que les décisions tactiques répondent à un besoin ou un objectif préalablement identifié (Herazo, Lizarralde et Paquin, 2012). Aussi, l'exécution des tâches issues d'une décision de sélection dépend de la structuration préalable d'un plan (Rolstadas et al, 2015), tout comme les décisions tactiques, telles que les ajustements dans la main-d'œuvre, qui sont prises après les décisions stratégiques (Asmussen, Kristensen, Steger-Jensen et Waehrens, 2018). Enfin, les décisions tactiques et de sélection doivent correspondre avec la vision et l'infrastructure à long terme conditionnées par l'instauration de plans stratégiques (Rolstadas et al, 2015) (Asmussen et al, 2018).

Troisièmement, les décisions opérationnelles couvrent l'administration quotidienne du projet, ainsi que sa maintenance (Osei-Kyei, Chan et Effah, 2016). De telles décisions « doivent être considérées dans les limites des contraintes fixées par les décisions stratégiques et tactiques » (van Gils, Ramaekers, Caris et de Koster, 2017, p. 1) (traduction libre). Les gestionnaires de projet vont donc prendre des décisions opérationnelles pour supporter la stratégie de l'organisation dans le projet concerné (Gupta et Boyd, 2008). Parallèlement aux décisions opérationnelles, les décisions d'autorisation exigent la considération de données et informations, telles que la valeur actuelle d'un actif et le taux de rendement d'une ressource, avant de faire le choix oui/non, go/stop ou go/no-go (Rolstadas et al, 2015).

D'ailleurs, les décisions opérationnelles sont des mesures d'assurance de la performance invoquées quotidiennement afin de remplir les exigences exprimées par les parties prenantes et pour remettre les livrables à temps (Petit et Romero-Torres, 2019). L'affectation des tâches aux ressources humaines est une décision opérationnelle régulièrement invoquée (van Gils et al, 2017). Les gestionnaires de projet vont donc prendre des décisions opérationnelles pour supporter la stratégie de l'organisation ou pour approuver des changements dans les plans du projet en initiant une action (Gupta et Boyd, 2008). À cet effet, l'adhésion à un changement de plan est une décision oui/non, go/no-go, donc une décision d'autorisation (Rolstadas et al, 2015). En résumé, les décisions opérationnelles sont des mesures pour exécuter la planification (Petit et Romero-Torres, 2019) et les décisions d'autorisation officialisent l'instauration de ces mesures (Rolstadas et al, 2015).

Enfin, dans cette première partie de la revue de littérature, nous avons établi que les théories descriptives de la prise de décision en gestion de projet étaient plus appropriées dans le cadre de cette recherche. En effet, l'école réductionniste, l'école pluraliste et l'école contextualiste cherchent respectivement à cibler les divergences entre les comportements des parties prenantes observés et la prise de décision rationnelle, à coordonner les opinions divergentes et les intérêts potentiellement conflictuels des parties prenantes, ainsi qu'à guider le cheminement des parties prenantes vers un processus décisionnel logique. Puis, il a été démontré que le cycle de vie traditionnel d'un projet est axé sur l'exécution de ce dernier, ce qui délaisse certaines phases. Suite à cela, le modèle du cycle de vie de Cha, Newman et Winch (2018) a été juxtaposé au modèle décisionnel de Rolstadas et al (2015) afin de présenter la prise de décision selon le cycle de vie d'un projet. Nous avons ainsi identifié les décisions à prendre lors de la conception de projet, soit les décisions de plan. En vue de préciser les implications de ces décisions, nous les avons comparées aux décisions stratégiques, tactiques et opérationnelles. Cette première partie de revue de littérature est résumée dans les tableaux 1 et 2.

Tableau 1. Type de décisions, inspiré de Stingl et Geraldi (2017)

Type de décision	Question centrale	Exemple de défis décisionels	Préoccupations des décideurs
Décision d'autorisation	Est-ce que les résultats prévus par la planification sont souhaitables et réalisables?	Les décideurs sont incapables de mettre fin à un projet défaillant, entraînant alors des coûts excessifs.	*Résultats perçus et attendus *Analyse coûts / bénéfices
Décision de sélection	Laquelle des alternatives est optimale et pourquoi ?	Échec dans le choix des bonnes ressources humains pour une situation spécifique .	*Priorités perçues * Intérêts en jeu *Résultats perçus des décisions
Décision de plan	Est-ce que la planification et la gouvernance adoptées permettront d'atteindre les objectifs souhaités ?	Surestimation des capacités organisationnelles dans l'élaboration de la stratégie, les activités sont planifiées comme étant déjà réalisées.	*Objectifs organisationnels *Considération des futurs défis *Efficacité des outils et ressources disponibles pour continuer d'atteindre les objectifs

Tableau 2. Types de décision et théories, inspiré de Stingl et Geraldi (2017)

Type de décision	Interprétation réductionniste	Interprétation pluraliste	Interprétation contextualiste
Décision d'autorisation	Les limites cognitives altèrent la rationalité des décideurs, ce qui conduit à des estimations et des perceptions biaisées.	Les décideurs sont potentiellement rationnels, mais leurs décisions sont influencées par leurs intérêts. Des informations peuvent être négligées volontairement.	La perspective envers un projet est le résultat d'un processus de <i>Sensmaking</i> organisationnel. Les parties prenantes peuvent être en désaccord et se confronter.
Décision de sélection	Les limites cognitives des décideurs entravent la comparaison entre les alternatives.	Les décideurs soutiennent les alternatives servant le mieux leurs intérêts et motivations. Ils présenteront les informations qui supportent ces intérêts et ils omettront de présenter celles s'y opposant.	Les choix sont articulés conformément au langage organisationnel. Certaines options peuvent être écartées. Les parties prenantes développeront une narrative afin de structurer des options favorisant leur vision de la réussite du projet.
Décision de plan	Les décideurs sont biaisés envers l'efficacité de la stratégie ainsi qu'envers le futur prospectif.	Les décideurs savent que la stratégie possède des déficiences, mais obtiendront certains bénéfices dans l'exécution de cette stratégie. Les déficiences de la stratégie sont délibérément omises.	Les parties prenantes ont une compréhension différente des objectifs du projet et des moyens pour les obtenir. La faisabilité de la stratégie dépend des perceptions de parties prenantes. Les décideurs essayeront que ces perceptions convergent vers une stratégie réalisable.

Pour conclure cette première partie de revue de littérature, il est pertinent de réitérer l'importance de distinguer les décisions concernant le choix des bons projets (planification stratégique) aux décisions pour bien réaliser le projet (conception du projet) (Williams et Samset, 2010). Or, comme mentionnée précédemment, la prise de décision soulève plusieurs défis et enjeux. Entre autres, il

est impossible pour les gestionnaires d'analyser et de collecter toute l'information disponible (Simon 1947) et il est fréquent que les décisions soient biaisées (McCray, Purvis et McCray, 2002), puisque les gestionnaires de projet articulent des choix sans cadre ou modèle de référence pour guider le processus décisionnel (Fryling, 2010). En gestion de projet, la qualité de la prise de décision est fréquemment affectée par la complexité, l'incertitude et les risques découlant du caractère unique des projets (Powell et Buede, 2006.) La prochaine partie porte donc sur les enjeux décisionnels propres à la gestion de projet.

## 2.2 Enjeux décisionnels en gestion de projet

Dans cette section, nous abordons les enjeux spécifiques à la prise de décision en gestion de projet soit la complexité, l'incertitude et les risques. La complexité décisionnelle se divise en plusieurs dimensions, mais une attention particulière sera portée sur la dimension sociale, où l'inclusion et l'influence des parties prenantes sont des considérations majeures. L'incertitude décisionnelle est ensuite approfondie en distinguant les notions d'heuristiques et de biais. Nous précisons cette dernière notion en décortiquant l'origine du biais de l'escalade de l'engagement dans les projets de construction. Quant à eux, les risques décisionnels sont étroitement liés aux parties prenantes, ainsi qu'à l'évolution de leurs attributs et motivations. Nous expliquons donc comment les parties prenantes peuvent influencer la prise de décision en gestion de projet.

### 2.2.1 Complexité décisionnelle en gestion de projet

Nous commençons par définir la complexité décisionnelle en gestion de projet. Par la suite, nous présenterons l'étude de Shi et ses collaborateurs (2020) afin de distinguer toutes les dimensions de la complexité décisionnelle. Après coup, nous abordons comment les dimensions sociales et organisationnelles marquent la conception des projets de construction.

Il y a plusieurs variantes concernant la complexité en gestion de projet (Kiridena et Sense, 2016). D'un côté, la complexité d'un projet se définit comme « la propriété d'un projet qui rend difficiles la compréhension, la précision et la maîtrise de son comportement global, même lorsque le gestionnaire dispose d'informations raisonnablement complètes sur le système du projet » (Vidal, Marle et Bocquet, 2011, p.719) (traduction libre). D'un autre côté, la complexité dans un projet est

associée « à la complexité managériale, ou aux difficultés relevant de la prise de décision et à l'atteinte des objectifs » (Kiridena et Sense, 2016, p.63) (traduction libre). Puis, les complexités issues de la prise de décision en gestion de projet « comprennent les incertitudes et les ambiguïtés, ainsi que la difficulté et la confusion dans le traitement de divers facteurs d'influence, en plus des interrelations entre les éléments du projet » (Shi et al., 2020 p.3) (Sheng, 2018) (traduction libre).

Dans un récent article, Shi et al (2020) ont réalisé une revue de littérature relatant les dimensions de la complexité décisionnelle en gestion de projet. Les éléments correspondants ont été recueillis afin d'être comparés aux résultats d'une étude de cas, soit la construction du pont Hong Kong – Zhuhai Macao (HZMB). Les chercheurs ont ainsi développé un cadre théorique décrivant la complexité décisionnelle en gestion de projet.

Le premier postulat de ce cadre est que les dimensions de la complexité de la prise de décision diffèrent pour chaque étape du cycle de vie du projet (Shi et al. 2020). Ce postulat coïncide avec les modèles de Cha, Newman et Winch (2018) et de Rolstadas et al (2015), qui stipulent que chaque phase d'un projet a ses enjeux spécifiques. Dans la phase initiale du HZMB, plusieurs parties prenantes étaient impliquées. Tel que décrit précédemment, le traitement des différents intérêts et préférences des parties prenantes est crucial pour la réussite d'un projet. Cela signifie que la dimension sociale de la complexité décisionnelle est prépondérante lors de la phase initiale d'un projet (Shi et al. 2020).

Cette affirmation concorde avec la proposition de Samset (2008) qui souligne que, pendant la conception d'un projet de construction, la prise de décision collaborative peut être complexifiée par l'inconsidération de certaines parties prenantes. Lors de la phase de planification, la complexité décisionnelle est influencée par la dimension technique de celle-ci (Shi et al, 2020). En effet, c'est dans cette phase que sont considérés les problèmes et normes techniques, tels que les flux de circulation et les conditions de construction pour le HZMB (Shi et al. 2020). Lors de la phase d'exécution, les interrelations entre les facteurs d'influence se développent, plus particulièrement dans les dimensions financière et légale de la complexité de la prise de décision (Shi et al. 2020). Finalement, lors de la phase de clôture, les dimensions organisationnelle et temporelle de la complexité de la prise de décision prévalent, puisque les conditions permettant une bonne

communication et coordination se détériorent au fur et à mesure que la pression du temps s'accroît (Shi et al. 2020).

Le deuxième postulat de ce cadre est que chaque dimension de la complexité décisionnelle est directement liée et influencée par les autres complexités (Shi et al. 2020). Par exemple, la dichotomie entre les attributs et intérêts des parties prenantes génère la complexité de la dimension sociale, alors que la complexité de la dimension organisationnelle provient « des défis liés à la coordination, au transfert d'informations, à l'attribution des responsabilités et à l'évolution des relations avec les parties prenantes impliquées » (Shi et al. 2020, p.11) (traduction libre). En conséquence, les facteurs émanant de la dimension organisationnelle et sociale de la complexité de la prise de décision sont intimement liés et s'influencent mutuellement (Shi et al. 2020). Similairement aux interrelations entre les dimensions sociale et organisationnelle, les outils d'agrégation et de visualisation de mégadonnées facilitent la représentation des liens entre les diverses exigences d'un projet, d'où la pertinence de l'utilisation du BIM lors de la conception (Murphy, 2014). Le troisième et dernier postulat de ce cadre est que les dimensions sociale et organisationnelle sont les deux dimensions ayant le plus d'influence sur la complexité de la prise de décision en gestion de projet (Shi et al. 2020).

Ce dernier postulat est particulièrement mis en évidence durant la conception des projets de construction, car, au cours de cette phase, certaines parties prenantes vont se mobiliser ou se confronter afin que leurs solutions ou concepts de prédilection soient adoptés (Priemus, 2008). D'ailleurs, étant données les propriétés difficilement réversibles des décisions de plan, les solutions suggérées par des acteurs dans les phases ultérieures seront potentiellement inconsidérées, ce qui atteste l'importance de l'engagement des parties prenantes durant la conception (Priemus, 2008). Puis, lors « du processus de prise de décision, l'accent doit être mis sur le problème, et non sur la solution » (Priemus, 2008, p.106). À ce sujet, puisque les problèmes sont interprétés différemment par les parties prenantes, l'objectif de la conception devrait être la concrétisation d'un consensus quant à l'interprétation des problèmes grâce à l'engagement et la collaboration de tous les acteurs (Priemus, 2008).

Suite à l'atteinte d'une compréhension commune des problèmes, Findeisen et Quade (1985) énoncent qu'il est alors temps de prendre des décisions afin d'ériger des solutions qui respectent

les intérêts, les attributs et les valeurs des parties prenantes, et ce en considérant les contraintes et les exigences du projet. Or, Sörenson (2005) précise que, la plupart du temps, les solutions ne conviennent pas aux problèmes, car ces derniers ont été formulés inadéquatement. De fait, l'intégration des préférences de toutes les parties prenantes, dès le commencement d'un projet, réduit la probabilité d'occurrence d'une telle inadéquation (Priemus, Flyvbjerg et van Wee, 2008). Somme toute, la conception représente moins du tiers des dépenses et du temps octroyés à un projet (Priemus, Flyvbjerg et van Wee, 2008), mais de par la prépondérance de la dimension sociale de la complexité décisionnelle (Shi et al, 2020), les décisions prises dans cette phase conditionnent l'avancement du projet et ont ainsi des effets considérables sur les résultats (Priemus, Flyvbjerg et van Wee, 2008). En bref, les activités entreprises au cours de la conception doivent permettre de suivre l'évolution des intérêts et des attributs des parties prenantes, et ce tout en facilitant la collaboration et engagement, sans quoi la complexité décisionnelle sera accrue (Samset, 2008).

### 2.2.2 Incertitude et biais décisionnels en gestion de projet

Nous commençons ici par distinguer les concepts d'incertitudes et de risques. Par après, nous voyons pourquoi la conception des projets est teintée d'incertitude et comment cela conduit à l'utilisation d'heuristiques. Du coup, certaines heuristiques sont abordées et nous enchainons vers les biais. Particulièrement, nous adressons l'étude de Winch (2013) portant sur le biais de l'escalade de l'engagement dans les projets de construction.

L'incertitude est présente dans tout projet (Kvalnes, 2016). La distinction entre risque et incertitude se caractérise par la connaissance des agents décisionnels des probabilités d'occurrence des conséquences négatives ou positives de leur prise de décision. Si les décideurs ont conscience de telles probabilités, c'est une situation de risque; sinon c'est de l'incertitude (LeRoy et Singell JR, 1987). Face à l'incertitude, le gestionnaire de projet n'est pas indifférent et impartial, car il est personnellement concerné (Kvalnes, 2016), mais aussi parce que l'incertitude est synonyme d'opportunités et c'est la responsabilité du gestionnaire de projet de saisir ces opportunités en communiquant avec les parties prenantes et en facilitant l'analyse des alternatives pour la prise de décision (Lechler, Edington et Gao, 2012). Lors de la gestion d'un projet, l'incertitude se présente « lorsque des alternatives peuvent encore être identifiées et lorsque la gestion de l'incertitude consiste à prendre une décision optimale selon les choix possibles et les états probables de

l'environnement » (Kokshagina, Le Masson, Weil et Coge, 2016, p.272) (traduction libre). Simon (1947) a toutefois démontré que la pleine optimalité des décisions est impossible étant donnée la rationalité limitée des gestionnaires.

Lors de la conception d'un projet, les décideurs cherchent à consolider les intérêts des parties prenantes, pour ensuite déterminer s'ils financent le projet ou non (Williams et Samset, 2010). Pour se faire, les décideurs adoptent une vision à long terme et examinent plusieurs concepts (Williams et Samset, 2010). Cependant, « cette perspective plus large oblige les décideurs à regarder plus profondément dans l'avenir, où l'incertitude est plus élevée et les conclusions plus hypothétiques [...] » (Williams et Samset, 2010, p.41) (traduction libre). À l'instar de ces chercheurs, Miller et Hobbs (2009) spécifient que, dès le début d'un projet, les propriétaires du projet vont évaluer ce dernier en utilisant une perspective évolutive, plutôt que de l'évaluer selon un point temporel précis. Également, la gestion des parties prenantes, qui est une activité phare de la conception, accentue cette incertitude, car cette activité implique la détermination des « parties prenantes concernées, comment elles pourraient influencer un projet et quelles sont leurs motivations dans la mesure où leurs actions affectent l'activité du projet » (Ward et Chapman, 2008, p.563) (traduction libre). Conséquemment, la prise de décision pendant la conception est teintée d'incertitude (Williams et Samset, 2010) et dans de telles conditions d'incertitude, Scheibehenne et von Helversen (2009) estiment que le recours aux heuristiques est approprié pour supporter la prise de décision.

À cet effet, McCray, Purvis et McCray (2002) étayent que, pour réduire l'incertitude, les gestionnaires de projet se réfèrent fréquemment à des expériences passées afin d'appuyer leurs prises de décisions. En agissant ainsi, « d'importantes informations sont exclues du processus décisionnel et le résultat de la prise de décision diffère de ce qui aurait été choisi si des informations plus pertinentes avaient été incluses dans le processus décisionnel » (McCray, Purvis et McCray, 2002, p.52). De cette manière, les heuristiques ont le potentiel d'accélérer la prise de décision, mais cette accélération du processus décisionnel n'est pas sans conséquence (Dale, 2015). En fait, la plupart des effets négatifs de l'utilisation d'heuristiques au cours de la conception se matérialisent tardivement dans le cycle de vie du projet (McCray, Purvis et McCray, 2002).

Par exemple, lorsque les décideurs doivent se prononcer sur la viabilité d'un projet, il est fréquent que ceux-ci recourent à l'heuristique de la disponibilité (McCray, Purvis et McCray, 2002). Cette

heuristique est «la tendance à juger de la fréquence ou la probabilité d'un événement par la facilité avec laquelle les informations pertinentes viennent à l'esprit » (Dale, 2015, p.94) (traduction libre). Ce mécanisme cognitif provient du principe que si l'on se souvient rapidement d'une information ou d'une solution, elle doit être plus critique que les autres, qui ne viennent pas aussi rapidement à l'esprit (Dale, 2015). Par contre, tel que mentionné précédemment, il se peut que certaines parties prenantes soient moins engagées que d'autres pendant la conception et qu'elles ne soient pas en mesure de partager des informations ou des solutions aux décideurs. Du coup, de par l'inconsidération de certains facteurs, la décision prise de décision risque d'être imprécise (Dale, 2015) et les biais introduits par l'emploi de cette heuristique hasardent l'avancement du projet (McCray, Purvis et McCray, 2002).

Les biais « représentent des distorsions communes dans le processus décisionnel humain. Ils reflètent un point de vue particulier qui peut être contraire à la pensée rationnelle » (Shore, 2008, p.7) (traduction libre). Lors de la gestion d'un projet, il est difficile d'obtenir des évidences quant à la présence de biais dans une prise de décision et ainsi de mitiger leurs effets (Flyvbjerg, Bruzelius et Rothengatter, 2003). En effet, les biais des gestionnaires de projet sont parfois inconscients et donc utilisés involontairement (Ward et Chapman, 2014). Ce constat appuie l'affirmation de Shore (2008) qui atteste que les compétences et techniques présentées dans la perspective traditionnelle de la gestion de projet s'avèrent inaptes pour pleinement cerner les biais dans la prise de décision. Tout de même, Geraldi et Stingl (2016, p.29) apportent une nuance importante : « en reconnaissant que les projets sont intrinsèquement incertains et que les informations fournies sont incomplètes et biaisées, nous devons accepter la *précision* des jugements intuitifs » (traduction libre). Autrement dit, les heuristiques ne sont ni positives ni négatives et les biais qui ressortent de leur utilisation sont une conséquence de l'inévitable incertitude de la gestion de projet (Killen, Geraldi et Kock, 2020).

Dans les projets de construction, l'un des biais les plus récurrent est celui de l'escalade de l'engagement (Samset, 2008), qui décrit « des situations dans lesquelles les projets se poursuivent bien que des critères *objectifs* tels que des dépassements de coûts et des retards extrêmes indiquent l'échec du projet » (Stingl et Geraldi, 2017a, p.132) (traduction libre). Keil, al (2000) posent que c'est généralement la somme d'argent déjà investi (le coût irrécupérable) qui biaise les décideurs vers la continuation d'un projet ne respectant pas ces critères. Or, Ross et Staw (1986) précisent

que l'escalade de l'engagement est un cheminement temporel stimulé par des relations évolutives entretenues par certains déterminants propres au projet. Ces déterminants peuvent être de nature psychologique, sociale ou structurelle (Ross et Staw, 1986). Les déterminants psychologiques, dont la tendance de certains acteurs à l'autojustification, ont une plus grande influence au moment de la conception, alors que les déterminants sociaux, tel que le désir des investisseurs de garder leur crédibilité face aux parties prenantes, et structurels, comme le contexte sociopolitique entourant le projet, gagnent en influence au fur et à mesure que le projet avance (Ross et Staw, 1986).

Winch (2013) expose le biais de l'escalade de l'engagement de manière encore plus détaillée. À cette fin, il explique la présence de ce biais dans les mégaprojets de construction en combinant trois perspectives : la stratégie du futur antérieur, la fausse déclaration stratégique et l'escalade de l'engagement (Winch, 2013). La première perspective provient du mécanisme cognitif, décrit par Schütz (1967, p.61), où des parties prenantes vont « projeter leurs actions comme si elles étaient déjà réalisées. Donc, parce que les actions sont présentées comme achevées, l'acte planifié porte le caractère temporel du passé. Le fait que ces actions soient caractérisées comme étant simultanément passées et futures démontre qu'elles ont été orchestrées au futur antérieur » (traduction libre).

Puis, selon Winch (2013), la deuxième perspective provient des constats de Flyvbjerg, Bruzelius, et Rothengatter (2003). Suite à une recherche examinant plus de 258 projets de transport, ces derniers ont établi que les projets escaladaient en moyenne de 28% par rapport à leur budget initial. En parallèle à cette information, les chercheurs ont constaté, qu'au cours de la période analysée, il n'y a pas eu de correction apportée au processus de budgétisation. Ainsi, les erreurs d'estimation ne justifient pas l'escalade d'engagement de ces projets (Flyvbjerg, Bruzelius, et Rothengatter, 2003). Au contraire, les auteurs suggèrent que de fausses déclarations stratégiques, sur l'importance des investissements requis pour mettre à terme les projets, en sont la cause. En fonction des prévisions établies, Flyvbjerg, Bruzelius, et Rothengatter (2003) ont également discerné une surestimation des bénéfices réels des projets. Les chercheurs estiment que ces données prouvent la présence de biais volontaires, tant dans les estimations des propriétaires que des fournisseurs du projet. En ce sens, certaines parties prenantes peuvent potentiellement tirer avantage du partage d'informations incomplètes ou incomprises dans le but d'articuler de fausses déclarations stratégiques (Flyvbjerg, Bruzelius, et Rothengatter, 2003), tel que présenté dans

l'école pluraliste, où il est suggéré que les aléas moraux peuvent résulter de l'asymétrie de l'information entre les acteurs (Geraldi et Stingl, 2016).

Ensuite, Winch (2013) estime que les fondements de la troisième perspective proviennent de la psychologie sociale (Sleesman, Conlon, McNamara et Miles, 2012). L'auteur utilise les travaux de Staw (1976) pour illustrer la tendance qu'ont certains acteurs d'accroître leur engagement dans un projet, malgré la plénitude d'informations défavorables sur ce projet. Les recherches de Staw (1976) suggèrent que le catalyseur de ce biais est le comportement d'autojustification des acteurs. Avec de subséquentes recherches, Staw (1981) constate que l'escalade de l'engagement s'intensifie lorsque les résultats négatifs peuvent être affectés à des facteurs externes à l'organisation et non à des facteurs internes. Staw (1981) argumente alors que la rationalité des acteurs est défaillante, car ils ne considèrent pas l'irrévocabilité du passé. En effet, le passé ne devrait pas influencer les futures décisions d'investissements, mais ces acteurs préfèrent améliorer une situation cahoteuse en augmentant les dépenses, plutôt que de revoir la planification ou la portée du projet (Staw, 1981).

En conjuguant ces trois perspectives, Winch (2013) indique que si, dans la conception d'un mégaprojet, les promoteurs recherchent des investissements dans un bassin financier limité, la stratégie du futur antérieur encourage ces derniers à partager une analyse de rentabilisation biaisée, mais qui convaincra les investisseurs. Ainsi, une fois que le projet est entamé, la hausse du budget et le prolongement de l'échéancier sont pratiquement inévitables (Winch, 2013). Ayant préalablement connaissance de l'escalade d'engagement, les promoteurs doivent perpétuer la participation des bailleurs de fonds : ceux-ci sont alors convaincus de prolonger leurs investissements grâce à « la combinaison d'une réticence à admettre qu'ils avaient tort au départ, d'une persuasion par la direction du projet qui manipule l'économie du projet et d'une internalisation de la stratégie du futur antérieur » (Winch, 2013, p.727) (traduction libre). Les investisseurs vont donc comprendre qu'un retour sur investissements est uniquement réalisable que si le projet est terminé, ce qui justifie l'injection de fonds supplémentaires (Winch, 2013).

Bref, la stratégie du futur antérieur est fréquemment utilisée pour répondre à l'incertitude, alors que les fausses déclarations stratégiques sont originaires d'un manque de transparence (Winch, 2013) (Flyvbjerg, Bruzelius, et Rothengatter, 2003). Effectivement, en l'absence d'information prouvant la fausseté des déclarations stratégiques, ces dernières sont purement opportunistes et non

mensongères (Winch, 2013). En d'autres mots, l'incertitude entourant la conception d'un mégaprojet incite l'élaboration de stratégies au futur antérieur, ce qui favorise la matérialisation de fausses déclarations stratégiques. Celles-ci sont le fruit d'acteurs qui tirent profit de la faible transparence et de l'incomplétude des informations circulant entre les parties prenantes. Conséquemment, l'escalade de l'engagement pourrait suivre (Winch, 2013). La recherche de Winch (2013) exemplifie bien les postulats de l'école contextualiste, qui atteste que différentes interprétations des informations nuiraient à la collaboration et mènerait à la confrontation des parties prenantes (Stingl et Geraldi, 2017a).

### 2.2.3 Risques décisionnels et gestion des parties prenantes en gestion de projet

Les parties prenantes sont définies comme « tout groupe ou individu qui est affecté ou peut affecter les réalisations des objectifs d'une organisation » (Lobo et Farhan Abid, 2020, p.96) (Freeman, 1984) (traduction libre). Comme présenté précédemment, les risques décisionnels et les stratégies de prise de décision sont intimement liés aux motivations, intérêts et attitudes des parties prenantes, ainsi qu'à l'évolution de leurs attributs (Yang, Wang et Jin, 2014). La considération de tous ces aspects est d'autant plus importante lors de la conception, car c'est dans cette phase que les positions des parties prenantes se concrétisent et que leur influence sur le processus décisionnel est la plus forte (Aaltonen et Kujala, 2010). Dans les grands projets de construction, de multiples parties prenantes sont concernées (Samset, 2008) et l'une des principales responsabilités du gestionnaire de projet est d'évaluer l'impact des parties prenantes, tout en engageant celles-ci dans le processus décisionnel (Yang, Shen, Ho et Drew, 2011). Pourtant, il est impossible pour les décideurs de répondre à tous les besoins et préoccupations des parties prenantes (Olander, 2007). Ce faisant, les stratégies décisionnelles doivent être élaborées de façon à ce que les nombreuses exigences des parties prenantes soient balancées, de sorte que la portée et les résultats escomptés du projet ne soient pas compromis (Olander, 2007).

Aaltonen et Sivonen (2008) posent que les conflits entre les parties prenantes sont l'un des plus grands risques décisionnels, d'autant plus que ces conflits sont souvent imprévus. Parmi ces conflits, il y a généralement les discordes entre les objectifs d'une organisation et les intérêts des parties prenantes (Aaltonen et Sivonen, 2008). À ce sujet, Aaltonen et Sivonen (2008, p.138) suggèrent la stratégie décisionnelle du compromis : une organisation « fait des concessions et des

compromis sur ses propres objectifs, en raison des revendications présentées par les parties prenantes. Par conséquent, l'organisation cherche à répondre à certaines des exigences présentées par ses parties prenantes et permet ainsi de tenir compte de certaines des pressions » (traduction libre). À l'opposée, les entreprises peuvent adopter une stratégie d'inconsidération où elles « ignorent les demandes et les pressions des parties prenantes. Dans ce cas, une organisation décide qu'il n'est pas nécessaire de prendre en compte les revendications pour une exécution efficace des opérations » (Aaltonen et Sivonen, 2008, p. 138) (traduction libre).

Afin de sélectionner la bonne stratégie, les décideurs doivent notamment évaluer le pouvoir, la légitimité et l'urgence des parties prenantes (Yang, Wang et Jin, 2014) (Mitchell, Agle et Wood, 1997). De ce fait, Mitchell, Agle et Wood (1997) utilisent les théories de l'agence, de la dépendance aux ressources et des coûts de transaction pour définir le pouvoir. Selon la théorie de l'agence, les parties prenantes influencent les agissements des décideurs, de sorte que ce sont les objectifs des parties prenantes qui sont entrepris et non ceux des décideurs. En ayant recours à divers incitatifs ou mécanismes de surveillance, les décideurs peuvent limiter le pouvoir des parties prenantes d'influer sur l'organisation (Jensen et Meckling, 1976).

Selon de la dépendance aux ressources, le pouvoir appartient aux parties prenantes ayant le contrôle sur les ressources indispensables à l'organisation. Ainsi, posséder de telles ressources et en contrôler l'usage donnent beaucoup de pouvoir aux parties prenantes, ce qui les rend importantes aux yeux des décideurs (Pfeffer, 1981). Selon la théorie des coûts de transaction, le pouvoir des parties prenantes dépend de la capacité de celles-ci à négocier, dans la mesure où ces négociations affecteront la gouvernance et la structure de l'entreprise, augmentant alors les coûts de transaction sur le marché concurrentiel (Williamson, 1985). En joignant ces trois théories organisationnelles, Mitchell, Agle et Wood (1997) illustrent l'importance du pouvoir dans la gestion des parties prenantes. Or, le pouvoir seul n'est suffisant pour bien saisir l'importance des relations entre gestionnaires et parties prenantes (Mitchell, Agle et Wood, 1997).

Des parties prenantes légitimes, selon la théorie institutionnelle, représentent des parties prenantes dont les intérêts doivent être considérés inconditionnellement. Une inconsidération des parties prenantes avec une forte légitimité entrainera une « mortalité organisationnelle » (Mitchell, Agle et Wood, 1997, p.864) (Carroll et Hannan, 1989) (traduction libre). À cet égard, Mitchell, Agle et

Wood (1997, p.864) précisent que la légitimité aide à l'identification des parties prenantes importantes, mais que « mettre l'accent sur la légitimité et ignorer le pouvoir laisse des lacunes majeures dans une stratégie de gestion de parties prenantes, car certaines parties prenantes légitimes n'ont aucune influence » (traduction libre). Enfin, l'urgence d'une partie prenante indique la rapidité à laquelle ses demandes doivent être considérées. Donc, une partie prenante avec un fort niveau d'urgence nécessite de l'attention immédiate. La combinaison de ces trois attributs détermine la saillance des parties prenantes (Mitchell, Agle et Wood, 1997)

Nécessairement, pour une décision donnée, le gestionnaire de projet risque de ne pas respecter tous ces attributs, et, étant donné la multitude de parties prenantes, il y a un fort risque que certaines de celles-ci ne soient pas satisfaites par une décision donnée (Yang, Wang et Jin, 2014). De plus, dans un article décrivant deux études de cas sur les interactions des parties prenantes durant la conception de projets d'infrastructures, Aaltonen, Kujala, Havela et Savage (2015) ont démontré que le pouvoir, la légitimité et l'urgence des parties prenantes étaient évolutifs. D'ailleurs, l'un des deux cas a présenté des vacillements beaucoup plus négatifs dans les attributs des parties prenantes, entre autres de par la manière dont les processus de prise de décision étaient conçus (Aaltonen et al, 2015). Dans ce cas, les processus ne furent pas utilisés de façon à encourager la coordination et la coopération des parties prenantes influentes (Aaltonen et al, 2015). Dans l'autre cas, la prise de décision était ouverte et compréhensible. Par conséquent, à la fin de la conception, la majorité des parties prenantes influentes avaient des opinions favorables à l'égard du projet (Aaltonen et al, 2015).

En ce sens, l'édification d'un processus décisionnel approprié est l'un des facteurs déterminant la coopération ou la confrontation des parties prenantes pendant la conception (Aaltonen et al, 2015). Donc, selon le processus décisionnel choisi, la saillance des parties prenantes évoluera de manière négative ou positive (Aaltonen et al, 2015). En parallèle à cette recherche, l'école contextualiste précise que la création d'une vision commune entre les parties prenantes favorise l'atteinte des résultats (Stingl et Geraldi, 2017a). Bref, ces constats réitèrent l'importance d'organiser un processus décisionnel qui facilite l'engagement des parties prenantes, de sorte que les décisions soient transparentes et compréhensibles pour l'ensemble de celles-ci et pour rendre possible la prise de décision collaborative (Idler et Spang, 2019).

Décisivement, dans cette deuxième partie de la revue de littérature, nous avons présenté les enjeux décisionnels propres à la gestion de projet : la complexité, l'incertitude et les risques. La complexité peut avoir plusieurs dimensions, mais les plus influentes sont les dimensions sociales et organisationnelles, et plus particulièrement lors de la conception. Dû à l'importance de ces dimensions, les décisions prises dans cette phase conditionnent l'avancement du projet et ont ainsi des effets considérables sur les résultats. Puis, l'inévitable incertitude entourant la gestion de projet encourage l'utilisation d'heuristiques. Celles-ci ne sont ni négatives ni positives, mais leur utilisation récurrente peut introduire des biais dans la prise de décision, notamment l'escalade de l'engagement dans les mégaprojets. Ce biais est d'ailleurs étroitement lié aux techniques de gestion de l'incertitude et la difficulté d'établir une compréhension commune sur les informations qui circulent entre les parties prenantes. Enfin, les risques décisionnels sont accentués ou diminués par l'évolution des attributs des parties prenantes, plus précisément le pouvoir, la légitimité et l'urgence de celles-ci. Cette évolution est déterminée par la conception d'un processus décisionnel qui stimule la coopération et non la confrontation des parties prenantes. Dans la prochaine partie, nous abordons comment la prise de décision peut être appuyée, par l'IA, les mégadonnées et le BIM.

### 2.3 IA, mégadonnées, BIM et prise de décision

Dans cette section de la revue de littérature, nous commençons par décrire les diverses structures de prise de décision appuyée par l'IA. Nous enchaînons avec l'utilisation des mégadonnées dans les processus décisionnels. Nous terminons avec le BIM et la prise de décision collaborative.

#### 2.3.1 L'IA et la prise de décision

Actuellement, la prise de décision appuyée par l'IA se présente sous trois structures : une prise de décision autonome par l'IA, une prise de décision partagée entre l'humain et l'IA, ainsi que l'IA comme membre de l'équipe (Raj Shrestha, Ben-Menahem et von Krogh, 2019). Selon la première structure, l'IA a les capacités pour prendre des décisions simples sans intervention humaine (Raj Shrestha, Ben-Menahem et von Krogh, 2019). Une telle délégation de l'humain à l'IA est utile dans « des situations de prise de décision où l'espace de recherche est spécifique et restreint, l'interprétabilité du processus de prise de décision est moins importante que la précision, l'ensemble d'alternatives est considérable, la vitesse de prise de décision est importante et la

reproductibilité des résultats décisionnels est requise » (traduction libre) (Raj Shrestha, Ben-Menahem et von Krogh, 2019, p.70). La planification du trafic, les systèmes de recommandation de produits en temps réel, la tarification dynamique et la détection de fraude en ligne sont améliorés par la prise de décision complète de l'IA (Raj Shrestha, Ben-Menahem et von Krogh, 2019). Les systèmes assurant une prise de décision complète de l'IA sont exploités quotidiennement et sont essentiels au succès d'Amazon et Netflix, qui ont capitalisé sur les mégadonnées qu'elles acquièrent (Duan, Edwards et Dwivedi, 2019).

Ces logiciels sont ainsi en mesure de prédire les préférences d'une grande quantité d'utilisateurs, et ce avec une précision remarquable (Raj Shrestha, Ben-Menahem et von Krogh, 2019). Dans le cas d'Amazon, l'algorithme décide des produits qu'il recommande aux utilisateurs en se référant à leur historique d'achat. Présentement, le logiciel prédit correctement ce que le client souhaite acheter 5% du temps, donc 1 achat sur 20 chez Amazon provient d'une décision algorithmique (Agrawal, Gans et Goldfarb, 2019). De ce fait, «de meilleures prédictions attirent plus de consommateurs; plus de consommateurs génèrent plus de données pour entraîner le logiciel d'IA et ainsi de suite, créant alors un cercle vertueux » (traduction libre) (Agrawal, Gans et Goldfarb, 2019, p.148-149).

En gestion de projet, une délégation complète de la prise de décision à l'IA est utile pour les décisions opérationnelles et hautement structurées (Levitt et Kunz, 1987). Déjà dans les années 1980, les systèmes informatiques utilisant le traitement d'informations étaient employés pour soutenir les décisions opérationnelles relatives au suivi et au contrôle de projet (Levitt et Kunz, 1987). Par ailleurs, la plupart des gestionnaires de projet attestent l'importance de prendre des décisions en se référant à des mesures empiriques (Dieckmann, 1992). De fait, l'application d'algorithmes de calculs pour les décisions hautement structurées assure l'inclusion de données empiriques dans le processus décisionnel en gestion de projet (Dieckmann, 1992). De surcroit, les logiciels utilisant l'apprentissage automatique peuvent émettre des avertissements lorsque les critères opérationnels, tels que l'évolution des coûts du projet, ne sont pas respectés (Wauters et Vanhoucke, 2015). Ainsi, avec de plus grandes avancées dans les technologies cognitives, un système basé sur l'apprentissage automatique pourrait analyser les données relatives aux exigences opérationnelles, rapporter l'information produite au gestionnaire de projet et finalement prendre une décision pleinement autonome (Wauters et Vanhoucke, 2015).

Dans de telles circonstances, les mégadonnées du BIM pourraient servir de données *d'entraînement* pour construire les algorithmes d'IA autonome. En outre, dans le cadre d'un projet, la délégation complète de la prise de décision à un logiciel d'apprentissage automatique pour les décisions structurées a encore ses limites et les gestionnaires de projets doivent utiliser le jugement d'experts et comparer les résultats obtenus par le logiciel avec des outils plus traditionnels avant de prendre une décision (Martinez et Fernandez-Rodriguez, 2015). Donc, tout comme les informations fournies par le BIM, celles-ci doivent être analysées et étudiées par certaines parties prenantes avant de prendre une décision.

Dans la deuxième structure, les décisions algorithmiques peuvent servir comme entrée à la prise de décision humaine ou les décisions humaines peuvent servir comme entrée à la prise de décision algorithmique (Raj Shrestha, Ben-Menahem et von Krogh, 2019). Selon la première option, « l'IA agit comme un filtre qui rejette les alternatives redondantes ou inappropriées et transmet un nouvel ensemble d'alternatives au décideur humain, qui lui sélectionne parmi celles-ci. Cela permet aux gestionnaires d'administrer efficacement des situations où les options décisionnelles sont excessivement larges » (traduction libre) (Raj Shrestha, Ben-Menahem et von Krogh, 2019, p.74). À ce sujet, Hoffman (2016) décrit les graphiques des connaissances d'entreprises comme des applications importantes de l'IA. Ceux-ci analysent et présentent les relations entre toutes les données et les flux d'informations au sein d'une organisation. L'objectif est un processus décisionnel accéléré et précis grâce à la combinaison des capacités analytiques de l'IA aux capacités créatives de l'Homme (Ezer et al. 2019). Cette structure est similaire aux situations où des conseillers émettent des suggestions à un décideur ayant autorité finale sur la décision. Ainsi, le décideur peut utiliser son jugement quant à la prise en compte ou non des suggestions de l'IA (Raj Shrestha, Ben-Menahem et von Krogh, 2019).

Selon la deuxième option, « les décideurs humains choisissent un ensemble restreint d'alternatives parmi un plus grand ensemble, pour ensuite déléguer le plus petit ensemble à l'IA qui choisira la meilleure option selon sa programmation » (Raj Shrestha, Ben-Menahem et von Krogh, 2019, p.75) (traduction libre). Une telle structure est valable pour des situations où les humains doivent choisir entre quelques alternatives, mais une évaluation conforme de ces dernières requiert le traitement d'une somme excessive de données ou une attention trop grande pour un décideur humain (Raj Shrestha, Ben-Menahem et von Krogh, 2019). En formant un logiciel d'IA à reproduire les

décisions issues de l'Homme, l'algorithme apprend des données combinées de plusieurs employés. Grâce à l'apprentissage automatique, l'algorithme évolue avec le temps afin d'être plus performant (Brynjolfsson et Mitchell, 2017).

Dans le cadre d'un projet, la prise de décision partagée entre l'humain et l'IA apporte au gestionnaire de projet une assistance en termes de suivi et de contrôle, donc pour les décisions opérationnelles. Ainsi, cela lui permet de prendre des décisions plus rapidement (Cheng, Tsai et Liu, 2008). Similairement au BIM, qui n'est pas un outil d'IA, ces algorithmes d'IA utilisent des mégadonnées pour émettre de nouvelles informations et faciliter l'analyse de plusieurs alternatives. Par exemple, les logiciels d'IA, tels que le *Evolutionary Project Success Prediction Model* (EPSPM) peuvent être utilisés par les gestionnaires de projet pour supporter la prise de décision. (Ko et Cheng, 2007). Le EPSPM facilite « l'estimation de la réussite d'un projet grâce au groupement et à la considération de facteurs de succès critiques, tels que le temps et le coût, à chaque étape du cycle de vie d'un projet » (Martinez et Fernandez-Rodriguez, 2015, p.80) (traduction libre). L'outil analyse ensuite ces facteurs de succès en fonction de l'avancement du projet et présente les résultats au gestionnaire de projet. L'outil fournit donc les intrants décisionnels et le gestionnaire de projet effectue une procédure de suivi et de contrôle en fonction des données recueillies afin de prendre la décision finale (Martinez et Fernandez-Rodriguez, 2015).

Aussi, des outils d'IA comme les *Fuzzy Logic Systems* « simulent le processus décisionnel humain dans le but de modéliser les modes de raisonnement afin d'appuyer la prise de décision dans des environnements caractérisés par l'incertitude et l'imprécision » (traduction libre) (Ko et Cheng, 2007, p.317). Les processus décisionnels sont illustrés par un graphique constitué de nœuds identifiant les points décisionnels. Ce type de graphique permet ainsi l'identification des points décisionnels importants dans le cycle de vie d'un projet. L'outil trie et présente les données au gestionnaire de projet afin qu'il soit en mesure de prendre une décision au bon moment dans le déroulement du projet (Martinez et Fernandez-Rodriguez, 2015). En parallèle au BIM, ces logiciels d'IA permettent la représentation et la visualisation numériques de mégadonnées afin de seconder la prise de décision.

Dans la troisième structure, l'IA et les employés composent une équipe et sont au même pied d'égalité dans le processus décisionnel (Raj Shrestha, Ben-Menahem et von Krogh, 2019). Les

choix décisionnels « sont distribués à chacun des membres de l'équipe, dont l'IA, afin que tous puissent prendre une décision. Les décisions individuelles sont finalement agrégées en décision collective par le biais d'un vote à la majorité » (Raj Shrestha, Ben-Menahem et von Krogh, 2019, p.76) (traduction libre). L'IA joue ici un rôle d'acteur : « l'algorithme peut évaluer de manière proactive et autonome des options et prendre des décisions, voir même contester le statu quo » (ma traduction) (Kolbjornsrud,, Amico et Thomas, 2016, p.17). Avec des équipes hybrides Homme-IA, les entreprises cherchent à créer le bon équilibre entre les capacités humaines et celles de l'IA (Ezer et al. 2019). Autrement dit, au sein de cette structure de prise de décision, « les décideurs humains et l'IA se concentrent sur des éléments différents en fonction de leurs forces et faiblesses respectives » (Raj Shrestha, Ben-Menahem et von Krogh, 2019, p.76).

Dans une telle forme de structure décisionnelle, l'Homme et la machine ont le potentiel d'agir de manière interdépendante, ce qui peut faciliter l'innovation et accroître la productivité (Lawless et al. 2019). À titre d'exemple, la firme d'investissement Deep Knowledge Ventures (DVK) a ajouté un algorithme d'IA, nommé VITAL, comme sixième membre de son conseil exécutif (Raj Shrestha, Ben-Menahem et von Krogh, 2019). Étant bien différent de ses collègues humains, « VITAL prend des décisions en fonction d'analyses informatiques de vastes quantités de données [...] Ce faisant, le logiciel d'IA prend en considération des facteurs qui seraient probablement négligés par les humains, ce qui permet de balancer et de nuancer la prise de décision finale » (traduction libre) (Raj Shrestha, Ben-Menahem et von Krogh, 2019, p.76-77). Donc, lorsque l'IA est membre de l'équipe, elle peut conseiller et appuyer les décisions stratégiques quant à la sélection des bons projets et investissements (Davenport, 2019). Toutefois, l'usage d'algorithmes semblables à VITAL n'est pas commun, car ceux-ci sont très dispendieux à développer et nécessite une quantité massive de données, ce qui rend l'interprétation de leurs décisions particulièrement complexes (Yampolskiy, 2020).

Il est important de préciser que la prise de décision appuyée par de tels outils informatiques est soumise à plusieurs biais (Raj Shrestha, Ben-Menahem et von Krogh, 2019). Par exemple, les compagnies qui utilisent ces technologies doivent déterminer si les systèmes d'IA qu'elles exploitent sont équitables et traitent tous les citoyens de la même manière (Davenport, 2019). Le biais algorithmique signifie que les résultats d'un algorithme d'apprentissage automatique désavantagent certaines personnes (Davenport, 2019). Bien que les programmeurs de l'algorithme

ne souhaitent pas une telle discrimination, c'est leur responsabilité et celle de leur entreprise de prévenir de tels problèmes et de les corriger lorsqu'ils surviennent (Davenport, 2019). L'algorithme d'embauche d'Amazon en 2018 est l'exemple parfait des problèmes engendrés par les biais algorithmiques. Celui-ci avait été programmé grâce à l'intégration de données historiques, alors que les hommes blancs avaient été plus productifs. Conséquemment, l'algorithme avait une prédisposition favorable envers ces derniers, alors que les minorités visibles et les femmes se voyaient discriminées. L'entreprise a immédiatement cessé d'utiliser le système, car il était impossible de le reconfigurer (Tambe, Cappelli, Yakubovich, 2019).

De même, liée à l'enjeu du biais algorithmique, est l'importance de la transparence des systèmes d'IA. Cela se traduit par la capacité ou l'incapacité d'expliquer comment ils effectuent des analyses et prennent des décisions. Effectivement, les systèmes d'IA sont basés sur une quantité phénoménale de données, chacune d'elles insignifiantes à l'œil de l'observateur humain (Davenport, 2019). Dès lors, les décisions prises ou influencées par ces technologies ont des biais similaires : elles ne sont pas maîtrisées également par toutes les parties prenantes et les informations fournies par ces technologies ne sont pas comprises de la même manière par tout un chacun (Sebastian, 2011; Davenport, 2019). Plus précisément, la visualisation de mégadonnées et l'automatisation apportent des gains en productivité, mais «la simplicité qui en résulte et l'incertitude réduite dans la prise de décision peuvent avoir des effets dévastateurs lorsque les algorithmes se concentrent sur des problèmes étroits sans tenir compte des facteurs contextuels et organisationnels » (Bader et Kaiser, 2019, p.657) (traduction libre).

En somme, les environnements décisionnels sont caractérisés par l'ambiguïté, la complexité et l'incertitude due au manque d'information concernant les alternatives et leurs conséquences (Choo, 1991). Dans un tel contexte, l'intelligence humaine et l'IA comportent chacune leurs avantages et désavantages pour adresser ces situations. D'un côté, dans des situations d'incertitude et d'ambiguïté, l'avantage va à l'être humain (Jarrahi, 2018). En effet, lorsqu'une décision doit être prise sans donnée ou information de référence, l'intuition se révèle comme étant particulièrement adéquate. De nombreux nouveaux problèmes peuvent survenir à tout moment et ainsi déstabiliser les stratégies décisionnelles basées sur les informations et les données (Ransbotham, 2016). Conséquemment, faisant face à ces perturbations jusqu'à maintenant inconnues, le décideur humain utilise un processus intuitif basé sur la perspicacité, son expérience tacite et son jugement

personnel pour rendre une décision; ce qui est présentement impossible pour les technologies cognitives (Jarrahi, 2018). D'un autre côté, dans des situations de complexité, l'avantage va à l'IA (Jarrahi, 2018). Ces situations représentent des conjonctures où l'analyse d'une immensité d'informations, variables et éléments est requise, nécessitant alors un traitement massif de données à une vitesse et une précision surpassant les capacités cognitives des décideurs humains (Jarrahi, 2018). Grâce à leurs capacités quantitatives, informatiques et analytiques supérieures, les logiciels prenant des décisions algorithmiques ont « ouvert de nouvelles opportunités pour faire face à la complexité et se présentent comme des moyens plus efficaces d'équiper les décideurs avec des analyses de données complètes (Jarrahi, 2018, p. 562) (traduction libre). Ainsi, en joignant la performance de l'IA dans la collecte et l'analyse de données au jugement intuitif et à la perspicacité de l'intelligence humaine, ces deux formes d'intelligence interagissent et se complètent dans une relation synergique et partenariale (Jarrahi, 2018).

### 2.3.2 Les mégadonnées et la prise de décision

Dans cette section, nous détaillons une représentation du processus de prise de décision appuyée par les mégadonnées, développé par Janssen, van der Voort et Wahyudi (2017), tel qu'illustré à la figure 4, mais il est d'abord pertinent d'utiliser ce modèle pour bien situer le BIM. En amassant et en intégrant toutes les données relatives à la construction d'un bâtiment, le BIM réalise l'étape du *Data collecting*. Puis, en synthétisant et en agrégeant les données pertinentes, le BIM effectue l'étape du *Data preparing*. Ensuite, en présentant et en visualisant les données traitées, le BIM exécute l'étape du *Data analysing*. Enfin, grâce aux visualisations de données permises par le BIM, les parties prenantes concernées opéreront l'étape du *Decision-making*. Ces décisions sont d'ailleurs des données qui pourront être réintégrées dans l'étape du *Data collecting*, créant alors un cercle vertueux, similaire à celui décrit précédemment pour la prise de décision autonome de l'IA.

Toutefois, une faille dans le traitement de données résulte à des informations erronées et celles-ci nuisent à la prise de décision (Tien, 2003). En effet, de telles informations ne sont d'aucune utilité pour les décideurs, car elles ne permettent pas de valider ou de justifier la sélection d'une alternative par rapport à une autre (Tien, 2003). Ce faisant, une entreprise ne peut pas développer un avantage compétitif soutenable simplement en disposant d'une grande quantité de données. Celle-ci doit

développer des techniques et des pratiques de gestion permettant une utilisation appropriée de ces données (Nisar et al, 2020). D'ailleurs, «la collecte, le traitement et l'utilisation des données ne se font pas au sein d'un seul silo organisationnel. Au lieu de cela, les données sont collectées par de nombreux acteurs et les organisations doivent collaborer et créer des partenariats pour acquérir les ressources et les capacités d'analyse de données » (Janssen, van der Voort et Wahyudi, 2017, p.338) (traduction libre). Cette multiplicité de parties prenantes et d'étapes accentue la complexité d'appliquer les mégadonnées pour la prise de décision (Janssen, van der Voort et Wahyudi, 2017). Tel que présenté antérieurement, la conception des projets implique plusieurs acteurs, l'introduction de mégadonnées risque donc de compliquer les processus décisionnels si ces derniers ne sont pas inclus dans le processus de traitement.

Clairement, la qualité d'une décision appuyée par les mégadonnées ne dépend pas uniquement de la qualité des données, mais surtout du processus par lequel ces données furent collectées, traitées et analysées (Janssen, van der Voort et Wahyudi, 2017). De ce fait, Janssen, van der Voort et Wahyudi (2017) ont développé une représentation du processus identifiant les différents facteurs influençant la qualité des décisions appuyées par les mégadonnées. Pour d'arriver à ce cadre, les chercheurs ont recensé la littérature et ont ressorti les différents facteurs influençant la prise de décision basée sur les mégadonnées. Ensuite, ils ont comparé ces facteurs avec les résultats d'une étude de cas. Cette étude de cas porte sur l'analyse du traitement de mégadonnées fait par la *Dutch Tax Organisation* grâce à des entretiens, ainsi qu'à l'analyse de documents et de rapports (Janssen, van der Voort et Wahyudi, 2017).

Pour présenter leurs résultats, les auteurs introduisent le concept de *Big Data Decision Chain* (tel qu'illustré à la figure 4). Conformément au cadre développé par Rolstadas et al (2015), l'application d'un cadre sous forme de chaîne facilite l'analyse des activités réalisées dans le *Big Data Decision Chain*, ainsi que la compréhension des relations entre ces activités et les acteurs impliqués (Janssen, van der Voort et Wahyudi, 2017). Le *Big Data Decision Chain* décrit le processus décisionnel impliquant les différents facteurs interdépendants qui influencent la qualité de la prise de décision (Janssen, van der Voort et Wahyudi, 2017). Spécifiquement, « la qualité des systèmes informatiques, l'intégration des processus de traitements des données, la gouvernance contractuelle et relationnelle pour assurer la qualité des données et le transfert des connaissances sont des facteurs clés » (Janssen, van der Voort et Wahyudi, 2017 p.341) (traduction libre). Aussi,

les compétences de la main-d'œuvre, la collaboration et une infrastructure organisationnelle flexible ont été identifiées comme des facteurs importants (Janssen, van der Voort et Wahyudi, 2017). Ainsi, le cheminement menant à la prise de décision appuyée par les mégadonnées s'échelonne sur plusieurs étapes et la réalisation adéquate de chacune d'elle dépend de plusieurs éléments corrélés (Janssen, van der Voort et Wahyudi, 2017).

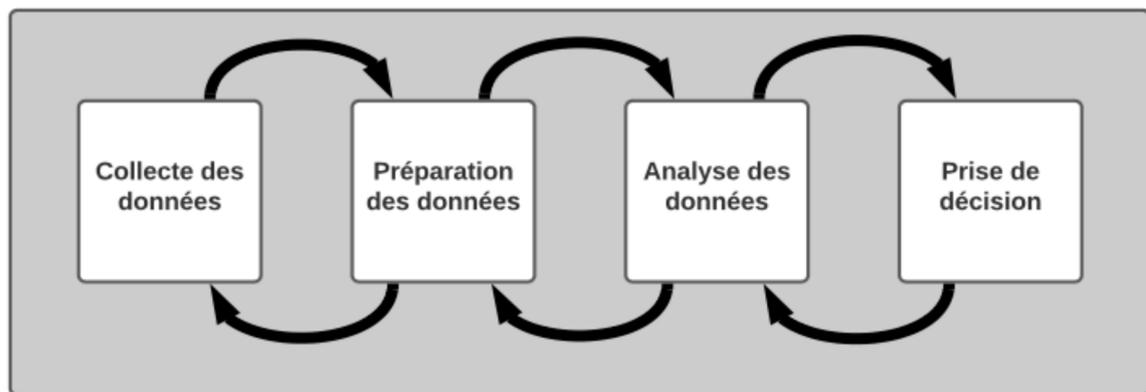


Figure 4. Chaîne de décision appuyée par les mégadonnées (inspiré de Janssen, van der Voort et Wahyudi, 2017)

Janssen, van der Voort et Wahyudi (2017) concluent que pour transformer les données massives en informations utilisables, il faut entreprendre un processus complexe et sophistiqué qui nécessite la collaboration de multiples parties prenantes (Janssen, van der Voort et Wahyudi, 2017). De même, cette collaboration est seulement possible si toutes les parties prenantes ont la même compréhension des sources de données et de la façon dont elles interagissent (Janssen, van der Voort et Wahyudi, 2017). Autrement dit, les parties prenantes doivent similairement comprendre le contexte relatif à la cueillette et à l'utilisation de ces données. À long terme, cela est possible grâce à la standardisation du processus décisionnel impliquant les mégadonnées, mais les auteurs précisent qu'une telle maturité organisationnelle est difficile à développer (Janssen, van der Voort et Wahyudi, 2017). En effet, pour y arriver, les employés actuels doivent se familiariser avec la collecte et le traitement de mégadonnées, ce qui nécessite beaucoup d'investissements et de réorganisation. En somme, «la qualité de la prise de décision dépend fortement de la capacité, de la confiance et de la volonté des parties prenantes de bien jouer leur rôle dans la *Big Data Decision Chain* » (Janssen, van der Voort et Wahyudi, 2017, p.344). Malgré tous ces défis, les auteurs

stipulent que l'utilisation de mégadonnées a le potentiel de considérablement améliorer la prise de décision.

À l'avenant de Janssen, van der Voort et Wahyudi (2017), Wang, Xu, Fujita et Liu (2016) déclarent que les mégadonnées peuvent éventuellement amener de la *mégavaleur* et cette valeur se présente comme une chaîne de valeur, commençant par la découverte des données et se terminant par leur exploitation. De même, malgré les défis présentés plus haut, plusieurs techniques ont été conçues pour appuyer la prise de décision dans chaque étape menant à la création de *mégavaleur* (Wang et al, 2016). Autrement dit, les mégadonnées peuvent aider à la prise de décision, mais celles-ci doivent être accompagnées d'outils et techniques qui les exploitent (Wang et al, 2016). La conception et l'utilisation de ces outils et techniques requièrent la pollinisation croisée de plusieurs disciplines et des leurs professionnels (Wang et al., 2016). Wang et al (2016, p.76) avancent alors que d'une part les outils et techniques émanant des « sciences de la décision supportent les décisions dans chaque phase du traitement des mégadonnées; d'autre part, les solutions des mégadonnées enrichissent le contenu et la portée des sciences de la décision » (traduction). Encore une fois, un cercle vertueux (tel qu'illustré à la figure 5) se concrétise de par l'utilisation de mégadonnées et d'outils informatiques les exploitant.

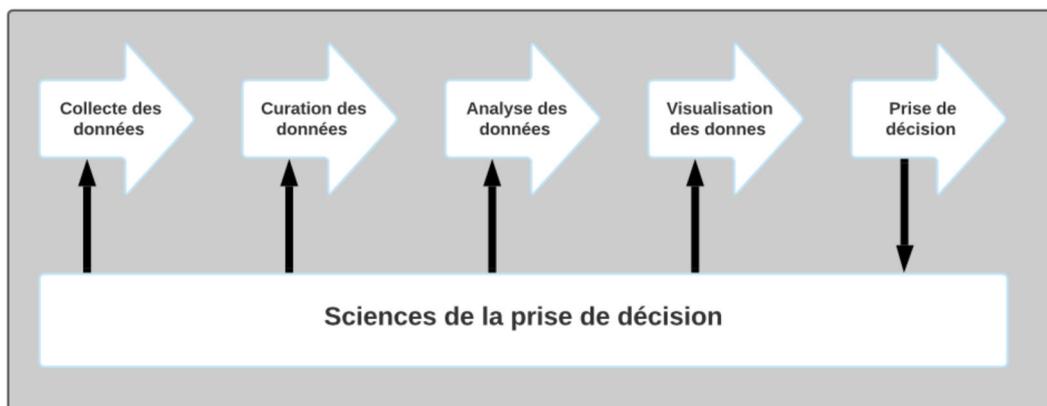


Figure 5. Chaîne de valeur des mégadonnées (inspiré de Wang et al., 2016)

De tels outils informatiques doivent prioritairement assurer l'exploitation des connaissances et des informations qui sont imbriquées dans les mégadonnées (Wang et al, 2016). En effet, puisque les mégadonnées se présentent sous de multiples formes et échelles, l'agrégation et la synthétisation

des données sont séparées du processus d'analyse (Chen et Zhang, 2014). Ces outils trouvent donc toute leur utilité en permettant de cheminer vers le processus d'analyse qui mène à la prise de décision (Wang et al, 2016). Ce processus d'analyse est alors illustré sous la forme de tableaux, images, diagrammes ou autres représentations 3D (Wang et al, 2016). À cet égard, Wang et al (2016, p.754) précisent que les outils de visualisation des mégadonnées les rendre plus « significatives, mais qu'ils sont beaucoup plus difficiles à utiliser que les outils décisionnels traditionnels en raison de la complexité des données » (traduction libre).

Suite à cette affirmation, Wang et al (2016, p.759) énoncent que « les mégadonnées posent encore des *mégadéfis* » (traduction libre). Entre autres, dans certains cas, les sources de données avec une faible véracité provoquent des distributions et agrégations aléatoires, plutôt que déterministes (Wang et al, 2016). En conséquence, ces agrégations sont inadéquates pour énoncer des prédictions fiables et supporter la prise de décision. Également, certaines données jugées comme incomplètes peuvent être ignorées par les systèmes informatiques et cela est d'autant plus récurant si les données proviennent de sources hétérogènes (Wang et al, 2016). Avec une telle exclusion de données, on ne peut confirmer la représentativité et la fidélité des analyses émises par les systèmes informatiques (Wang et al, 2016). Ainsi dit, le caractère incertain des mégadonnées remet en question l'efficacité des outils de visualisation. Par ailleurs, le jugement, la perception, la perspicacité et autres compétences humaines occupent encore une place incontestable dans les processus décisionnels et ne peuvent être substitués par l'analyse des mégadonnées dans les modèles de gestion (McAfee et Brynjolfsson, 2012). Les technologies d'analyse des mégadonnées devraient alors contribuer à l'amélioration des compétences relatives à la gestion des parties prenantes, et non à la détérioration de celles-ci (Wang et al, 2016).

Manifestement, dans les modèles de Janssen, van der Voort et Wahyudi (2017) et de Wang et al (2016) l'application des mégadonnées pour la prise de décision requiert la participation et la coordination de multiples acteurs. Tel que présenté dans l'école contextualiste, cette coopération entre les parties prenantes devrait mener vers une vision commune quant aux informations contenues dans les mégadonnées et permettrait alors d'obtenir une logique décisionnelle partagée. Au travers de leurs modèles, ces chercheurs nuancent que l'utilisation des mégadonnées favorise la collaboration, mais que la collaboration est préalablement requise pour utiliser les mégadonnées. La prise de décision collaborative et l'utilisation des mégadonnées pour la prise de décision sont

donc mutuellement inclusives, ou tout simplement inséparables. En parallèle avec les postulats de ces chercheurs, pour mettre le BIM en pratique, la collaboration entre plusieurs professionnels provenant de différents milieux est requise et la coordination avec les parties prenantes doit se faire au-delà des unités fonctionnelles de l'entreprise (Bryde, Broquetas et Volm, 2013). Il faut donc conjuguer les expertises afin d'interpréter et d'utiliser les modèles du BIM, pour ensuite partager et transférer les informations aux différents acteurs. (Abbasnejad et Moud, 2013). En ce sens, l'utilisation du BIM est potentiellement soumise aux mêmes enjeux et défis adressés ci-haut.

### 2.3.3 BIM et la prise de décision collaborative en gestion de projet

Bien que le BIM n'entre pas dans la grande famille de l'IA, son fonctionnement permet de collecter, préparer et analyser des données pour une prise de décision collective tout au long du cycle de vie. En gestion de projet, la prise de décision collaborative se définit comme un processus où plusieurs acteurs ayant des objectifs, des priorités et des intérêts différents coopèrent afin de rendre une décision (Jankovic, Stal-Le Cardinal et Bocquet, 2010). L'amélioration de la coordination des tâches collaboratives entre les parties prenantes peut contribuer aux bonnes performances d'un projet de construction (Lavikka, Smeds et Jaatinen, 2015), mais Sebastian (2011) stipule que la faible collaboration et coordination entre les acteurs est récurrente dans ce type de projet. De ce fait, certains chercheurs argumentent qu'un « processus de conception collaboratif structuré et activé par le BIM peut améliorer la communication multidisciplinaire et ainsi contribuer à atteindre plus efficacement des objectifs durables » (Zanni, Ruikar et Soetanto, 2020, p.639) (traduction libre). En illustrant diverses données et perspectives, le BIM encourage l'implication des parties prenantes venant de différents domaines d'expertises (Zanni, Ruikar et Soetanto, 2020). Pour que l'utilisation du BIM soit optimale, les responsabilités des parties prenantes doivent être préalablement précisées et celles-ci doivent avoir une compréhension commune des objectifs et livrables du projet (Zanni, Ruikar et Soetanto, 2020).

Dans un projet de construction, la prise de décision collaborative requiert un partage efficace et structuré de l'information entre les parties prenantes projet (Zanni, Ruikar et Soetanto, 2020). Le BIM seconderait alors cet échange d'informations grâce à la « visualisation des alternatives de conception, qui aide les participants du projet à examiner facilement les diverses options. De plus, l'intégration des données provenant de différentes disciplines permet l'extraction précise et rapide

des informations, ainsi que l'évaluation des mesures de performance » (Kim, Kim, Fischer et Orr, 2015, p.98) (traduction libre). D'ailleurs, les détails des activités complétées ou en cours, ainsi que des professionnels concernés peuvent être visualisés et observés grâce à des séries de données chronologiques (Pan et Zhang, 2021). Celles-ci peuvent alors servir d'informations pour les responsables du projet, de sorte qu'ils peuvent s'ajuster au fur et à mesure que les données sont incorporées, facilitant alors l'automatisation et la numérisation de la gestion de projet de construction (Pan et Zhang, 2021).

Par contre, avec un recours croissant aux outils de visualisation, les besoins en compétences informatiques s'intensifient, tout comme l'alignement de ces compétences au sein de l'équipe projet (Poirier, Forgues et Staub-French, 2017). Clairement, malgré tous ses bienfaits, l'application du BIM engendre plusieurs défis, dont les redéfinitions de rôles, les besoins en capacités techniques et les variations dans les interprétations des modèles BIM, et les gestionnaires de projet doivent être conscients de ces enjeux s'ils souhaitent bénéficier de ces avantages (Bryde, Broquetas et Volm, 2013).

Dans une étude parue en 2015, Forsythe, Sankaran et Biesenthal ont analysé comment le BIM pouvait réduire l'asymétrie de l'information dans l'industrie de la construction en Australie. D'emblée, les auteurs posent que théoriquement les systèmes BIM « fournissent une plus grande transparence et un meilleur accès à l'information sur les projets de de construction, et, ce faisant, devrait réduire l'asymétrie d'information qui survient généralement dans les relations contractuelles de construction » (Forsythe, Sankaran et Biesenthal, 2015, p.75) (traduction libre). En parallèle à l'escalade d'engagement et à l'école pluraliste, l'asymétrie de l'information pose des problèmes lorsque des acteurs sont contractuellement liés et que l'un de ceux-ci profite du fait qu'il est mieux informé que les autres dans le but d'obtenir des gains personnels (Jäger, 2008). En fait, une bonne gestion de l'asymétrie de l'information permet de réduire plusieurs risques décisionnels et les coûts de transaction dans la gestion d'un projet de construction (Forsythe, Sankaran et Biesenthal, 2015). Cependant, en se référant à leur expérience professionnelle et académique, les chercheurs estimaient que les effets du BIM sur l'asymétrie de l'information n'étaient pas bien cernés et nécessitaient de plus amples recherches. L'objectif de leur étude est donc de déterminer si le BIM réduit réellement l'asymétrie de l'information entre les différentes parties prenantes impliquées dans un projet de construction (Forsythe, Sankaran et Biesenthal, 2015).

Les résultats de la recherche ont confirmé qu'il a bel et bien de l'asymétrie d'information dans les projets de construction et que même si le BIM a « la capacité de réduire l'asymétrie de l'information, il n'a pas atteint un stade de maturité dans l'industrie australienne de la construction pour clairement confirmer qu'il réduit l'asymétrie de l'information dans la pratique » (Forsythe, Sankaran et Biesenthal, 2015, p. 81) (traduction libre). Ainsi, il n'est pas établi que le BIM permet réellement une prise de décision transparente, puisque l'information ne circule pas également entre les différentes parties prenantes. La compréhension des modèles du BIM dépend donc du rôle de ces dernières. Par exemple, dans l'étude de Forsythe, Sankaran et Biesenthal (2015), les promoteurs immobiliers interviewés utilisent le BIM de façon à encourager la création de partenariat dans un environnement ouvert. En contrepartie, certains consultants en gestion de projet exprimaient quelques préoccupations envers les modèles du BIM, car ceux-ci étaient difficilement interprétables, d'autant plus que les consultants n'avaient pas des ordinateurs suffisamment puissants pour traiter les fichiers du BIM (Forsythe, Sankaran et Biesenthal, 2015).

Étant donné cette difficulté d'utiliser les modèles du BIM, les compétences et les connaissances de certains acteurs sont potentiellement inadéquates pour s'engager dans un échange d'informations transparent (Forsythe, Sankaran et Biesenthal, 2015). Similairement aux études de Winch (2013) et de Flyvbjerg, Bruzelius, et Rothengatter (2003), Forsythe, Sankaran et Biesenthal (2015, p.84) argumentent que certaines organisations ont « réalisé que le BIM ne doit pas nécessairement être utilisé pour la collaboration, mais plutôt pour exploiter de manière opportune les déséquilibres de l'information » (traduction libre). Bref, les décisions basées sur les modèles du BIM risquent alors d'être opaques et cela accentue les risques, la complexité et l'incertitude décisionnelle.

En définitive, pour cette troisième et dernière partie de la littérature, nous avons présenté la prise de décision appuyée par l'IA, les mégadonnées et le BIM. Dans le cas de l'IA, la prise de décision est possible selon trois structures : une prise de décision autonome par l'IA, une prise de décision partagée entre l'humain et l'IA, ainsi que l'IA comme membre de l'équipe. Pour chacune de ces structures, la prise de décision est accélérée, mais une méconnaissance envers les systèmes d'IA ou des incongruités dans les algorithmes provoquent l'introduction de biais dans la prise de décision. Puis, en introduisant les cadres de Janssen, van der Voort et Wahyudi (2017) et de Wang et al (2016), nous avons démontré que la prise de décision appuyée par les mégadonnées est indissociable de la prise de décision collaborative. En effet, pour transformer les données massives

en informations utilisables, il faut, comme dans le cas du BIM, entreprendre un processus complexe et sophistiqué qui nécessite la collaboration de multiples parties prenantes et cette collaboration est seulement possible si toutes les parties prenantes ont la même compréhension des sources de données et de la façon dont elles interagissent. Ainsi, le jugement, la perception, la perspicacité et d'autres compétences humaines occupent encore une place incontestable dans les processus décisionnels.

Enfin, nous avons établi que le BIM peut améliorer la communication multidisciplinaire et donc faciliter la prise de décision collaborative. Toutefois, cette prise de décision collaborative peut être limitée par le fait que les parties prenantes risquent d'interpréter différemment les informations fournies par le BIM. De plus, l'utilisation du BIM requiert un alignement des compétences techniques au sein de l'équipe projet, mais l'étude de Forsythe, Sankaran et Biesenthal (2015) indique que les rôles et les relations entre les parties prenantes ne sont pas encore assez développés pour permettre un tel alignement. L'impact du BIM sur la prise de décision collaborative en gestion de projet est incertain et cet enjeu est approfondi au prochain chapitre.

### **CHAPITRE 3 - PROBLÉMATIQUE ET CADRE CONCEPTUEL**

Dans ce chapitre, nous délimitons notre problématique en fonction des assises théoriques précédemment abordées. Nous enchaînons avec la description du cadre conceptuel utilisé pour guider notre analyse de données. Nous présentons également les variables conceptuelles à l'étude.

### 3.1 Problématique

Tel que présenté dans la revue de littérature, la conception des projets de constructions est marquée par la complexité et l'incertitude, ainsi que par les risques émanant de la gestion des parties prenantes. À cet égard, Shi et al (2020), démontrent que la dimension sociale de la complexité décisionnelle est plus probante dans les phases initiales d'un projet. En effet, lors de la conception, les gestionnaires doivent souvent émettre des décisions de plan avec de l'information incomplète et l'analyse évolutive du contexte décisionnel hausse l'incertitude. Pour répondre à cette incertitude, les gestionnaires ont parfois recours à des heuristiques, ce qui peut introduire des biais, dont l'escalade de l'engagement. La recherche de Winch (2013) précise que la présence de variations excessives par rapport à la compréhension des informations peut nuire à la collaboration et mener à la confrontation des parties prenantes. De plus, tout comme dans les postulats des sciences sociales informatiques, la collaboration des parties prenantes influe considérablement sur l'atteinte des résultats d'un projet. De ce fait, la recherche d'Aaltonen et al (2015) illustre l'importance d'organiser un processus décisionnel qui facilite l'engagement des parties prenantes.

Puis, tel que mentionné plus haut, l'IA et le BIM peuvent traiter, stocker et présenter rapidement des mégadonnées, afin d'épauler la prise de décision. Le processus de transformation des mégadonnées en informations utilisables pour soutenir la prise de décision requiert l'engagement d'une multitude de parties prenantes ayant différentes expertises. À cet effet, les modèles de Janssen, van der Voort et Wahyudi (2017) et de Wang et al (2016) soulignent l'importance de la collaboration multidisciplinaire dans l'utilisation des mégadonnées. Cette collaboration est seulement possible si toutes les parties prenantes ont la même compréhension des sources de données et de la façon dont elles interagissent. La volonté de participer à cette collaboration dépend aussi de la perception qu'ont les parties prenantes envers ce type de donnée.

Théoriquement, l'utilisation du BIM dans un projet de construction concorde avec les modèles mentionnés plus haut en encourageant la communication et la coopération multidisciplinaire. Par contre, étant donné les changements engendrés dans les approches en gestion de projet par le BIM, certaines entreprises peinent à modifier leur mode de travail et culture organisationnelle. De plus, Forsythe, Sankaran et Biesenthal (2015) ont démontré que l'utilisation de BIM en Australie n'était pas encore assez mature pour réduire l'asymétrie de l'information et, tel que spécifié dans le

contexte et le cadre théorique, l'introduction d'outils informatiques exploitant les mégadonnées entraîne la modification de certains rôles, dont celui de l'architecte, de l'ingénieur, du constructeur, du contracteur et du gestionnaire de projet. Dans le cas de BIM, la modification des rôles et l'adaptation qui s'en suit se traduisent par un manque de connaissance envers la technologie (Forsythe, Sankaran et Biesenthal, 2015). Clairement, un tel enjeu renforce la dimension sociale de la complexité décisionnelle en gestion de projet présenté par Shi et al (2020), d'autant plus que le risque d'insatisfaction des parties prenantes serait accentué si celles-ci n'ont pas les qualifications nécessaires pour coopérer et collaborer dans le processus de transformation des mégadonnées en informations. Aussi, la possible asymétrie de l'information favoriserait la matérialisation d'aléas moraux et de biais décisionnels.

### 3.2 Cadre conceptuel

Dans cette problématique, plusieurs études et théories provenant de différents domaines académiques sont présentées. Notamment, les sciences de la décision et la gestion de projet se situent dans la grande famille des sciences sociales, alors que les mégadonnées proviennent des sciences informatiques. En combinant ces deux dernières sciences, l'on obtient la théorie des sciences sociales informatiques (traduction de *computational social sciences*) (Wang et al, 2016). Étant donné la variété des concepts sociaux et informatiques utilisée dans ce mémoire, les sciences sociales informatiques délimiteront notre problématique et serviront de cadre conceptuel.

Traditionnellement, les recherches sur les interactions humaines en sciences sociales reposaient sur des « données uniques et autorécoltées par les chercheurs, mais les nouvelles technologies offrent maintenant une représentation instantanée des interactions sur de longues périodes, fournissant ainsi des informations sur la structure et le contenu des relations entre les entités au sein de cette structure » (Lazer et al, 2009, p.722) (traduction libre). Déjà en 2009, on estimait que ces nouveaux types de données soulevaient des enjeux relatifs à la communication et à la performance dans les organisations (Lazer et al, 2009). Au cours de la dernière décennie, de nouvelles perspectives en sciences sociales ont alors suivi l'évolution des mégadonnées (Chang, Kauffman et Kwon, 2014).

Ces nouvelles perspectives proviennent d'entreprises qui ont dû adapter leur culture organisationnelle et modifier certains rôles afin de comprendre et d'entreprendre les activités

nécessitant l'utilisation de mégadonnées (Chang, Kauffman et Kwon, 2014). Par exemple, la combinaison des outils analytiques aux pratiques des sciences sociales permet aux gestionnaires de déceler une logique commune dans les mégadonnées, notamment grâce à la visualisation, et ainsi de supporter la prise de décision (Chang, Kauffman et Kwon, 2014). Or, pour atteindre une telle synergie entre les compétences informatiques et managériales, une collaboration entre les exécutifs, les employés et autres parties prenantes, ainsi qu'une coordination de leurs responsabilités sont préalablement nécessaires (Chang, Kauffman et Kwon, 2014). Corolairement à ces interactions pluridisciplinaires, les sciences sociales informatiques perçoivent les environnements décisionnels comme étant des processus dynamiques constitués d'un regroupement d'entités et de leurs interrelations (Chang, Kauffman et Kwon, 2014). Dû au contexte évolutif de ce processus, les acteurs doivent continuellement s'ajuster et cet ajustement requiert la coordination entre les différentes disciplines impliquées dans l'environnement décisionnel, ainsi que l'exploration des diverses perspectives offertes par ces disciplines (Chang, Kauffman et Kwon, 2014).

En lien avec cette description, Edelman, Wolff, Montagne et Bail (2020, p.62) définissent les sciences sociales informatiques comme étant « un champ d'étude qui fait progresser les théories du comportement humain en appliquant des techniques de calcul algorithmiques à de grands ensembles de données provenant des médias sociaux, de l'Internet ou d'autres archives numérisées [...] » (traduction libre). Présentement, certains spécialistes argumentent que les sciences sociales informatiques ont le potentiel d'engendrer un cycle d'apprentissage continu en considérant les phénomènes sociaux comme des données et en transformant celles-ci en information analysable, permettant alors de développer des systèmes intelligents pouvant adresser des enjeux sociétaux (Tao, Velasquez-Silva, Liu et Zhong, 2020). Par exemple, le *Latent Dirichlet Allocation* (LDA) est un outil d'analyse sophistiqué enraciné dans les sciences sociales informatiques qui « calcule les corrélations statistiques entre les mots d'un grand ensemble de documents pour identifier et quantifier les sujets sous-jacents (latents) présents dans des documents » (Debnath et al, 2020, p.6) (traduction libre). En utilisant cet outil, Yao et Wang (2020) ont réussi à identifier les villes américaines aux prises avec des limitations critiques en matière de planification urbaine et d'élaboration de politiques publiques. Cet exemple corrobore les propos de Zhang, Wang, Xia, Lin et Tong (2020) qui affirment que les sciences sociales informatiques sont une discipline

scientifique où des chercheurs mettent à profit de puissants instruments de calcul afin de réanalyser les sciences sociales traditionnelles, tel qu'illustré à la figure 6.

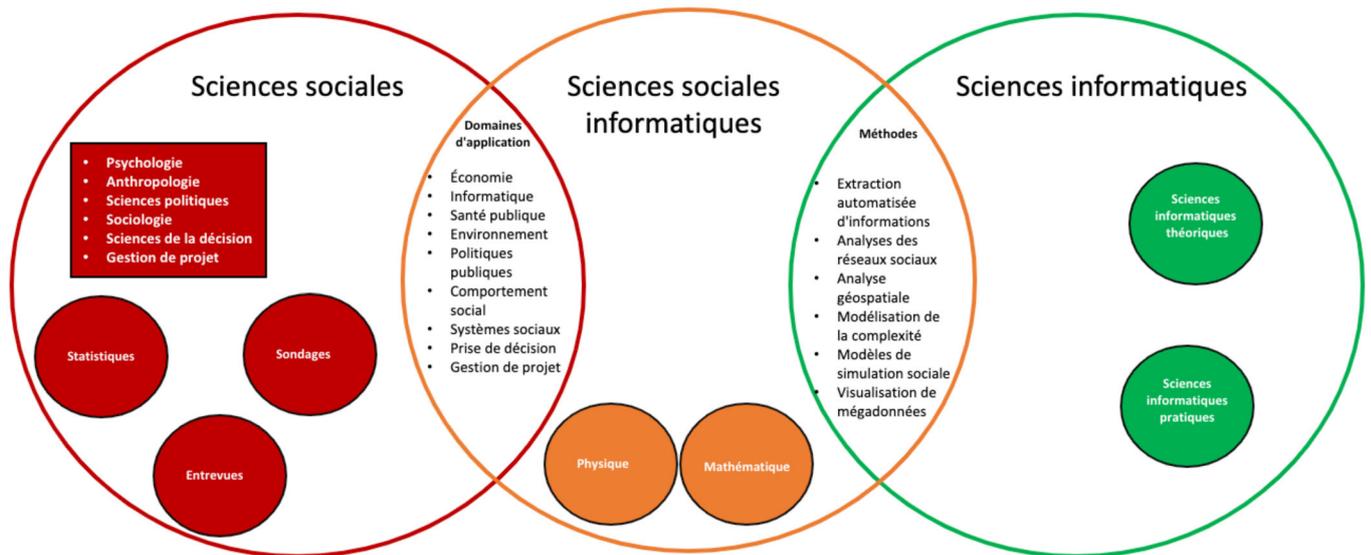


Figure 6. Nature interdisciplinaire des Sciences sociales informatiques (inspiré de Zhang et al., 2020)

Sommairement, la conjugaison multidisciplinaire présente dans les sciences sociales informatiques fournit une perspective théorique permettant de cadrer ce projet de recherche. Certes, nous n'utiliserons pas les méthodes analytiques complexes illustrées dans la figure 6, mais, afin de répondre à notre problématique, il est nécessaire de juxtaposer plusieurs disciplines et domaines de connaissances issues des sciences sociales et informatiques. D'ailleurs, « les grands ensembles de données qui décrivent le fonctionnement des systèmes sociaux complexes [...] ne peuvent être correctement compris selon un point de vue disciplinaire unique » (Chang, Kauffman et Kwon, 2014, p.71) (traduction libre). Autrement dit, pour bien répondre à notre question de recherche, il est essentiel de souligner et de distinguer les points de vue de chaque discipline. Ainsi, en adoptant l'approche de pollinisation croisée des disciplines, exemplifiée par les sciences sociales informatiques, les enjeux entourant la prise de décision collaborative appuyée par le BIM peuvent être analysés et présentés selon le contexte et l'environnement où les parties prenantes exercent leurs rôles. C'est donc sous la lunette des sciences sociales informatiques que sera élaborée la présente problématique (figure 7). Bref, afin que le BIM coïncide avec la coopération multidisciplinaire des sciences sociales informatiques, il importe de mieux comprendre :

## **Comment l'utilisation du BIM impacte la conception de projet de construction au travers de son influence sur les rôles et responsabilités des acteurs, sur la collaboration entre les parties prenantes et sur la prise de décision collaborative ?**

Afin de guider l'analyse de l'influence du BIM sur la prise de décision collaborative et les relations entre les parties prenantes lors de la conception des projets de construction, quelques variables conceptuelles seront utilisées et définies : (1) la prise de décision (2) les mégadonnées (3) le *Building Information Modeling* (4) les parties prenantes et (5) la conception des projets.

D'abord, l'analyse conjointe de la prise de décision en gestion de projet et des mégadonnées permettra de situer l'utilisation de BIM pour appuyer la prise de décision collaborative les projets de construction. Puis, une analyse plus en profondeur de l'application de BIM permettra de déterminer si cette technologie a des effets les relations entre les parties prenantes durant la conception des projets de construction.

Ces cinq variables conceptuelles se définissent ainsi :

1. La prise de décision : La prise de décision consiste à faire un choix parmi un ensemble d'alternatives (Al Nahyan, Sohal, Hawas et Fildes, 2018) et le but d'une prise de décision est de maximiser des effets désirés, tout en minimisant ceux jugés comme indésirables (Idler et Spang, 2019). En gestion de projet, le processus décisionnel implique à répondre à des questions concernant la définition, la planification, l'exécution et la clôture d'un projet (Shi, Hertogh, Bosch-Rekvelde, Zhu et Sheng, 2020). Selon une optique durable, la transparence, la responsabilité sociale, ainsi que l'inclusion des parties prenantes sont des facteurs essentiels à considérer lors de la prise de décision (Silvius, Kampinga, Paniagua et Mooi, 2017).
2. La conception des projets (Front-end) : Dans le modèle de Cha, Newman et Winch (2018), la conception d'un projet englobe les phases de conception, faisabilité et définition. La conception se termine lorsque l'exécution commence. Pendant la conception, les décideurs cherchent à consolider les intérêts des parties, à développer les concepts entourant le projet,

à établir les premières estimations de coûts et de bénéfices, ainsi qu'à situer le projet dans une stratégie organisationnelle plus large (William et Samset, 2010).

3. Les mégadonnées : « Des actifs informationnels caractérisés par un volume, une vitesse et une variété si élevés qu'ils nécessitent une technologie et des méthodes analytiques spécifiques pour leur transformation en valeur » (De Mauro, Greco et Grimaldi, 2015, p.103) (traduction libre)
4. Le *Building Information Modeling* : « Un ensemble d'outils, de processus et de technologies paramétriques utilisés pour la création et la maintenance d'une base de données collaborative intégrée d'informations multidimensionnelles concernant la conception, la construction et l'exploitation d'un bâtiment » (Fazli et al, 2014, p.1117) (traduction libre).
5. Les parties prenantes : « *Tout groupe ou individu qui est affecté ou peut affecter les réalisations des objectifs d'une organisation* » (Lobo et Farhan Abid, 2020, p.96) (Freeman, 1984) (traduction libre).

En analysant ces variables, nous serons plus à même de cerner les effets du BIM sur la prise de décision collaborative et les relations des parties prenantes lors de la conception des projets de construction.

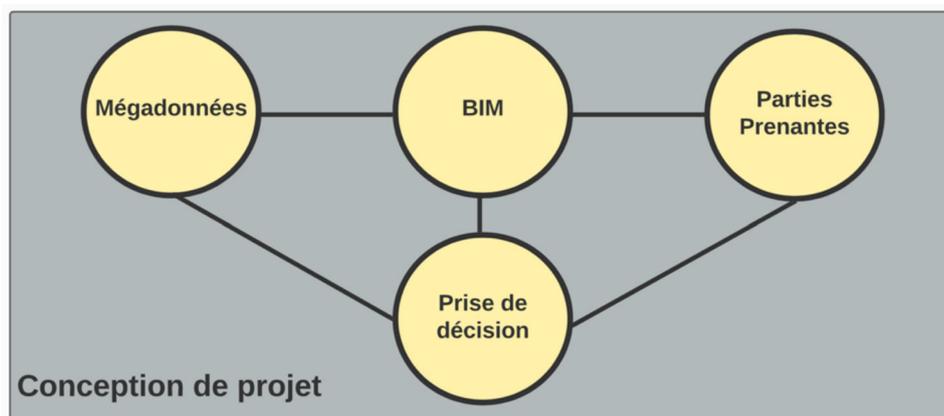


Figure 7. Schématisation du cadre conceptuel

Dans ce schéma, on observe que chacune de ces variables est en interrelation. D'abord, à gauche, les mégadonnées sont récoltées par le BIM. Celui-ci traite ces données et les transforme en représentation du bâtiment en 3D, soit des maquettes. Ces maquettes sont alors transmises aux parties prenantes qui les utiliseront pour faciliter leur prise de décision. Les décisions qui en découlent pourront alors servir de données de référence pour de futures décisions, illustrant ainsi la boucle de rétroaction décrite antérieurement. Le point central de ce schéma est le BIM, car c'est lui qui vient joindre toutes ces variables au sein de la conception de projet. Autrement dit, c'est grâce à leurs interactions avec le BIM que les parties prenantes peuvent interagir avec les mégadonnées et c'est grâce au BIM que les mégadonnées peuvent supporter la prise de décision. Ainsi, en juxtaposant les interrelations dans cette schématisation du cadre conceptuel à la figure 7 des sciences sociales informatiques, on perçoit que la relation entre le BIM et les mégadonnées se retrouvent dans le cercle des sciences informatiques, alors que la relation entre le BIM et les parties prenantes se retrouvent dans la jonction entre les sciences sociales informatiques et les sciences informatiques. La relation entre les parties prenantes et la prise de décision est dans le cercle des sciences sociales, alors que la relation entre la prise de décision et les mégadonnées est dans la jonction entre les sciences sociales et les sciences sociales informatiques. Cela démontre que la conception de projet dans un contexte d'utilisation du BIM est au cœur des sciences sociales informatiques.

## **CHAPITRE 4 - MÉTHODOLOGIE**

Dans ce chapitre, nous détaillons la méthodologie de recherche utilisée afin de répondre à notre problématique. L'objectif de ce chapitre est de fournir les informations nécessaires pour certifier la qualité et la rigueur de la démarche scientifique accomplie (De Ketele, 2010). Nous commençons par préciser le type de recherche et le positionnement épistémologique du chercheur face à celle-ci. Puis, nous articulons notre méthode de collecte et d'analyse de données, ainsi que l'échantillonnage. Nous terminons par adresser la validité de cette recherche et certaines considérations éthiques. Donc, ce chapitre circonscrit la démarche de terrain et n'aborde pas l'analyse des données recueillies au travers de cette méthodologie.

#### 4.1 Type de recherche

Pour cette recherche, l'approche qualitative est appropriée. En effet, nous souhaitons comprendre et analyser les expériences et les interprétations d'acteurs participant à un projet de construction où le BIM est utilisé. De fait, les démarches qualitatives « s'appuient sur des données linguistiques plutôt que numériques et emploient des formes d'analyse de données basées sur le sens plutôt que des statistiques » (Elliott et Timulak, 2005, p.147) (traduction libre). La recherche qualitative permet ainsi d'expliquer une problématique ou un phénomène social complexe, entre autres, grâce à des échanges interactifs entre le chercheur et les acteurs sollicités (Anadon et Savoie Zajc, 2009). Les cas et les échantillons d'une recherche qualitative seront généralement restreints, mais analysés et étudiés plus en profondeur (Deslauriers, 1991). Ce faisant, le chercheur est plus à même de saisir, d'interpréter et de conjuguer les perspectives des répondants (Pires, 1970).

Ensuite, l'objectif de ce mémoire est d'explorer l'impact du BIM sur la conception de projet de construction au travers de son influence sur les rôles et responsabilités des acteurs, sur la collaboration entre les parties prenantes et sur la prise de décision collaborative. Outre les différentes théories et recherches que nous présentons dans la revue de littérature, cette problématique précise est actuellement peu étudiée. Notre recherche est donc de type exploratoire. Effectivement, la recherche exploratoire est appropriée lorsqu'on souhaite approfondir un phénomène particulier peu documenté (Trudel, Simard et Vonarx, 2007). La recherche exploratoire vise donc « à clarifier un problème qui été plus ou moins défini » (Trudel, Simard et Vonarx, 2007, p.39). Autrement dit, ce type de recherche supporte l'identification et la mise en relation des variables présentes dans les expériences partagées par les acteurs (Trudel, Simard et Vonarx, 2007).

En somme, dans toutes les étapes d'un projet de recherche qualitative exploratoire, le chercheur est la pierre angulaire du processus d'analyse (Starks et Trinidad, 2007). Cela implique que le chercheur introduit certains aspects subjectifs qui lui sont propres (Tufford et Newman, 2010), de sorte que ses préconceptions influencent la collecte, la présentation et l'interprétation des données (Tufford et Newman, 2010). Pour pallier ces biais, le chercheur a suivi des méthodes de collecte, de présentation et d'interprétation déjà établies par des recherches scientifiques antérieures. En utilisant un protocole, certifié par les directeurs de ce mémoire et le comité d'éthique de

l'Université du Québec à Montréal, pour ces différentes étapes de la recherche, le chercheur a réduit considérablement l'influence de ses préconceptions sur les résultats du projet de recherche.

#### 4.2 Positionnement épistémologique

En référence au processus d'analyse précédemment décrit, le chercheur peut commettre « des erreurs de manière perceptive, inférentielle, expérimentale, théorique ou autre. L'épistémologie se présente alors comme l'étude des possibilités du savoir et de notre tendance à faire des erreurs » (Hendricks, 2006, p.1). Parallèlement à cette citation, Piaget (1967, p.6) définit l'épistémologie comme « [...] l'étude de la constitution des connaissances valables [...] ». Dans le cadre d'une recherche, l'épistémologie s'attarde, d'une part, aux aspects méthodologiques et, d'autre part, au savoir émergent de l'application de cette méthodologie (Avenier, 2011). Le positionnement épistémologique du chercheur va donc naître de la combinaison entre sa démarche méthodologique et la manière dont il analyse et présente les résultats (Mbengue et Vandangeon-Derumez, 1999). Lors d'une recherche qualitative, le chercheur oriente sa démarche vers la compréhension de la réalité des acteurs, de façon à ce que des connaissances puissent émaner de l'étude des perceptions, représentations, sentiments, expériences et actions de ces derniers; articulant du même coup son positionnement épistémologique (Anadon et Guillemette, 2007).

Pour ce mémoire, le chercheur arbore un positionnement épistémologique interprétativiste. Pascale (2011, p.23) soutient que, dans une recherche interprétativiste, « pour comprendre une situation, les chercheurs doivent comprendre la signification de la situation selon les participants, et pas seulement leurs comportements » (traduction libre). À cet égard, dans cette recherche, nous souhaitons capter les perspectives des acteurs lorsqu'ils participent à une prise de décision collaborative soutenue par le BIM au cours de la conception des projets de construction et l'influence de cet outil sur les relations entre les parties prenantes. Ainsi, pour bien comprendre cette problématique, nous devons saisir les significations individuelles des participants face à l'utilisation du BIM (Schwandt, 2003). De plus, les sciences sociales informatiques, qui servent de cadre conceptuel à cette recherche, visent à conjuguer différentes perspectives professionnelles afin de développer un savoir théorique et pratique suivant l'évolution de nouvelles technologies. D'ailleurs, l'interprétativisme sous-tend que le savoir est une co-création produite par les relations qu'entretiennent des acteurs ayant différentes perspectives (Hiller, 2016).

Perret et Séville (2003, p.40) ajoutent qu'en plus de vouloir « comprendre les significations que les gens attachent à la réalité sociale [...] », les interprétativistes cherchent aussi à comprendre « leurs motivations et intentions. » Tel que présenté antérieurement, ce sont, entre autres, les intentions et motivations des parties prenantes qui déterminent les relations qu'elles entretiennent lors de la conception d'un projet. De ce fait, notre questionnaire fut élaboré dans la lignée interprétativiste, puisque l'on cherchait à récolter les perceptions, les interprétations et les expériences des intervenants vis-à-vis les sujets abordés. Par ailleurs, tout comme la prise de décision collaborative impliquant divers acteurs, outils et sources d'informations, l'interprétativisme pose que les connaissances entourant une situation ne « s'acquièrent que par des constructions sociales telles que le langage, la conscience, des documents, des outils et d'autres artefacts [...] » (Klein et Myers, 1999, p.69) (traduction libre). Selon ces fondements, nous avons déterminé que l'influence du BIM sur la prise de décision collaborative et les relations entre les parties prenantes est un phénomène complexe qui doit être compris par l'analyse des significations qui lui ont été attribuées par les acteurs concernés (Klein et Myers, 1999). Donc, avec ce positionnement interprétativiste, nous cherchons à comprendre les perceptions des acteurs envers la problématique et pour y arriver nous tenons compte de leurs expériences subjectives (Deslile, 2019).

Notre problématique à l'étude est aussi délimitée dans un contexte précis et l'interprétativisme s'intéresse à la singularité des situations de manière à comprendre leur profondeur contextuelle (Myers, 1997). Bref, Greene (2010, p.68) précise que la démarche interprétativiste « comprend la reconstruction des significations intersubjectives, la compréhension interprétative des significations que les individus construisent dans un contexte donné et de la manière dont ces significations interagissent pour former un tout » (traduction libre). Rappelons que les mégadonnées ne dégagent aucune information ou signification avant qu'elles soient mises en relation dans un contexte donné et que les compréhensions interprétatives et subjectives de celles-ci par les parties prenantes influencent le processus de prise de décision collaborative où tous ces aspects interagissent.

#### 4.3 Stratégie de recherche

En fonction de l'objectif précédemment décrit, le raisonnement inductif est approprié pour ce projet de recherche. En effet, Thomas (2006, p.238) définit la démarche inductive comme « une procédure systématique d'analyse des données qualitatives dans lesquelles l'analyse est guidée par des objectifs spécifiques » (traduction libre). À cet effet, Anadon et Guillemette (2007) soutiennent que les recherches qualitatives sont généralement de nature inductive. En suivant ce raisonnement, le chercheur « commence par un domaine d'étude et permet à la théorie d'émerger des données » (Strauss et Corbin, 1998, p.12). Pour ce mémoire, nous nous référons à des assises scientifiques, soit le cadre conceptuel et la revue de littérature, afin d'orienter nos observations et analyses, mais, sur le terrain, nous avons laissé le savoir découler des thèmes récurrents, déterminants ou révélateurs qui proviennent des données brutes (Thomas, 2006). D'ailleurs, les expériences et les perspectives des acteurs sont les points focaux de notre cheminement vers le développement du savoir, ce qui concorde avec les fondements du raisonnement inductif (Anadon et Guillemette, 2007).

En recherches qualitatives, plusieurs approches sont utilisées, dont : la recherche phénoménologique, la recherche ethnographique, la recherche par théorisation ancrée et l'étude de cas (Fortin, 2010). Pour cette recherche, nous optons pour l'étude de cas, car celle-ci permet d'analyser un phénomène dans son contexte afin d'en faire ressortir les concepts significatifs et influents (Yin, 1994). Tel que mentionné précédemment, l'analyse du contexte de notre problématique de recherche est très importante pour recueillir les expériences des acteurs. De plus, cette approche est appropriée lorsque peu d'informations entourent le phénomène à l'étude, rejoignant ainsi l'aspect exploratoire de ce mémoire (Yin, 1994).

Plus particulièrement, Yin (1994, p.9) précise que l'étude de cas est pertinente dans une recherche comme la nôtre où une « question comment ou pourquoi est posée à propos d'un ensemble d'événements contemporains sur lesquels le chercheur a peu ou pas de contrôle » (traduction libre). Toujours selon le même auteur, l'éclaircissement d'une décision ou d'un ensemble de décision constitue l'essence de l'étude de cas (Yin, 1994). Au travers de l'étude de cas, le chercheur vise à comprendre qui a pris la décision, pourquoi la décision a été prise et comment elle a été implémentée (Yin, 1994), ce qui cadre avec notre question de recherche. En ayant recours à l'étude de cas, nous pourrions alors décrire, expliquer et émettre des prédictions par rapport à notre problématique (Woodside et Wilson, 2003).

Benbasat, Goldstein et Mead (1987, p.372) proposent de répondre à quatre questions afin de déterminer la pertinence de l'utilisation de l'étude de cas dans une recherche : « (1) Le phénomène d'intérêt peut-il être étudié en dehors de son milieu naturel ? (2) L'étude doit elle se concentrer sur des événements contemporains ? (3) Le contrôle ou la manipulation des sujets ou événements est-il nécessaire ? (4) Le phénomène d'intérêt bénéficie-t-il d'une base théorique établie ? » (traduction libre).

Premièrement, nous estimons que notre recherche doit inmanquablement considérer le milieu naturel, soit le contexte de la conception des projets de construction. En effet, comme présenté dans notre cadre théorique, c'est lors de cette phase que l'activité de la gestion des parties prenantes est la plus critique, d'autant plus que la conception d'un projet repose sur plusieurs décisions collaboratives où différents acteurs doivent être impliqués, ou à tout le moins informés. Par conséquent, il est impossible de cerner l'influence du BIM sur la prise de décision collaborative et les relations des parties prenantes si l'on ne considère pas le contexte de la conception. Deuxièmement, l'avènement des mégadonnées est un phénomène contemporain et notre étude doit, entre autres, focaliser sur cet aspect. Troisièmement, le contrôle des sujets ou événements nous empêcherait de récolter les expériences et les perspectives réelles des participants à notre étude. Nous ne pourrions donc pas répondre à notre question de recherche. Finalement, nous avons démontré que plusieurs études portent sur la prise de décision, la gestion des parties prenantes, la conception des projets, les mégadonnées et l'utilisation du BIM, mais ces cinq aspects n'ont jamais été conjugués dans une même recherche.

Yin (1994) suggère quatre structures d'étude de cas (figure 8) et le choix de celle-ci détermine la méthode de collecte et d'analyse des données (Hlady Rispal, 2002).

	Structures à cas unique	Structures à cas multiple
Holistique (unité d'analyse unique)	<b>1</b>	<b>3</b>
Intégré (plusieurs unités d'analyse)	<b>2</b>	<b>4</b>

Figure 8. Structures d'étude de cas (Yin, 1994)

Benbasat, Goldsein et Mead (1987) affirment qu'il est judicieux d'avoir recours à l'étude de cas multiple pour réaliser une recherche portant sur une problématique peu explorée. Lorsqu'une recherche est exploratoire comme la nôtre, la structure à cas unique permet au chercheur de se familiariser au contexte dans lequel le phénomène se produit, mais l'étude de cas multiple permet, en plus de cela, de générer davantage de résultats de recherche, ainsi que de comparer et lier les données obtenues. (Benbasat, Goldstein et Mead, 1987). Par conséquent, en étant fondée sur une plus grande variété de données, l'étude de cas multiple assure une exploration plus large de la question de recherche (Eisenhard et Graebner, 2007).

L'analyse de cas multiple amène le chercheur à trouver les ressemblances et les différences entre les concepts et les aspects résultant de chacun des cas et il peut alors contribuer à l'avancement des connaissances entourant le phénomène préalablement inexploré en fournissant des informations concernant ces différences et ces ressemblances (Vannoni, 2014). Ce faisant, les résultats théoriques provenant d'une étude de cas multiples seront plus précis et pertinents, car le chercheur doit préliminairement considérer les singularités d'un contexte spécifique, pour ensuite les juxtaposer, les comparer et les lier afin de répondre à la question de recherche (Baxter et Jack, 2008). Pour cette recherche, les cas sont deux projets de constructions étant gérés par un organisme public, tel que présenté dans le tableau 3. Les projets étudiés sont présentement en phase de réalisation, mais nous portons une plus grande attention à la conception. Ceux-ci sont décrits plus en détail dans la section résultats.

Yin (1994) avance qu'un chercheur réalisant une étude de cas doit aussi sélectionner son ou ses unités d'analyse. De manière générale, «la définition de l'unité de l'analyse est liée à la manière dont les questions de recherche initiales ont été définies » (Yin, 1994, p.22) (traduction libre). En ce sens, en fonction de notre question de recherche, les unités d'analyse sont deux projets où des parties prenantes interagissant dans les projets sélectionnés afin de prendre collectivement des décisions appuyées par le BIM. Notre recherche comporte donc plusieurs unités d'analyse, de sorte que les données peuvent être comparées. L'objectif de recourir à deux unités d'analyse est de comprendre si les différences ou les ressemblances sont liées aux caractéristiques des projets ou aux caractéristiques des intervenants. Une telle exploration permet de mieux présenter comment le BIM et la prise de décision collaborative sont perçus par les parties prenantes (Forsythe, Sankaran et Biesenthal, 2015). Selon la Figure 8, notre étude se trouve dans le cadran 4.

En résumé, nous réalisons une recherche qualitative exploratoire, selon une posture épistémologique interprétativiste, où le raisonnement inductif et l'étude de cas multiple avec unité d'analyse intégrée caractérisent notre stratégie de recherche. Dans les sections qui suivent, nous expliquons les méthodes de collecte et d'analyse de données qui coïncident avec ces aspects décrits plus haut.

Tableau 3. Présentation des cas à l'étude

Description	Projet A	Projet B
Type de bâtiment	Hôpital	Hôpital
Budget	225 000 000 CAD \$	264 900 000 CAD \$
Durée de la conception	Février 2016 à Juin 2018	Printemps 2019 à Mars 2021
Nombres de parties prenantes	Quelques centaines	Quelques centaines
Échéancier des travaux	Juin 2018 à Juin 2022	Mars 2021 à Janvier 2025
Type de projet	Modernisation et agrandissement du bâtiment	Modernisation et agrandissement du bâtiment

#### 4.4 Collecte et analyse de données

Pour recueillir nos données et répondre à notre question de recherche, nous avons édifié un questionnaire de recherche en lien avec notre positionnement épistémologique interprétativiste. Dans celui-ci, on vise à récolter et à analyser les perceptions et les expériences subjectives des répondants afin de les lier dans un contexte précis, de sorte à établir *une* compréhension interprétative des liaisons qu'elles entretiennent (Greene, 2010). De fait, avec notre questionnaire,

nous cherchions à capter et identifier les significations individuelles et subjectives des participants face à l'utilisation du BIM. En laissant les répondants déterminer quels sont les facteurs et aspects les plus importants en lien avec notre problématique, nous nous sommes assuré de la pertinence des données amassées (Gremler, 2004). Le contexte de l'étude est alors circonscrit autour des perspectives des répondants (Chell, 1998).

Ayant déjà défini notre objet d'étude, nous pouvons aborder la planification de la collecte de données. En fonction de notre objectif de recherche, quatre outils étaient à notre disposition pour collecter les données : l'entrevue individuelle, l'entrevue de groupe, le questionnaire et l'enregistrement d'entrevue analysé par des experts. (Butterfield, Borgen, Amundson et Maglio, 2005). Nous avons choisi l'entrevue individuelle et plus spécifiquement l'entrevue semi-dirigée, car cet outil « sert à recueillir des données auprès des participants quant à leurs sentiments, leurs pensées et les expériences sur des thèmes préalablement déterminés » (Fortin et Gagnon, 2016, p.367); cela rejoint d'ailleurs notre positionnement épistémologique interprétativiste. De plus, ce type d'entrevue permet la comparabilité des résultats entre les entrevues (Gagnon 2012). Les questions sont donc ouvertes, mais elles sont structurées par les thèmes présents dans le protocole de recherche (Gagnon, 2012).

Dans le cadre de notre recherche, nous souhaitons obtenir la compréhension subjective et individuelle des intervenants face à l'influence de l'utilisation de BIM sur la prise de décision et les relations entre les parties prenantes lors de la conception de projet. Cela fait référence aux sections B, C et D de notre questionnaire, soit respectivement *interactions entre les parties prenantes lors de la conception, prise de décision lors de la conception et utilisation du BIM*. La section A portait sur les rôles et responsabilités du participant, ainsi que son niveau d'expérience avec le BIM.

Puis, l'analyse de ces compréhensions nous permet d'explorer notre problématique selon les points de vue des acteurs du milieu et ainsi de mieux saisir comment ceux-ci interagissent avec le BIM et dans quelles mesures cette technologie influence leurs fonctions, décisions et interrelations. D'ailleurs, nous considérons que ces compréhensions sont les points centraux de notre recherche, puisqu'en captant et en analysant les perspectives et expériences des acteurs par rapport à l'utilisation du BIM nous répondons à notre problématique de recherche. Autrement dit, ces

compréhensions ont un effet considérable pour l'atteinte de notre objectif. Finalement, c'est le chercheur écrivant ce mémoire qui a effectué les entrevues.

En ce qui concerne les étapes de la collecte et de l'analyse des données, le chercheur doit préalablement sélectionner un cadre de référence, former des catégories et établir le niveau de généralité ou de spécificité à utiliser pour présenter les résultats (Woosley, 1986). Dans notre cas, le cadre de référence pour la catégorisation des données est de nature technique, car nous voulons comprendre les effets d'une technologie sur les pratiques en gestion de projet. Avant de commencer la catégorisation, le chercheur a réécouté les enregistrements pour se familiariser avec les données récoltées. Les entrevues furent retranscrites à l'externe par des professionnels du milieu. Par la suite, en utilisant le logiciel *Nvivo*, le chercheur a codifié les verbatims afin d'en faire ressortir certains mots clés. Selon Paillé (1994, p.154), la codification consiste à « dégager, relever, nommer résumer, thématiser, presque ligne par ligne, le propos développé à l'intérieur du corpus sur lequel porte l'analyse. » Pour des fins de précisions et concisions, la codification des verbatims fut réalisée à deux reprises. Dans cette recherche, le chercheur a qualifié par des codes le propos d'ensemble tenu par chacune des entrevues (Paillé, 1994). L'objectif est d'illustrer de manière concise les informations et perceptions livrées lors des entrevues (Paillé, 1994). Suite à cela, les codes sont comparés et les codes correspondants sont combinés dans un code plus général, autrement dit par catégorie (Paillé, 1994).

Une fois que les premières catégories furent établies, le chercheur les a définies et y a ajouté des segments de verbatim au fur et à mesure que la catégorisation progressa. Durant cette démarche inductive, le chercheur a redéfini et développé de nouvelles catégories, de façon à ce que tous les résultats pertinents fussent catégorisés. Après coup, les catégories principales furent subdivisées en ensembles réduits et les données dépeignant des résultats similaires ont été regroupées. Tous les catégories et sous-groupes furent ensuite réexaminés selon les résultats classés dans chacun d'eux.

Suite à la catégorisation, le chercheur a décidé du niveau de généralité ou de spécificité approprié pour présenter les résultats. À cet effet, nous présentons les résultats selon les réponses des différents corps de métier impliqués et selon les thématiques émergent de ceux-ci. De manière générale, nous analysons les catégories de façon à expliquer notre problématique selon les perspectives des acteurs et à souligner certains enjeux et concepts en fonction des sujets qui se

manifestent. Similairement, Creswell (2013, p.108) propose que l'analyse de données dans une recherche qualitative « consiste à préparer et organiser les données pour l'analyse et ensuite restreindre les données dans des thèmes à travers un processus de codage et condenser les codes pour finalement représenter les données dans des figures, des tableaux ou une discussion » (traduction libre).

Finalement, la démarche narrative fut utilisée pour guider notre analyse, car celle-ci permet de développer une liaison entre les différentes catégories afin d'en arriver à une conclusion répondant à la question de recherche (Dumez et Jeunemaître, 2005). Plus précisément, les relations entre les différentes perspectives et expériences des participants sont mises en évidence. Avec l'utilisation de cette démarche, un fil conducteur entre les entrevues est construit, de sorte qu'il est plus évident de comprendre les nuances apportées par chaque acteur et de souligner le cheminement menant à la description et à l'explication du phénomène (Dumez et Jeunemaître, 2005).

#### 4.5 Population et échantillonnage

Cette recherche s'inscrit comme une exigence à la Maîtrise en gestion de projet de l'ESG UQAM. Les acteurs sollicités pour participer aux entrevues proviennent du réseau de contacts de la Chaire en gestion de projet. Dû au contexte actuel, les entrevues furent réalisées à distance par le biais de *Microsoft Teams*.

La population à l'étude est les parties prenantes œuvrant dans un projet de construction où le BIM est utilisé. Étant donné que nous savions quels acteurs interviewer, leur sélection fut réalisée de manière non probabiliste et dirigée. En nous référant à certains critères, nous avons sélectionné les participants aux entrevues semi-digérées, car ceux-ci « peuvent délibérément informer sur le problème de recherche ou le phénomène central de l'étude » (Creswell, 2013, p.156) (traduction libre). Les projets et les acteurs furent choisis de façon à garantir que « les données collectées représentent des opinions larges, expérimentées et influentes au sein de l'industrie » (Forsythe, Sankaran et Biesenthal, 2015, p. 80) (traduction libre).

Nous avons donc choisi la méthode de l'échantillon intentionnel. Les personnes sélectionnées répondent à certains critères propres à la population étudiée (Fortin, 2010), soit :

1. L'individu doit participer à la réalisation du projet de construction où le BIM est utilisé.
2. L'individu doit participer à un processus de prise de décision collaborative où les informations fournies par le BIM servent comme intrant décisionnel.
3. L'individu doit comprendre le fonctionnement et l'utilité du BIM.
4. L'individu doit travailler avec d'autres parties prenantes utilisant le BIM.

Au total, douze entrevues furent accomplies; six entrevues pour deux projets différents. Nous avons un échantillon ciblé, car les données entre les différents projets sont volontairement comparées. Également, en utilisant une tranche verticale des entreprises pour les entrevues, il est plus évident de récolter les différentes perspectives des parties prenantes afin de répondre à la problématique posée (Forsythe, Sankaran et Biesenthal, 2015). De plus, en sélectionnant six parties prenantes pour le même projet, nous sommes plus à même de comprendre les relations qu'entretiennent ces acteurs et comment BIM vient influencer la prise de décision collaborative et ces relations. Les répondants sont un représentant du client (4B), un gestionnaire de projet (5A), un ingénieur patron (6A), deux architectes (3A – 4A), deux chefs de projet (1A – 5B), deux ingénieurs (1B – 3B) et trois spécialistes BIM (2A – 2B – 6B), répartis sur deux projets différents. Les caractéristiques pertinentes de ceux-ci sont présentées dans les tableaux 4 et 5. Leurs responsabilités seront détaillées dans la section résultats. Le masculin est utilisé pour alléger le texte. Le sexe et l'âge des répondants ne sont pas pertinents pour l'analyse des résultats.

Tableau 4. Les participants à la recherche du projet A

Participant	1A	2A	3A	4A	5A	6A
Rôle	Chef de projet	Coordonnateur BIM	Architecte	Architecte	Gestionnaire de projet	Ingénieur patron
<b>Responsabilités</b>	Responsable de la supervision des professionnels et de la coordination des équipes externes et internes.	Assurer une implémentation conforme des plateformes collaboratives du BIM, former les utilisateurs de ces plateformes, transmettre l'information correctement et s'assurer que le processus BIM est bien établi	Faire le lien au niveau architecture entre les modélisateurs BIM et les sous-traitants responsables de la conception architecturale.	Assurer le suivi au niveau de la conception du projet. Il assistait donc aux rencontres statutaires d'avancement et aux rencontres de détection d'interférences sur les maquettes du BIM.	Représentant de l'organisme public client sur le chantier et s'occupait du suivi et du contrôle de l'avancement du projet au niveau de l'ingénierie mécanique et électrique	S'assure que chacune des disciplines d'ingénierie, de mécanique et d'électrique sont convenablement arrimées et coordonnées avec les disciplines d'architecture, de structure et d'ingénierie civile.
<b>Années d'expérience dans leur rôle</b>	20	7	40	7	3	20
<b>Années d'expérience avec le BIM</b>	7	7	5	7	3	10
<b>Niveau de maturité avec le BIM</b>	Moyen	Élevé	Faible	Moyen	Faible	Élevé
<b>Date et durée de l'entrevue</b>	2021-04-16 : 37 minutes	2021-04-19 : 41 minutes	2021-04-14 : 23 minutes	2021-04-12 : 36 minutes	2021-04-09 : 59 minutes	2021-04-23 : 36 minutes

Tableau 5. Les participants à la recherche du projet B

Participant	1B	2B	3B	4B	5B	6B
<b>Rôle</b>	Ingénieur	Coordonnateur BIM	Ingénieur	Représentant du client	Chef de projet	Coordonnateur BIM Principal
<b>Responsabilités</b>	Responsable de la production des plans d'ingénierie électrique, de l'intégration des besoins des clients en matière d'ingénierie électrique et de l'assurance qualité	S'occupe du support aux usagers en ce qui concerne l'utilisation des maquettes BIM, ainsi que du bon fonctionnement de ces maquettes.	Mise en plans, la transmission au dessin et la coordination avec les autres professionnels.	Point de contact au sein de l'hôpital pour le client et les professionnels travaillant sur le projet. Il collecte les besoins des cliniciens et fait le lien entre les différents professionnels afin de répondre à leurs questions.	Responsable du succès du projet au niveau de la qualité, du suivi des échéanciers et des budgets. Il s'assure aussi de l'octroi des contrats, mandats, ainsi que de la coordination et la facilitation avec les parties prenantes.	Ayant les mêmes responsabilités que le coordonnateur BIM précédent, il devait aussi assumer un rôle de formateur sur différentes fonctions BIM et accompagner différents intervenants dans l'utilisation du BIM.
<b>Années d'expérience dans leur rôle</b>	13	5	5	6	3	12
<b>Années d'expérience avec le BIM</b>	1	5	3	3	3	12
<b>Niveau de maturité avec le BIM</b>	Faible	Élevé	Moyen	Faible	Faible	Élevé
<b>Date et durée de l'entrevue</b>	2021-04-14 : 37 minutes	2021-04-13 : 24 minutes	2021-04-14 : 29 minutes	2021-04-12 : 31 minutes	2021-04-09 : 30 minutes	2021-04-20 : 38 minutes

#### 4.6 Validité de la recherche

La validité d'une recherche qualitative réfère au fait que les résultats de celle-ci représentent adéquatement le phénomène étudié (Guion, Diehl, et McDonald, 2011). La validité ne renvoie donc pas uniquement aux données, mais aussi aux conclusions de la recherche (Hammersley et Atkinson, 1983). De ce fait, en choisissant plusieurs participants qui répondent à nos critères de sélections, nous renforçons la validité des données qui furent récoltées par les entrevues. Effectivement, cela permet de recueillir différentes perspectives et expériences, pour ainsi obtenir une compréhension plus globale de l'unité d'analyse et du cas. Aussi, en réalisant douze entrevues pour sept rôles différents, soit douze sources d'informations, plusieurs paliers décisionnels sont représentés et la diversité des acteurs permet de mieux caractériser le cas étudié (Guion, Diehl, et McDonald, 2011). De même, en variant les expériences sur le terrain, le chercheur a reconstruit de façon plus exhaustive la réalité du cas et de l'unité d'analyse (Anney, 2014).

Avant de débiter la recherche sur le terrain, nous nous sommes assurés que le protocole d'entrevue était approprié. À cette fin, il fut approuvé par les directeurs de ce mémoire et le comité d'éthique de l'Université. Aussi, la proposition de ce mémoire fut approuvée par le comité d'évaluation de la Maîtrise en Gestion de Projet de l'Université du Québec à Montréal. En ayant recours à cette vérification, nous garantissons que notre outil de collecte fut adéquat pour le type de donnée que nous avons recueilli. En ayant suivi ces démarches, nous croyons que les données utilisées dans notre recherche sont valides.

Pour renforcer la validité de nos résultats, nous avons effectué une double codification. Une fois que le premier codage fut terminé, nous avons refait cette étape quelque temps plus tard. Cela permet de renforcer la fiabilité des résultats obtenus (Huberman et Miles, 1991). Pour conclure, nous considérons qu'en ayant décrit et suivi méticuleusement toutes les étapes méthodologiques de notre recherche nous avons obtenu des résultats fiables (Drucker-Godard, Ehlinger et Grenier, 2003).

#### 4.7 Aspects éthiques

Afin de pouvoir solliciter les participants aux entrevues, l'étudiant a obtenu un certificat d'éthique de l'Université du Québec à Montréal, attestant ainsi la conformité de la méthodologie de recherche envers les normes éthiques de l'institution. Avant chaque entrevue, nous avons demandé aux participants s'il était possible d'enregistrer l'audio de leurs réponses. Nous avons précisé que ces données étaient strictement confidentielles. Nous leur avons fait signer un formulaire de consentement. Aucun répondant n'est personnellement identifié, des codes alphanumériques sont utilisés pour les départager. Les descriptions des participants sont conservées dans un dossier à part et protégées par un mot de passe. Après chaque entrevue, le chercheur a importé les fichiers audios sur son ordinateur personnel. Ceux-ci furent également identifiés par des codes alphanumériques et l'accès y était restreint par un mot de passe. Après la retranscription en verbatim, l'enregistrement des entrevues fut supprimé. Chaque fichier de transcription est aussi verrouillé et confidentiel.

## CHAPITRE 5 - RÉSULTATS

Dans ce chapitre, nous commençons par décrire l'utilisation et les différentes fonctions du BIM dans les projets à l'étude. Nous enchaînons avec la description de l'organisme public gérant les projets, puis nous détaillons le cas A et le cas B, ainsi que les responsabilités des acteurs interviewés pour chacun de ces projets. Nous continuons alors avec la présentation des résultats. Ceux-ci sont organisés en fonction des différentes composantes de notre question de recherche, soit comment l'utilisation du BIM impacte la conception de projet de construction au travers de son influence sur les rôles et responsabilités des acteurs, sur la collaboration entre les parties prenantes et sur la prise de décision collaborative ?

Donc, nous entamons avec l'utilisation du BIM lors de la conception de projet, avec une attention particulière sur la multidisciplinarité du BIM, l'ajout de responsabilité engendré par le BIM et les considérations temporelles de l'utilisation du BIM. Ensuite, nous poursuivons avec les effets du BIM sur les relations entre les parties prenantes et plus spécifiquement la résolution des interférences sur les maquettes du BIM, ainsi que les disparités dans la compréhension des objectifs et attentes entre les professionnels. Nous concluons la section résultats avec l'influence du BIM sur la prise de décision collaborative, notamment en ce qui concerne la disponibilité et la visualisation de l'information, les décisions préventives et la vérification de l'impact des décisions, ainsi que les nouveaux types de décisions amenés par l'utilisation du BIM.

## 5.1 Présentation du BIM et des projets à l'étude

### 5.1.1 Présentation des principales fonctions du BIM dans les projets étudiés

Dans les deux cas étudiés, le BIM sert de représentation numérique des caractéristiques physiques et fonctionnelles d'un bâtiment. Cette représentation numérique est communément appelée maquette BIM. Dans ces maquettes, les modélisateurs illustrent graphiquement les données relatives à différentes parties et fonctionnalités du bâtiment, dont les types de matériaux, les besoins en électricité, en mécanique et en ventilation, la tuyauterie, les niveaux d'élévation, les dimensions de toutes les pièces, le contenu des entre plafonds et toutes autres données pertinentes. Ce faisant, en combinant les données d'une panoplie de disciplines, le BIM optimise les relations géospatiales entre les professionnels, ainsi que la gestion des matériaux et des composantes du bâtiment. Le résultat final est une modélisation dynamique 3D illustrant l'infrastructure et le contenu du bâtiment. Les exécutants des travaux en chantier se fient alors à cette modélisation, ce qui réduit considérablement le temps de construction et les problèmes à solutionner pendant la réalisation.

Le caractère dynamique des maquettes provient de la possibilité d'importer des données en temps réel et d'ajuster ou de corriger les maquettes en fonction des nouvelles données. Les maquettes sont partagées aux parties prenantes, sous l'objectif de faciliter la coordination et la communication entre celles-ci. Donc, avant d'entamer la construction, les professionnels travaillent itérativement sur les maquettes afin de détecter les interférences entre les disciplines. Les interférences représentent des situations où les réalisations de certaines disciplines empiètent l'une sur l'autre, empêchant la progression des travaux. Par exemple, l'ajout de fils électriques dans un mur qui contraint la mise en place des conduits d'aération. Conséquemment, en incorporant des données multidisciplinaires pour une représentation numérique dans une plateforme évolutive et collaborative, les parties prenantes ciblent et résolvent ces interférences en amont. Bref, selon l'envergure de ces projets, les maquettes, qui nous furent présentées par l'un des intervenants, pourraient comprendre des centaines de milliers de données hétérogènes étant intégrées en temps réel.

### 5.1.2 Présentation de la société d'État gérant les deux projets

L'organisation gérant les projets à l'étude est une société d'État appuyant des organismes publics dans la gestion de leurs projets d'infrastructures. Pour se faire, les employés de celle-ci soutiennent ces organismes dans la conception, la planification, la réalisation, le suivi et l'exploitation des projets. La société d'État est également mandatée par son gouvernement de maintenir et d'administrer un parc immobilier suivant les besoins des différents ministères. Ainsi, en représentant le gouvernement, qui choisit les projets publics à réaliser, cette organisation représente le client ayant commissionné la construction des deux hôpitaux aux fournisseurs de services de construction. Autrement dit, c'est le donneur d'ouvrages.

### 5.1.3 Présentation du cas A

Le projet A est un projet de construction, de réaménagement, d'agrandissement et de regroupement de divers secteurs d'une institution hospitalière dans la province. Nous avons récolté les données pendant la mise en chantier, soit pendant l'étape de la construction. Il s'agit donc d'une modernisation et d'une mise à niveau d'un bâtiment construit dans les années 1950. Ce sont cinq départements de l'hôpital qui seront regroupés à l'infrastructure existante. Le budget total alloué à ce projet est de 225 000 000 CAD. Le temps attribué à la conception était d'un peu plus de deux ans, soit de février 2016 à juin 2018. Les travaux en chantier ont débuté en juin 2018 et se termineront au cours de l'année 2021. Selon les participants interviewés, le nombre de parties prenantes impliquées dans la réalisation du projet est de quelques centaines, mais, selon une vision plus large, les parties prenantes touchées par la modernisation de cet hôpital s'élèvent à plusieurs milliers. Le niveau de maturité vis-à-vis l'utilisation du BIM est assez élevé pour ce projet. En effet, la principale fonctionnalité est la modélisation 3D, soit les maquettes du BIM, mais le BIM fut aussi combiné à des lunettes de réalité virtuelle afin de visualiser le futur bâtiment. Le client de ce projet est un organisme public gérant des projets de constructions d'infrastructures publiques de grande envergure.

Lors des entrevues, nous avons collecté différents éléments portant sur la prise de décision appuyée par le BIM, dont le rôle que jouait le BIM sur les enjeux décisionnels et les effets du BIM sur la prise de décision qui étaient perçus par les acteurs interviewés. En utilisant cette même structure,

nous avons aussi recueilli de l'information concernant les effets du BIM sur les relations entre les parties prenantes internes au projet.

Pour ce projet, nous avons interviewé six acteurs. Le premier est un chef de projet (1A), qui est ingénieur de formation. Lors de la conception, celui-ci était responsable de la supervision des professionnels et de la coordination des équipes externes et internes. Il agit au nom du client afin de représenter les besoins de ce dernier et est imputable face à l'avancement des travaux au niveau de la qualité, du budget et des échéanciers. Donc, il accompagne l'organisme public client dans le rôle de donneur d'ouvrages. Le deuxième est un coordonnateur BIM (2A). Il intervient en début de projet pour assurer une implémentation conforme des plateformes collaboratives du BIM, former les utilisateurs de ces plateformes, transmettre l'information correctement et s'assurer que le processus BIM est bien établi. Il est donc responsable que les professionnels internes au projet profitent au maximum du BIM. Le troisième est un architecte (3A) ayant comme mandat de faire le lien au niveau architecture entre les modélisateurs BIM et les sous-traitants responsables de la conception architecturale.

Le quatrième est un architecte (4A) mandaté par le donneur d'ouvrages d'assurer le suivi au niveau de la conception du projet. Il assistait donc aux rencontres statutaires d'avancement et aux rencontres de détection d'interférences sur les maquettes du BIM. Le cinquième est un gestionnaire de projet (5A) arrivé lors de l'étape de construction. Il était le représentant de l'organisme public client sur le chantier et s'occupait du suivi et du contrôle de l'avancement du projet au niveau de l'ingénierie mécanique et électrique. Donc, contrairement au chef de projet, le gestionnaire de projet s'occupe uniquement de la coordination des professionnels en ingénierie mécanique et électrique sur le chantier. Il n'est alors pas imputable de l'avancement de tous les travaux, comme le chef de projet, mais seulement de ceux qui relèvent de sa discipline. Le sixième est un ingénieur patron (6A). Celui-ci s'assure que chacune des disciplines d'ingénierie, de mécanique et d'électrique sont convenablement arrimées et coordonnées avec les disciplines d'architecture, de structure et d'ingénierie civile. Il est aussi responsable et imputable de la réponse à la commande du besoin du client en termes d'ingénierie mécanique et électrique. Toutes ces informations sont synthétisées dans le tableau 4.

#### 5.1.4 Présentation du cas B

Le projet B est aussi un projet construction, de réaménagement, d'agrandissement et de regroupement de divers secteurs d'une institution hospitalière dans la province. Plus précisément, il s'agit de moderniser et de mettre à niveau un hôpital bâti dans les années 1930. Nous avons récolté les données pendant la mise en chantier, donc pendant l'étape de la construction. L'agrandissement correspond à environ 60% de la superficie globale de l'infrastructure actuelle. Le budget alloué pour ce projet est de 264 900 000 CAD. Le temps accordé à la conception est d'environ deux ans, soit du printemps 2019 à mars 2021. Les travaux en chantier ont commencé en mars 2021 et se termineront au cours de l'année 2025. Tout comme le projet A, selon les participants interviewés, le nombre de parties prenantes impliquées dans la réalisation du projet est de quelques centaines, mais, selon une vision plus large, les parties prenantes touchées par la modernisation de cet hôpital s'élèvent à plusieurs milliers. Le niveau de maturité vis-à-vis l'utilisation du BIM est similaire au projet A. Effectivement, la principale fonctionnalité est la modélisation 3D, soit les maquettes du BIM, mais le BIM fut aussi utilisé pour déterminer les points d'ensoleillement dans le bâtiment. Le client de ce projet est le même que pour le projet A.

Similairement au projet A, lors des entrevues, nous avons collectés différents éléments portant sur la prise de décision appuyée par le BIM, dont le rôle que jouait le BIM sur les enjeux décisionnels et les effets du BIM sur la prise de décision qui étaient perçus par les acteurs interviewés. En utilisant cette même structure, nous avons aussi recueillie de l'information concernant les effets du BIM sur les relations entre les parties prenantes.

Pour ce projet, nous avons interviewé six acteurs. Le premier est un ingénieur en électricité (1B). Lors de la conception, il était responsable de la production des plans d'ingénierie électrique, de l'intégration des besoins des clients en matière d'ingénierie électrique et de l'assurance qualité. Il participait également à toutes les réunions statutaires d'avancement de la conception afin d'effectuer un suivi avec le client. Le deuxième est un coordonnateur BIM (2B). Il s'occupe du support aux usagers en ce qui concerne l'utilisation des maquettes BIM, ainsi que du bon fonctionnement de ces maquettes. Le troisième est un ingénieur en structure civile (3B) ayant comme responsabilités la mise en plans, la transmission au dessein et la coordination avec les autres professionnels.

Le quatrième est le représentant de l'hôpital (4B). Il est le point de contact au sein de l'hôpital pour le client et les professionnels travaillant sur le projet. Il collecte les besoins des cliniciens et fait le lien entre les différents professionnels afin de répondre à leurs questions. Le cinquième est un chef de projet (5B). Il est responsable du succès du projet au niveau de la qualité, du suivi des échéanciers et des budgets. Il s'assure aussi de l'octroi des contrats, de la préparation des mandats, ainsi que de la coordination et la facilitation avec les parties prenantes. Le sixième est le coordonnateur BIM principal du projet (6B). Ayant les mêmes responsabilités que le coordonnateur BIM précédent, il devait aussi assumer un rôle de formateur sur différentes fonctions BIM et accompagner différents intervenants dans l'utilisation du BIM. Toutes ces informations sont synthétisées dans le tableau 5.

Il est important de mentionner que ces deux projets s'inscrivent dans la directive sur la gestion de grands projets d'infrastructure publique de la province. Dans cette directive, la conception de projet et la planification sont entamées après avoir déposé le dossier d'opportunités et avant de présenter le dossier d'affaires. Conséquemment, certaines activités et tâches de la conception et de la planification sont réalisées conjointement.

## 5.2 Présentation des résultats

### 5.2.1 Utilisation du BIM lors de la conception

La phase de conception est critique dans la réalisation du projet, car les décisions prises ici impactent directement toutes les décisions à prendre dans les phases subséquentes du projet. Ainsi, afin de cerner pleinement l'impact du BIM sur la prise de décision lors de la conception de projet, il faut préalablement définir les effets du BIM sur la conception de projet. Nous commençons donc par aborder la multidisciplinarité du BIM lors de cette étape. Ensuite, nous détaillons les changements dans les rôles et responsabilités des acteurs pendant la conception. Nous terminons en adressant les considérations temporelles de la conception de projet appuyée par le BIM. Ces aspects sont détaillés et analysés en profondeur dans la discussion.

### 5.2.1.1 Multidisciplinarité du BIM lors de la conception pour le projet A

La conception des deux projets étudiés dans le cadre de ce mémoire impliquait l'adjonction d'une multitude de professionnels issus de champ académique distinct, dont l'architecture, l'ingénierie, l'informatique et la gestion de projet. Effectivement, il était nécessaire de coordonner les responsabilités des gestionnaires, des employés, des contracteurs et des autres parties prenantes, et que ceux-ci collaborent afin d'atteindre une synergie entre les compétences informatiques, managériales et de construction. Or, dans le cas du projet A, plusieurs parties prenantes ne furent impliquées que lors de la réalisation du projet. Notamment, le gestionnaire de ce projet (5A) mentionnait qu'il n'avait absolument aucune responsabilité lors de la conception, puisqu'il a commencé à être impliqué dans ce projet alors que la réalisation en chantier était déjà bien entamée. D'ailleurs, un architecte interviewé pour ce même projet (4A) précise que la phase de conception est l'une des plus importantes, car tout un chacun doit s'accorder sur ce qui est à modéliser et sur ce qu'il ne l'est pas. Il précise que c'est suite à ces discussions entre les parties prenantes que la conception des maquettes BIM peut débuter. Cependant, le gestionnaire du projet A (5A) ne fut pas impliqué dans cette étape d'envergure.

### 5.2.1.2 Multidisciplinarité du BIM lors de la conception pour le projet B

Pour le projet B, l'un des ingénieurs (1B) spécifie que les modélisations et les maquettes du BIM sont directement influencées par la collaboration lors des phases initiales du projet :

« Les résultats du BIM sont censés être le fruit de la collaboration. C'est le résultat direct de ce qui s'est passé en amont. » (1B)

Concernant cette coordination des différentes disciplines, soit les architectes, ingénieurs, spécialistes BIM, gestionnaire de projet et autres professionnels de la construction, lors de l'utilisation du BIM pendant la conception de projet, un ingénieur du projet B (3B) remarque une dichotomie entre les acteurs impliqués dans la conception et ceux mettant en œuvre la construction. Celui-ci explique qu'il doit créer une maquette BIM de conception pour ensuite la transmettre aux professionnels de la construction à titre informatif et enfin ces derniers construiront leurs propres maquettes. Selon lui, les gens qui construisent le bâtiment doivent être impliqués davantage lors de la conception de la première maquette BIM. En somme, selon le chef de projet du projet B (5B),

l'utilisation du BIM lors de la conception de projet facilite l'encadrement des communications entre les parties prenantes et favorise l'agencement de celles-ci :

« Le BIM en conception de projet ça formalise les échanges puis ça permet d'avoir une meilleure coordination des interactions. » (5B)

#### 5.2.1.3 Ajout ou redéfinition des rôles responsabilités lors de la conception pour le projet A

En revanche, cette coordination des maquettes du BIM impose une charge de travail supplémentaire à la conception de projet, tel que suggéré par un architecte du projet A (3A). Il détaille que le changement de la 2D vers la 3D a créé un déplacement de l'ouvrage. Lors de l'utilisation du 2D, les travaux étaient principalement réalisés sur le chantier et quand un problème survenait, le surveillant de chantier et les professionnels concernés devaient le résoudre. Maintenant, avec l'utilisation du BIM, cet architecte remarque qu'il y a une réduction des problèmes à résoudre en chantier, puisque le travail se fait majoritairement au niveau conception avec le BIM. Similairement, un autre architecte du projet A (4A) avance qu'avec l'utilisation du BIM on augmente la portée de la conception pour certaines prenantes:

« On demande aux professionnels un degré de conception que peut-être ils n'allaient pas aussi loin dans cette conception-là avant. » (4A)

Notamment, l'ingénieur patron du projet A (6A) argumente que le transfert de la 2D à la 3D est un cheminement particulièrement laborieux pour certaines parties prenantes. Il exemplifie ses propos en précisant que maintenant les dessinateurs doivent avoir, en plus d'une connaissance fine de la performance thermodynamique attendue, des acquis dans les méthodes d'installation afin d'articuler une représentation spatiale conforme. Donc, depuis l'arrivée du BIM dans la conception de projet, ils doivent maîtriser beaucoup plus de technicités qu'avant, ainsi que traiter et comprendre davantage d'informations.

Le chef de projet du projet A (1A) souligne le constat du dernier acteur en signifiant qu'il y a un déplacement de la courbe d'efforts vers la conception, soit un transfert de responsabilité, dans le but de minimiser les efforts nécessaires dans les phases subséquentes. Cependant, l'envergure de ces nouveaux efforts requis en début de projet n'est pas bien délimitée pour certains professionnels et cela amène des questions pour ceux-ci :

« Il y a toujours une question pécuniaire de la responsabilité des professionnels, parce qu'ils nous disent : *On n'est pas des constructeurs nous autres, jusqu'à quel niveau de développement vous voulez qu'on aille ? Quelles responsabilités qu'on peut prendre et celles qu'il faut laisser ?* Donc, il y a de gros enjeux par rapport à ça et ce n'est pas encore réglé. » (1A)

Suivant les observations des derniers intervenants, le gestionnaire de projet du projet A (5A) soulève que l'adaptation au changement est difficile pour certains professionnels, dont les responsables en entretien et en ventilation, car leur poste et leurs responsabilités sont complètement redéfinies. Il atteste que, maintenant, il n'est plus nécessaire d'avoir un technicien avec des dizaines d'années d'expérience, mais simplement d'un informaticien pouvant prévenir les professionnels concernés lorsqu'il faut changer ou réparer une composante du bâtiment. Selon lui, ce transfert de responsabilité entre les parties prenantes exige un niveau de précision beaucoup plus élevé lors de la conception, ce qui signifie plus de temps et d'énergie accordés à cette étape, mais cela n'est pas encore bien circonscrit entre les acteurs impliqués :

« Il y a encore un flou entourant les responsabilités et sur c'est quoi qui est exigé à tous et chacun. » (5A).

Le gestionnaire de projet du projet A (5A) souligne aussi que le BIM est un outil de coordination très utile, mais qu'il peut aussi amener des frictions supplémentaires dues au transfert de responsabilités :

« Si tu dessines au microdétail, tu vas avoir pas mal moins de problèmes au chantier, tu n'auras pas de reprise de travaux, d'avis de changement. Tu ramasses tous ces problèmes, puis tu les règles en amont, en virtuel. Donc, c'est génial, mais ça prend plus de temps en conception. Et ça, ça cause un délai, un retard qui est difficile, encore une fois, de faire accepter par l'industrie, par les clients, parce que ça ne respecte pas toujours l'échéancier et le budget initial. » (5A)

#### 5.2.1.4 Ajout ou redéfinition des rôles responsabilités lors de la conception pour le projet B

Cet ajout ou reconfiguration des responsabilités lors de la conception de projet est aussi présent dans le projet B. Entre autres, l'un des ingénieurs de ce projet (3B) révèle que, lors de la conception, les intervenants doivent s'accorder sur le niveau d'information dont chacun a besoin et qui est responsable de statuer le tout, mais cela provoque un transfert de responsabilité. Il présente un exemple illustrant cette situation :

« On va relancer les autres professionnels en leur demandant : *regarde mes plans, vérifie, valide que les dimensions qu'on a mises sont correctes pour tes choses, parce qu'on est allé au meilleur de notre compréhension de ta maquette et des informations que tu nous as données.* Mais on ne veut pas prendre cette responsabilité de dire qu'on est correct, parce que c'est une utilisation d'une maquette et ce n'est pas la même chose que d'avoir un plan où est-ce qu'ils nous donnent des cotes exactes. Donc oui, ça crée des transferts de responsabilités qu'on essaie de prévenir. » (3B)

Somme toute, ce transfert de responsabilité est perçu positivement par certains acteurs, dont un ingénieur du projet B (1B) qui argumente que l'utilisation du BIM lors de cette phase du projet permet de trouver, d'adresser et de résoudre des problèmes avant le commencement des travaux en chantier. Certes, il admet que cela peut sembler être des charges supplémentaires, mais il précise que le BIM est avant tout un vase communicant qui aide les professionnels à solutionner les problèmes lors de la conception. Cet ingénieur estime que le recours au BIM simplifie la résolution de problèmes, dont la coordination en amont des travaux à effectuer par différentes disciplines dans des endroits étroits et la vérification de l'atteinte des exigences du client avant le début des activités en chantier. Aussi, le coordonnateur BIM principal du projet B (6B) considère qu'avec l'ajout de ces responsabilités, lors de la conception, les parties prenantes peuvent se concentrer sur des activités avec une plus grande valeur ajoutée, et ce de manière significativement plus rapide grâce à l'accès à l'information qui est facilité :

« Premièrement, quand c'est bien préparé, les gens peuvent se concentrer plus sur la conception que sur chercher un objet, gérer des layers, gérer l'information. Si c'est bien structuré, les gens ne cherchent pas. Ils savent où aller. Deuxièmement, ils savent quoi utiliser. Troisièmement, l'information est déjà là. Par exemple, des pièces avec déjà toute l'information sur celle-ci. Ils peuvent donc concevoir plus rapidement. » (6B)

#### 5.2.1.5 Temps accordé à la conception pour le projet A

Bien que l'utilisation du BIM lors de la conception de projet amène la redéfinition ou l'ajout de responsabilités, telles que la modélisation et l'analyse des maquettes du BIM, ainsi que le suivi et la documentation des nombreux ateliers de détection des interférences, certaines parties prenantes croient que le temps alloué à la conception n'est pas ajusté en conséquence, c'est notamment un constat qui est partagé par l'ingénieur patron du projet A (6A). Selon ce dernier (6A), il y a un fort contraste entre les demandes du donneur d'ouvrage et le temps accordé à la modélisation, ce qui illustre un paradoxe : d'un côté, le donneur d'ouvrage recherche une coordination spatiale très

précise qui requiert énormément de temps, mais, de l'autre côté, il n'y a pas plus de temps qui est alloué à la conception, alors que selon le donneur d'ouvrage il faut absolument pouvoir visiter virtuellement le bâtiment. Ainsi, afin de respecter les délais imposés, l'ingénieur patron du projet A (6A) mentionne qu'il doit trier et sélectionner les éléments pertinents à modéliser, dont les ouvertures dans la structure de béton et les dégagements de circulation minimum vers les issues.

En lien avec le constat ci-dessus, le chef de projet du projet A (1A) remarque qu'en fonction des honoraires, le temps octroyé à la conception n'a pas augmenté. Il énonce que les durées n'ont pas été ajustées, car le donneur d'ouvrage prévoyait que l'utilisation du BIM engendrerait des bénéfices pour les entrepreneurs. Or, la longue courbe d'apprentissage envers l'utilisation du BIM explique partiellement le manque de temps alloué à la conception, d'autant plus que toutes les firmes ne sont pas au même niveau de maturité avec le BIM. Ce faisant, lors de la conception, cet acteur (1A) remarque que le donneur d'ouvrages doit prendre en charge certaines responsabilités des entrepreneurs.

Le coordonnateur BIM du projet A (2A) est d'avis que cet enjeu se résout graduellement, parce que les parties prenantes gagnent en expérience avec le BIM et qu'au bout du compte cela réduit les accros lors de la construction. En effet, il reconnaît qu'au début de l'expérience BIM certains intervenants auront plus de difficulté que d'autres à compléter les activités nécessitant l'outil, mais que la maturité progresse rapidement. Cela s'explique par le fait que les outils d'analyse restent les mêmes d'un projet à l'autre. Ainsi, au fil des projets, les professionnels n'ont pas à réapprendre les spécificités et ceux-ci gagnent en expertise. De plus, ce spécialiste BIM (2A) décrit une autre raison justifiant la plus grande envergure de la conception de projet lors de l'utilisation du BIM. Selon lui, pendant la conception, la coordination et la modélisation se précisent et se peaufinent au fur et à mesure que les sous-traitants spécialisés arrivent dans le projet. Conséquemment, il est parfois nécessaire de re-modéliser et re-coordonner avec ces spécialistes afin d'optimiser les espaces et les matériaux. Finalement, il juge que toutes ces démarches se sont avérées pertinentes, puisque les corrections lors de la construction sont minimales :

« On a pris un peu plus de temps qu'on devrait prendre en conception, mais là, la construction, ça va très très très bien, parce qu'on n'a aucune reprise de travail. » (2A)

Un architecte du projet A (4A) est aussi d'avis qu'avec l'utilisation du BIM il est nécessaire d'accroître la durée de la conception, puisque l'objectif de cet outil est de cibler et dénouer les problèmes en amont. Or, il souligne que, si l'on n'accorde pas assez de temps en amont, le recours au BIM devient contradictoire, car les parties prenantes découvrent des interférences qui ne seront jamais réglées :

« L'objectif ultime du BIM, c'est de voir les interférences, les problèmes en amont, les régler pour réduire la construction, mais on semble ne pas avoir fait ce transfert de temps à la conception, en amont. Donc, on est pris un peu. Pour notre projet, on a des éléments supplémentaires à faire, mais on a le même temps qu'avant, ce qui amène des questions et des éléments qui ne peuvent pas être répondus. » (4A)

#### 5.2.1.6 Temps accordé à la conception pour le projet B

À cet égard, le représentant de l'hôpital du projet B (4B) souligne que les rencontres de coordination prennent beaucoup de temps, car les documents à traiter sont lourds et une multitude de parties prenantes est impliquée. C'est donc une autre pression apportée à la conception du projet, mais, toujours selon ce même intervenant, cette pression peut avoir certaines externalités positives :

« J'ai l'impression que ça nous a forcés à coordonner certaines choses plus en avance et que ça l'a probablement évité des surprises. » (4B)

Partageant une opinion similaire au dernier intervenant, un ingénieur du projet B (1B) croit que les charges supplémentaires en conception, imposées par l'utilisation du BIM, augmentent la portée de cette phase et peut alors engendrer des enjeux et préoccupations au niveau du respect des échéanciers. D'ailleurs, il précise que l'aspect temporel est une variable importante influençant le niveau de précision des maquettes :

« Il y a tellement d'éléments dans un projet. On ne peut pas tout mettre dans une maquette, puis faire des séances d'interférence avec tous les éléments. C'est à peu près impossible. Ça dépend du temps et des ressources qu'on a. » (1B)

Un ingénieur du projet B (3B) perçoit que, dépendamment du niveau de détail qui est demandé par le client et attendu par les autres professionnels, l'utilisation du BIM lors de la conception apporte du travail supplémentaire pour certaines parties prenantes, mais, comparativement aux autres intervenants, celui-ci croit que le temps de conception est adapté aux circonstances :

« Je dirais que pour notre projet, le temps était assez adapté. Ça n'a pas été trop problématique de ce côté-là. » (3B)

#### 5.2.1.7 Synthèse de l'impact de l'utilisation du BIM sur la conception de projet pour les projets A et B

À titre récapitulatif, les résultats témoignent d'une diversité d'opinion concernant l'impact de l'utilisation du BIM, en termes de temps et de tâches, sur la conception de projet. Effectivement, d'une part certaines parties prenantes croient que le BIM permet d'optimiser la coordination entre les acteurs lors des phases initiales du projet, mais, d'autre part, avoir recours au BIM pendant la conception engendre un transfert ou un ajout de responsabilité pour divers professionnels et le temps de conception n'est pas toujours ajusté en conséquence. Cette opinion nuancée est partagée dans le projet A et le projet B. Ces différences sont abordées dans la discussion.

#### 5.2.2 Effets du BIM sur les relations entre les parties prenantes lors de la conception

Tel qu'abordé dans la revue de littérature, les stratégies de prise de décision et les risques décisionnels qui en découlent sont considérablement influencés par les attributs des parties prenantes et les relations évolutives que celles-ci entretiennent. Ce faisant, de bonnes ou mauvaises relations entre les acteurs peuvent potentiellement faciliter ou complexifier la prise de décision lors de la conception de projet. Ces aspects sont traités et analysés plus en détail dans les sous-sections des résultats et dans la discussion.

Cette section des résultats est divisée en quatre sous-sections. Premièrement nous abordons la détection et la résolution des interférences identifiées sur les maquettes du BIM. Deuxièmement, nous enchaînons sur le transfert de connaissances et la communication accrue qui sont permis grâce à cette résolution des interférences. Troisièmement, nous présentons les enjeux issus des différences entre les attentes des parties prenantes quant à l'utilisation du BIM. Finalement, nous terminons avec une synthèse.

##### 5.2.2.1 Détection et résolution des interférences sur les maquettes du BIM pour le projet A

Les maquettes du BIM sont utilisées, entre autres, pour prévenir les interférences entre les différentes disciplines lors de la construction grâce à la modélisation et à la visualisation des

composantes du bâtiment en amont. Par contre, certains acteurs évoquent l'enjeu de la priorisation et la hiérarchisation entre les professionnels pendant les séances de détection des interférences. En effet, selon ceux-ci (6A, 3A, 1A, 1B) lorsque des disciplines s'empiètent dans la maquette BIM, il n'y a pas de méthode clairement établie permettant de déterminer quelle discipline empiète sur l'autre. Donc, les parties prenantes doivent négocier afin d'établir qui n'est pas conformément aligné, ainsi que quels intervenants seront les premiers et les derniers à intervenir et à s'ajuster.

À l'avenant de ce constat, le chef de projet du projet A (1A) perçoit que cet enjeu de hiérarchisation des parties prenantes amène son lot de complications. Par exemple, il relève que le gérant de ce projet avait de grandes attentes et que pour répondre à celles-ci ce dernier réalisait et générait sa propre analyse avec le modèle BIM, et ce hors des sessions collaboratives de détection des interférences. En conséquence, les professionnels ne pouvaient faire qu'un contrôle minime de la qualité de la maquette. Puis, dû à cette réduction du contrôle de la qualité de la maquette, une fois arrivée aux séances collaboratives de détection des interférences, les interférences étaient beaucoup trop nombreuses et la durée des séances s'éternisait. Il illustre ses propos en précisant que la combinaison des différentes maquettes associées à chacune des disciplines impliquées a amplifié la complexité de cette résolution d'interférences :

« Il y avait eu des groupements de structure et de mécanique, on a fait une sorte de groupements d'interférences [...] mais ça complexifie le processus, parce que justement on sort des lots, on termine, on a finalisé une conception alors que l'architecture n'est pas terminée [...] Donc, le modèle BIM n'était pas complet, la maquette a beaucoup évolué et ça a généré pas mal d'enjeux. » (1A).

Un architecte du projet A (3A) est du même avis. En effet, il présente que les architectes avaient leur propre maquette et que les sous-traitants en avaient une autre. Donc, ces derniers devaient ajuster leur maquette en fonctions des modifications imposées par les ingénieurs, ce qui pouvait causer de légères frictions :

« Ça n'engendre pas vraiment des problèmes, mais c'est sûr que ça chiale, parce que le sous-traitant il faut qu'il refasse tout le temps sa maquette. Puis, même si l'architecte fournissait sa maquette à titre d'information, comme ce n'était pas une maquette partagée, bien les sous-traitants ils réajustaient toujours leur maquette en fonction des réunions de coordination BIM. Tandis que les professionnels, ils ne faisaient pas ça. Ils

réorganisaient leur maquette simplement lorsqu'il y avait un problème à régler, sans tenir compte du reste. » (3A)

En outre, l'ingénieur patron du projet A (6A) renchérit sur cette problématique, en avançant que ce sont les interférences associées à certaines disciplines qu'il faut prioriser et non précisément les disciplines. D'ailleurs, pour cet acteur, les difficultés associées à la démarche de priorisation des interférences selon les disciplines représentent le moins bon coup de ce projet. Selon lui, il y a énormément d'interférences qui apparaissent sur les maquettes du BIM, mais la plupart de ceux-ci ne sont pas un réel enjeu pour la construction du bâtiment. Ainsi, en octroyant du temps à résoudre ces interférences mineures, il note qu'un temps précieux est perdu et que les parties prenantes manquent à se concentrer sur des éléments qui sont réellement importants. Les différents intervenants doivent donc reconsidérer leurs démarches de résolution des interférences entre les disciplines dans les maquettes du BIM :

« Il y a un gros manque d'apprentissage de l'ensemble des parties prenantes sur cette priorisation-là des disciplines. » (6A)

En contrepartie, un architecte du projet A (4A) exprime que les séances de détection des interférences facilitent la collaboration entre les parties prenantes et encouragent le partage de connaissances entre celles-ci. Selon lui, la nature pluridisciplinaire de ces rencontres favorise les discussions autour des interférences et cela engendre des relations de travail constructives. Cet architecte était présent dans des ateliers de travail où la structure du bâtiment était superposée à l'architecture pour des éléments précis. En procédant de la sorte, il articule que les interférences exposées étaient aisément comprises par les parties prenantes, car le support visuel apporté par les maquettes du BIM permet d'alimenter les échanges et de trouver une solution de manière collaborative. Du coup, il perçoit positivement les ateliers de détection des interférences entre les disciplines :

« On est en mode solution. Je dirais que les relations sont ouvertes et bonnes à travers le BIM quand on l'utilise d'une bonne façon. » (4A)

En rejoignant l'observation du dernier acteur, le gestionnaire de projet du projet A (5A) précise que, malgré l'absence de division formelle du travail entre les professionnels lors de la détection

et de la résolution des interférences entraînant la hiérarchisation de ceux-ci, ces séances permettent de partager de l'information et des connaissances afin de faciliter l'engagement de tout un chacun :

« On est capable de trouver l'adhésion et d'acquiescer l'adhésion de toutes les parties prenantes plus facilement lorsqu'on le montre en 3D. » (5A)

#### 5.2.2.2 Détection et résolution des interférences sur les maquettes du BIM pour le projet B

Dans le projet B, l'un des ingénieurs (1B) remarque ce même problème de la hiérarchisation des parties prenantes lors des séances de détection des interférences. Il soutient que cela est dû au manque de méthodes clairement définies qui peuvent embroussailler les relations entre les parties prenantes, ce qui exemplifie les recommandations des précédents acteurs (6A et 3A) :

« Évidemment, le gars de structure n'est pas en interférence avec le gars de l'électricité, mais plutôt l'inverse [...] Mais, tout ce cadre-là, cette façon-là, si elle n'est pas bien décrite et comprise, ça peut amener des difficultés. » (1B)

L'autre ingénieur du projet B (3B) a aussi vécu ces difficultés, en ajoutant que la détermination des responsables de la résolution des interférences est un enjeu considérable :

« Au début de la modélisation, il faut savoir qui est responsable de résoudre l'interférence de quel élément avec quoi. Ça avait été un gros enjeu au début pour statuer le tout. » (3B)

Également, le chef de projet du projet B (5B) est d'avis que l'arrimage entre les firmes et leur professionnel est plus complexe que dans un projet de construction traditionnel, car les modélisations varient selon les firmes :

« Pour la coordination, chaque firme travaille avec leurs modèles, leur famille, leurs maquettes, donc, tout ça fait que c'est plus difficile à tout arrimer versus des plans AutoCAD. » (5B)

En dépit de ces difficultés, le coordonnateur BIM du projet B (2B) nuance que la détection des interférences contribue au partage du savoir et à la collaboration entre les intervenants et donc cela renforce la transparence des processus décisionnels et la compréhension commune des décisions. Or, cela requiert une bonne coordination préalablement, sinon les interférences entre les disciplines

affichées sur la maquette seront excessives lors des séances. Ce spécialiste BIM réitère l'importance de l'organisation des priorités entre les disciplines et leurs professionnels en amont, soit lors de la conception de projet.

Le coordonnateur BIM principal du projet B (6B) poursuit que le BIM est avant tout un outil facilitant la participation et la concertation des parties prenantes, puisque le regroupement de certaines disciplines dans une même maquette entraîne les professionnels à se rencontrer et à se parler. Dès lors, avec les maquettes et les séances dédiées aux interférences, les gens sont davantage responsabilisés et imputables envers les avancements du projet, car, avec le BIM, tous peuvent savoir qui a accompli telles et telles tâches. Selon lui, cela se traduit par une meilleure circulation de l'information qui du même coup améliore la communication :

« Avant, on passait encore par un chargé de projet pour l'explication et le signalement de certaines choses. Maintenant, on va passer directement avec les gens responsables. Surtout dans les gros projets, le chargé de projet ne peut pas être partout, puis il ne peut pas faire non plus de micromanagement. C'est sûr que tu vas parler à la personne directe maintenant, en mettant évidemment les responsables en copie. C'est ce que ça amène le BIM si tout le monde s'entend sur la façon de l'utiliser ». (6B)

Suivant cette lignée, le représentant de l'hôpital pour le projet B (4B) soulève que l'emploi des maquettes du BIM a permis à certaines parties prenantes, ayant peu ou pas de compétences et connaissances en construction ou en informatique, de saisir l'envergure du projet et de suivre l'avancement de celui-ci, et ce en partageant leurs points de vue et leurs attentes. Cette considération de leurs besoins a par le fait même encouragé l'engagement de ces acteurs. Le représentant de l'hôpital pour le projet B (4B) soutient que ce sont les ateliers de coordination du BIM réalisés avec ces parties prenantes qui ont aidé à l'adhésion de tout un chacun vis-à-vis les changements qui étaient prévus dans la construction. Le représentant (4B) ajoute que ces personnes ont beaucoup apprécié être concertées pour l'aménagement futur du bâtiment et que ce fut une occasion pour eux de faire part de leurs préoccupations. En d'autres termes, dans cet exemple-ci, le BIM a servi à mobiliser et convaincre certaines parties prenantes préoccupées par le résultat final de bâtiment, ainsi qu'à soulever et adresser plusieurs enjeux afin de prendre des décisions de manière préventive et collaborative.

Similairement, un ingénieur du projet B (1B) croit que les séances de mise en commun des maquettes du BIM pour la détection d'interférences permettent de se familiariser avec les autres disciplines impliquées dans le projet, ainsi que de comprendre les tenants et les aboutissants de celles-ci. En tant qu'ingénieur, il considère qu'il n'a pas une visibilité approfondie sur l'architecture, la structure et les autres domaines connexes. Il explique qu'en cas d'incompréhension, il n'a pas toujours le réflexe de s'y intéresser, puisqu'il n'a pas les connaissances et compétences requises. En revanche, le BIM permet de représenter visuellement les travaux de toutes ces disciplines. Par conséquent, même s'il ne connaît pas toutes les spécifications, en voyant tout cela en 3D, il est en mesure de savoir et de comprendre qu'il y a des éléments des autres disciplines qui sont à considérer pour la réalisation de ses travaux d'ingénieur. Ce dernier indique que traditionnellement cette familiarisation avec les domaines connexes était plus difficile :

« De manière plus standard, je ne pourrais pas le comprendre, parce que je suis spécialisé dans un domaine. Donc, avec le BIM, on a une meilleure perspective sur les domaines des autres intervenants. » (1B)

Bref, les résultats des deux cas illustrent que la manipulation des données lors de la résolution des interférences entre les différentes disciplines dans les maquettes du BIM amène une priorisation et une hiérarchisation des acteurs. De plus, l'incertitude entourant la marche à suivre pour établir cette priorisation des disciplines complexifie les processus décisionnels menant à la résolution des interférences. Néanmoins, certains acteurs croient que la conjugaison multidisciplinaire lors des séances de détection des interférences soutient la mise en commun des perspectives des parties prenantes et renforce la transparence des décisions lors du partage et de l'analyse des maquettes BIM, encourageant alors l'engagement des professionnels. Autrement dit, l'on constate que ces séances favorisent la responsabilisation et la considération des parties prenantes dans les processus décisionnels. Cela est rendu possible grâce à l'approfondissement et à l'analyse des diverses perspectives et points de vue exprimés par les acteurs issus de différents champs professionnels.

### 5.2.2.3 Transfert de connaissances et communication pour le projet A

Tel que mentionné précédemment, le partage d'information entre les professionnels ouvrant dans des disciplines différentes, permis par les séances de détection des interférences, est perçu comme

un transfert de connaissance améliorant la communication par certains acteurs, dont le gestionnaire de projet du projet A (5A). Celui-ci positionne le BIM comme le pivot central de la coordination et de la communication des professionnels. Il est d'ailleurs fortement impressionné par l'utilisation de cette nouvelle technologie :

« J'étais dans une roulotte de chantier de l'Union de coordination interdisciplinaire des Entrepreneurs, la réunion se déroulait sur la maquette en 3D sur le mur, sur l'écran, puis c'est comme ça qu'on coordonnait. J'étais habitué à la vieille méthode, c'était ma première expérience, puis quand je me suis assis autour de la table, je me suis dit : *Wow ! C'est dont bien génial cette technologie-là.* » (5A)

En référence à cette citation, le chef de projet du projet A (1A) élabore qu'avec le BIM les clients, au niveau de l'hôpital, ont pu être impliqués et concertés plus fréquemment. Ce faisant, les cliniciens partageaient des informations, des connaissances et des considérations au niveau opérationnel. En ayant accès à la maquette BIM, ceux-ci étaient équipés pour se coordonner avec les parties prenantes responsables de la conception afin de faire valoir leurs opinions et présenter leurs besoins, ce qui favorisait la participation et la communication entre tout un chacun :

« Ils (clients au niveau de l'hôpital) sont toujours impliqués avec nous. C'est notre partenaire, c'est notre client. Donc, il est avec nous en réunion, il amène son point de vue, il amène des enjeux plus opérationnels. Il voit des enjeux d'espaces, l'accessibilité du système, donc au niveau des opérations du bâtiment [...] Ils ont accès à la maquette avec la plateforme BIM Track. » (1A)

Concernant ce transfert de connaissance et la communication accrue, le spécialiste BIM du projet A (2A) déclare que la confiance de tous les acteurs envers les résultats du BIM est un facteur critique pour une utilisation optimale de la technologie. Il présente d'abord que la collaboration et la communication sont les clés du succès pour travailler avec le BIM. Néanmoins, ces clés sont influencées par le degré de confiance qui est accordée par toutes les parties prenantes envers la technologie et son produit, qui est la maquette. Ce spécialiste expose donc la criticité de cet élément :

« Si on a cette confiance, avec les ateliers de coordination du BIM toutes les parties prenantes sont là, on se concentre tous ensemble sur un problème pour qu'on trouve la solution et qu'on avance. C'est un gain de temps parce que l'information est disponible au bon moment. » (2A)

#### 5.2.2.4 Transfert de connaissances et communication pour le projet B

Pour atteindre cette confiance, lors des ateliers de coordination BIM, l'adjonction et l'exploration multidisciplinaire sont requises et cela nécessite de bonnes aptitudes collaboratives et participatives de la part des parties prenantes impliquées. Cela peut éventuellement amener des changements dans les pratiques de travail. Au sein du projet B, l'un des ingénieurs (1B) atteste que ces changements peuvent poser certains enjeux au niveau de la communication et de la collaboration, bien que cela ne soit pas des problèmes de grande envergure :

« Dans le cas où j'ai des enjeux majeurs, bien pour l'architecte, si je ne prends pas le temps de bien lui expliquer les tenants et les aboutissants, bien il n'y accordera pas la même importance. Donc, il y a souvent, je ne dirais pas des petits problèmes, mais des défis de communication, disons dans cette nouvelle collaboration-là. » (1B)

À ce sujet, le coordonnateur BIM principal du projet B (6B) articule que tous les intervenants ont des habitudes et compétences différentes, mais qu'ils doivent travailler en équipe afin d'atteindre un même objectif. Il enchaîne qu'en imposant des méthodes BIM dans une équipe, on remarque immédiatement qui est capable de travailler ensemble ou pas. Selon lui, l'utilisation du BIM vient mettre en lumière les lacunes des différents acteurs, même si ce ne sont pas nécessairement des lacunes critiques, telles que le manque d'expérience ou une réticence aux changements. En ce sens, il recommande aux intervenants dans un projet BIM de questionner et réévaluer leurs méthodes de travail, de façon à ne pas perdre l'information contenue dans les maquettes et d'être en mesure de suivre cette information afin de la communiquer convenablement aux parties prenantes concernées.

D'après lui, la communication entre les parties prenantes durant le commencement d'un projet en mode BIM est un facteur critique pour la réussite du projet. De ce fait, bien que la coordination en amont soit primordiale, il précise que cette coordination des disciplines pendant la détection et la résolution des interférences est assez complexe et cela se poursuit bien après ces séances. Pour illustrer ses propos, le coordonnateur BIM du projet B (2B) présente un exemple :

« Après la séance, coordonner ce n'est pas juste *OK tasses ton mur*. Moi, par exemple, en tant qu'architecte, je vais faire *OK si ça accroche là, bon, je vais parler à tout le monde, puis c'est où le meilleur endroit où le mettre ?* Ce n'est pas juste le tasser et ça va être fini. Non, c'est à qui la responsabilité de le tasser, une ou deux disciplines ?

Puis c'est où que je devrais le mettre pour que ça soit le plus optimal pour le projet ? »  
(2B)

Le chef de projet du projet B (5B) est aussi d'avis que la communication en début de projet est très importante. Il affirme qu'en partageant l'information aux cliniciens, ces derniers pouvaient alors retourner aux professionnels de la construction des considérations qui ne sont pas de leur champ d'expertise. L'information et les connaissances étaient donc transférées d'une partie prenante à l'autre, ce qui était particulièrement apprécié :

« Avec le BIM, on a pu faire une démonstration en début de projet. Ça été notre gros outil de communication. On a réussi à le partager aux équipes cliniques, à la ville, à ma mère, à tout le monde, puis ils ont vu c'était quoi le projet et ils sont comme : *Oh wow, c'est malade!* » (5B)

Brièvement, les constats présentés dans cette sous-section illustre que le BIM facilite le partage de l'information et permet alors le transfert de connaissance entre les différentes expertises impliquées dans la conception du projet. Ce faisant, les acteurs interviewés perçoivent que la communication au sein de leur projet est accrue et améliorée. Certes, les nouvelles formes de travail amenées par l'utilisation du BIM peuvent causer des accros, mais le développement d'une confiance partagée envers la technologie peut potentiellement solutionner ces enjeux.

#### 5.2.2.5 Disparités dans la compréhension des objectifs et des attentes entre les professionnels pour le projet A

Plusieurs embûches et obstacles compromettent cette communication, coopération et coordination réalisée en pollinisation croisée des disciplines. Dans le cas du BIM, cela s'illustre par l'incompréhension des objectifs par certaines parties prenantes, de même que part des attentes beaucoup trop élevées en fonction des bénéfices et des résultats souhaités. L'ingénieur patron du projet A (6A) est d'ailleurs d'avis que l'incompréhension des parties prenantes envers les objectifs du concepteur est l'une des limites du BIM. Selon lui, il y a une trop grande disparité entre les bénéfices anticipés, les attentes des parties prenantes, la complexité réelle que représente la modélisation numérique, les intentions de la construction et le contexte contractuel existant. La variabilité envers la compréhension de ces aspects va nécessairement se répercuter dans les décisions et pour supporter ses dires, il présente un exemple :

« Les objectifs du concepteur ce n'est pas d'avoir une ville à la *Assassin's Creed* où on voit que tous les décors sont parfaitement montés [...] Ce n'est pas arrimé. Alors quand le chargé de projet, le représentant du client ou l'architecte trouve que le tuyau, il n'est pas tout à fait à la bonne place dans le G-Proc, il a mal compris les objectifs. » (6A)

En parallèle à cette citation, le chef de projet du projet A (1A) détaille que l'impossibilité de répondre à plusieurs attentes exprimées a généré beaucoup de frustration à son égard. Le donneur d'ouvrages exigeait un niveau de modélisation plus précis de la part des professionnels et, selon le chef de projet du projet A (1A), cela expose les divergences entre les parties prenantes quant à la manière de répondre aux exigences exprimées. En effet, atteindre ce niveau de précision requiert beaucoup de temps et d'énergie, ce qui réduit l'attention portée à d'autres éléments importants du projet. Conséquemment, tout comme l'ingénieur patron du même cas (6A), le chef de ce projet (1A) estime que les attentes envers la modélisation des maquettes du BIM ne sont pas arrimées avec la réalité du projet :

« Il (donneur d'ouvrages) aurait aimé qu'on règle plus d'interférences. Il m'a dit : *j'ai noté toutes ces interférences, pourquoi ça n'a pas été corrigé ?* Bien ce qui est arrivé, c'est qu'il en avait beaucoup et y en a qui ont été oubliés, mais c'est surtout qu'il fallait sortir un appel d'offres, on avait des dates et il y a d'autres gouvernantes et d'autres enjeux qui sont entrés en ligne de compte. » (1A)

Ce même acteur (1A) renchérit en notant que les maquettes sont partagées uniquement à titre informatif et qu'elles ne servent pas directement à la construction, mais que cela n'est pas bien compris par tous les professionnels. Il explique que les modalités de l'utilisation des maquettes du BIM sont indiquées dans le plan de gestion BIM qui sert de protocole d'entente entre les parties prenantes, mais que la signature de ce document ne s'est faite qu'au bout d'un an, dû aux différences dans les attentes entre les acteurs impliqués :

« [...] C'est le protocole d'entente entre les parties prenantes, ça l'a pris un an avant de le signer, un an avant de le définir. Il y avait des divergences dans les attentes et sur comment qu'on fait ça. Donc, ça démontre aussi qu'il y avait des réticences, beaucoup de réticences au niveau des professionnels. » (1A)

Pareillement, le gestionnaire de projet du projet A (5A) utilise la métaphore d'un couteau à double tranchant pour illustrer les effets des attentes trop élevées par rapport aux bénéfices ou résultats atteignables. Celui-ci détaille que si le donneur d'ouvrages demande aux professionnels de

modéliser chaque vis afin qu'il n'y ait aucun avis de changement dans les étapes suivantes, il y aura nécessairement une augmentation drastique des honoraires et des délais; d'autant plus qu'en demandant ce niveau de détail la réponse aux attentes est alors déplacée de la cour des entrepreneurs en construction vers celle de l'ingénieur en modélisation. Le gestionnaire de projet du projet A (5A) recommande donc de cerner le juste milieu au sein de toutes ces attentes divergentes, ce qui peut s'avérer ardu étant donné que l'utilisation du BIM est encore assez récente pour des parties prenantes:

« Le point d'équilibre, c'est vraiment ça [...] On n'aura jamais personne de satisfait à 100% [...] Il faut déterminer qu'est-ce que je vais demander à tous et chacun. Plus j'en demande à un, plus j'en enlève à l'autre. Donc, il y en a un qui peut chialer. On est encore dans les balbutiements, on est encore dans la vieille mentalité, c'est ça aussi le problème. » (5A)

Ainsi, dû aux attentes potentiellement inatteignables et divergentes, les partenariats entre diverses entreprises suscitent beaucoup d'enjeux, notamment en ce qui concerne le partage des maquettes du BIM, comme le précise l'ingénieur patron du projet A (6A):

« Quand j'imprime un plan, si j'ai modélisé la position d'un drain très précisément à l'endroit où il sera construit, mais quand je l'imprime, on ne le voit pas, parce qu'il y a un appareil sanitaire par-dessus ou parce qu'il y a un élément qui se croise par-dessus, on ne le voit pas. Suite à ça, le client (donneur d'ouvrages) il va dire : *bien, ajoute des coupes, ajoute des coupes*. Sauf qu'il y a une limite au nombre de fois où je peux montrer ou essayer de voir quelque chose. » (6A)

Ce faisant, cet acteur (6A) poursuit en argumentant que la portée des maquettes du BIM et les contrats qui découlent de ce contexte sont incompris par la majorité des parties prenantes :

« C'est simplement que les gens ne comprennent pas du tout les fonctions et le cadre contractuel des travaux [...] Je suis obligé de faire des représentations en 2D encore, tant et aussi longtemps que le cadre contractuel ne sera pas actualisé pour permettre la représentation en 3D directement dans les appels d'offres publics » (6A)

Particulièrement, dans le cadre contractuel, les fonctions et l'utilisation du BIM ne sont pas circonscrites en fonction des spécificités et des caractéristiques singulières des disciplines impliquées. L'acteur (6A) exemplifie ses propos en énonçant que si un architecte conçoit un volume, puis qu'un spécialiste en structure modélise les membrures dans une maquette et que ceux-

ci vont en appel d'offres, personne ne questionnera si le volume à construire sera différent de celui illustré dans la maquette. Or, il manifeste qu'en fonction des contrats rédigés sous la Loi de l'ouverture des marchés publics, la conception de l'ingénieur mécanique doit obligatoirement être adaptable à tous les produits du marché. Cela signifie que si un ingénieur mécanique modélise un espace mécanique avec un appareil d'une taille spécifique, il doit permettre à tous les équivalents du marché, qui peuvent avoir des volumétries et des positions de connexion différentes, d'être installés dans ce même espace. Ainsi, dans le contexte actuel, cet acteur (6A) avance que la forme de l'espace mécanique va être complètement différente de la maquette ayant été présentée en appel d'offres, mais que cela est mal compris par les donneurs d'ouvrages.

Tout comme dans les résultats présentés plus haut, cet acteur (6A) exprime qu'il y a des disparités entre les attentes des différentes parties prenantes. Néanmoins, cette fois-ci, cela se reflète dans les demandes contractuelles et les livrables qui en résultent, et plus précisément dans le cas du donneur d'ouvrages qui exige une modélisation de haut niveau précise pour l'ensemble des disciplines, alors que dans certains cas, tel que pour l'ingénierie mécanique, il est impossible de concevoir une maquette fixe où les données n'évolueront pas en fonction des intrants des autres disciplines. Le coordonnateur BIM du projet A (2A) renchérit sur cette problématique en avançant que les maquettes sont fréquemment une source d'enjeux légaux entre les parties prenantes. Entre autres, il souligne que les certifications des maquettes et les usages autorisés dans le BIM ne sont pas clairement spécifiés. À titre comparatif, les fichiers PDF et les plans 2D sont certifiés par les étampes des ingénieurs et peuvent donc servir de documents contractuels, mais les maquettes du BIM sont loin derrière à cet égard. Par exemple, lorsque les maquettes du BIM sont incluses dans des contrats, leur utilisation est considérablement limitée, tel qu'expliqué par le coordonnateur BIM du projet A (2A) :

« Les professionnels te disent : *voici la maquette, elle fait partie de ton contrat, parce que c'est un projet BIM, mais voici les conditions de son utilisation.* Ce qui veut dire, tu peux utiliser la maquette, mais tu ne peux pas l'utiliser pour ci et tu ne peux pas l'utiliser pour ça. C'est comme un manque de confiance envers la maquette et ça peut créer des conflits. » (2A)

Cette dernière citation exemplifie les constats de l'ingénieur patron du projet A (6A), où, du fait des attentes trop élevées l'utilisation du BIM est limitée, car pour certaines disciplines les

maquettes sont évolutives et c'est pour cela que les maquettes du BIM ne peuvent être utilisées contractuellement, tel qu'avancé par un architecte du projet A (4A) :

« L'entrepreneur à-- toujours la responsabilité en ce qui a trait à la validité de la maquette BIM. La maquette est donc donnée simplement comme information, mais tu ne peux pas l'utiliser contractuellement. On l'a montée, on te la donne pour que tu puisses la visualiser, mais on ne peut vraiment rien faire contractuellement avec cette maquette-là. On veut évoluer là-dessus, mais en ce moment, c'est comme ça que ç'a été fait sur ce projet. » (4A)

#### 5.2.2.6 Disparités dans la compréhension des objectifs et des attentes entre les professionnels pour le projet B

Cette disparité au niveau des attentes entre les différents professionnels est aussi vécue dans le projet B. En effet, un ingénieur de ce projet (3B) croit que le manque d'arrimage entre les attentes produit une ambiguïté dans le niveau de détail de modélisation à accomplir par chaque professionnel. Il met de l'avant un exemple où son équipe devait recevoir un plan annoté des intervenants en mécanique avec les requis finaux dans la modélisation, de sorte que l'ingénieur puisse édifier la structure autour de la maquette. Cependant, les professionnels avec qui il collaborait ont cru qu'il était suffisant d'uniquement mettre leurs conditions modélisées, car selon eux toutes les données nécessaires étaient présentes. Dans ce cas, l'ingénieur du projet B (3B) et son équipe ont dû rajouter les conduits de mécanique, le contour de l'architecture et les contre-plaqués afin que la maquette réponde à leurs attentes. Clairement, cet exemple illustre les divergences entre les parties prenantes quant au degré de précision que doit avoir une maquette du BIM :

« Ce sont des attentes où l'on demande de l'information et les autres professionnels peuvent avoir l'impression que l'information est disponible, mais ce n'est pas le cas. Il y a comme un entre-deux à faire quand même je crois. » (3B)

Dans le même ordre d'idée, les attentes et la compréhension des informations divergent entre les acteurs pour des tâches spécifiques, comme ce fut le cas pour la création d'un nuage de points dans le projet B. Ce nuage de point était d'ailleurs réalisé par deux professionnels avec différentes expertises comme le précise le coordinateur BIM de ce projet (2B) :

« Le nuage de points n'était pas fiable. Le géoréférencement pour le nuage n'était pas bon, mais selon l'arpenteur oui. Il y a de quoi qui n'a pas marché. On n'a donc gardé le nuage de point juste pour les mesures relatives, mais on ne pouvait l'utiliser pour tout modéliser au complet. On n'a pas pu l'utiliser comme on le voulait. On a engagé un arpenteur et lui il a fait son travail, puis l'autre personne a fait le nuage de point. Donc, si ça avait été fait par le même professionnel, je pense que ça aurait marché. » (2B)

Questionné sur ce même nuage de point, le chef de projet du projet B (5B) présente une opinion similaire, mais ajoute que les facteurs techniques et la lourdeur des documents ont aussi pesé dans la balance. Il décrit que le nuage de point, qui s'élevait à trois téraoctets, devait s'agencer parfaitement avec le plan de l'arpenteur, qui lui devait relever tous les niveaux du bâtiment. Malencontreusement, rien n'était synchronisé entre ces deux maquettes. Il étaye ensuite que la cause de ce problème est que tous les acteurs concernés se sont perdus dans les enjeux techniques et dans le niveau de précision des maquettes qui n'était pas standardisé. Quant à elle, cette ambiguïté dans le degré de précision des maquettes s'explique par le fait que le professionnel en géoréférencement et l'arpenteur qui ont réalisé ces tâches provenaient d'entreprises différentes, ayant ainsi des pratiques différentes. Enfin, considérant la lourdeur des maquettes, le chef de projet (5B) et son équipe ont dû travailler sur ce problème pendant plusieurs mois. Il admet que si c'était à refaire, il aurait donné le mandat à la même firme.

Cet exemple souligne les obstacles à la collaboration multidisciplinaire entre les parties prenantes provenant de différentes entreprises présentées plus haut. À ce sujet, le coordonnateur BIM principal du projet B (6B) est du même avis que les deux derniers intervenants, mais celui-ci explique plus en détail la cause technique qui a mené à ces nombreux problèmes :

« Souvent on demande à ce que l'arpenteur engage quelqu'un d'autre pour faire le scan 3D, le nuage de point de l'existant. Et c'est ce qui est arrivé dans ce cas-ci, ce n'était pas la même personne. Moi, je l'avais exigé au début. J'ai dit : *faites attention là, il faut que ce soit la même personne* [...] Sur un site, tu vas avoir plusieurs repères et si tu ne prends pas le même repère pour fermer ta forme ou ton plan ou ton scan tu vas avoir des problèmes. Dans ce cas-ci, l'arpenteur qui faisait en 2D, puis celui qui faisait en 3D, n'avaient pas pris le même repère. Quand on l'a positionné, il y avait des endroits où il y avait un bon 30 centimètres de différence. » (6B)

Malgré les nombreux défis et enjeux que la collaboration multidisciplinaire peut engendrer, les projets en mode BIM sont fréquemment réalisés en partenariat réunissant diverses entreprises.

D'ailleurs, le coordonnateur BIM principal du projet B (6B) clarifie que, peu importe le projet, lorsque c'est en mode BIM, c'est réalisé en consortium. Selon lui, il y a une croyance dans le milieu de la construction qu'en rassemblant les forces de plusieurs bureaux d'architectes, ils seront plus compétents ensemble. Il accorde que, certes ils seront potentiellement plus compétents ensemble étant donné leurs expertises complémentaires, mais ceux-ci n'ont jamais travaillé ensemble. En conséquence, ils n'auront pas les mêmes méthodes de travail et les mêmes attentes par rapport aux objectifs.

#### 5.2.2.7 Synthèse de l'effet du BIM sur les relations entre les parties prenantes lors de la conception pour les projets A et B

Sommairement, les résultats antérieurs du terrain de recherche démontrent plusieurs effets de l'utilisation du BIM sur les relations entre les parties prenantes lors de la conception de projet qui sont vécus au sein des deux projets à l'étude. Parmi ceux-ci, on remarque une hiérarchisation et une priorisation des parties prenantes lorsque les disciplines interfèrent entre elles dans les modélisations du BIM. En d'autres termes, certaines disciplines sont soumises aux contraintes des autres disciplines et les professionnels œuvrant dans les premières doivent s'ajuster et répondre en conséquence. Par exemple, si les conduits électriques interfèrent sur la ventilation, ce sont les professionnels de l'électricité qui doivent s'adapter et non l'inverse. Or, si la ventilation empiète sur la structure, ce sont les intervenants en ventilation qui apportent les corrections. Ainsi, il y a une hiérarchie entre les disciplines et celle qui a priorité sur l'autre ne doit pas effectuer de modifications en cas d'interférences. Cette hiérarchie n'est toutefois pas clairement définie et est donc incomprise par certains acteurs.

Néanmoins, tel que soulevé par les intervenants des deux projets, les séances de détection des interférences facilitent la collaboration entre les parties prenantes et encouragent le transfert de connaissances entre celles-ci. De fait, certains professionnels avancent que le BIM favorise la concertation de tous les acteurs impliqués lors de la conception du projet. Ce faisant, grâce à l'utilisation du BIM, les professionnels peuvent se familiariser avec les autres disciplines impliquées dans le projet. L'emploi du BIM a donc permis à des parties prenantes peu expérimentées de mieux comprendre la portée du projet et de suivre la progression de celui-ci. Le BIM permet donc d'améliorer la communication grâce à un transfert de connaissance entre les parties prenantes. Pour en arriver là, il est suggéré qu'une confiance préalable envers le BIM et ses

résultats est nécessaire. Quant à elle, cette confiance est obtenue grâce à des changements dans les pratiques de travail amenant une responsabilisation, l'engagement et la considération des parties prenantes, comme le précise l'intervenant 2A et cela requiert donc de bonnes aptitudes collaboratives et participatives de la part des acteurs impliqués, tel que suggéré par l'acteur 6B.

Toutefois, certains défis rencontrés dans les deux projets ralentissent cette coopération et coordination pluridisciplinaire. Spécifiquement, il y a une incompréhension des objectifs par certaines parties prenantes, de même que par des attentes beaucoup trop élevées en fonction des bénéfices et des résultats souhaités. D'ailleurs, les attentes et la compréhension des informations du BIM divergent entre les acteurs pour des activités précises. Enfin, la création de partenariats et de consortiums pour la réalisation de projet en mode BIM amène son lot d'enjeux légaux et contractuels, de même que des différences entre les pratiques de travail, qui elles aussi influencent les relations entre les parties prenantes lors de la conception de projet.

### 5.2.3 Prise de décision collaborative

Dans cette section, nous présentons les résultats portant sur l'influence du BIM sur la prise de décision collaborative lors de la conception. Pour ce faire, nous commençons par décrire l'aspect de la disponibilité et de la visualisation de l'information. S'enchaînent alors la considération des décisions préventives et la vérification de l'impact des décisions. Nous abordons ensuite les nouvelles décisions apportées par le BIM et nous concluons par une synthèse de cette section.

#### 5.2.3.1 Disponibilité et visualisation de l'information pour le projet A

Dans les deux projets étudiés pour ce mémoire, plusieurs acteurs présentent le BIM comme un outil technologique chamboulant la prise de décision traditionnelle. Cette opinion est partagée par le coordonnateur BIM du projet A (2A) qui atteste que la prise de décision est accélérée grâce à la grande disponibilité de l'information dans les maquettes BIM, surtout comparativement au mode traditionnel en construction. En effet, pour un tel projet, cet acteur avance que la conception peut s'étaler sur une décennie. Avec l'ajout du BIM en conception cela est considérablement réduit, car l'information est déjà présente au début du projet :

« Pour un projet de cette envergure-là, juste la conception, ça peut être six, ça peut être 8 ans, ça peut être jusqu'à dix ans. Après ça tu passes à la conception. Tandis qu'en mode BIM, l'information est déjà là en conception. Tout le monde est là à la même place et on discute de tous les enjeux du projet. » (2A)

Ainsi, le BIM vient ajouter la disponibilité de l'information autour d'une même plateforme accessible par tous les acteurs du projet, qui peuvent collaborer pour émettre des décisions. Selon lui (2A), les décisions qui en résultent sont plus éclairées, car elles sont basées sur des assises informationnelles contextualisées. Il conclut que l'un des aspects ayant une forte influence sur la prise de décision est l'accès à l'information, ce que le BIM vient résoudre et c'est pourquoi les processus décisionnels lors de la conception de projet sont accélérés et améliorés :

« L'information est là. Tout le monde y a accès. Elle est bien classée, bien ordonnée en termes de classification et en termes de temps aussi. Donc, t'arrives puis t'as toute cette information-là de disponible. T'as pas besoin de la chercher. Je pense que la décision va être meilleure et bien éclairée et ça va être un gain de temps. L'information, je pense que c'est le principal enjeu dans la prise de décision et le BIM apporte un meilleur accès à cette information-là. » (2A)

En référence à ce constat, dans le projet A, le BIM fut combiné à des lunettes de réalité virtuelle afin de faciliter la visualisation de l'avancement du projet et ainsi de supporter les décisions à venir. Le gestionnaire de projet du projet A (5A) était particulièrement impressionné par cette juxtaposition technologique. Grâce à celle-ci, il pouvait voir et analyser presque tous les éléments présents dans l'entre plafond d'une pièce, dont la plomberie, les docks et les valves d'isolation pour chacun des tuyaux. En ce sens, il était plus à même de déterminer si elles étaient accessibles ou non par les professionnels de l'entretien. Dans ce cas, cet intervenant présente (5A) que le BIM a permis de discerner certains paramètres défaillants dans l'entre plafonds et de prendre des décisions préventivement en fonction de ces découvertes. En procédant de la sorte, il explique que lui et son équipe ont été en mesure d'aller chercher l'adhésion et de gagner la confiance autant des professionnels de l'entretien que des payeurs, soit le donneur d'ouvrage. D'ailleurs, cet exemple appuie les propos de l'intervenant 6B qui soutenait que la confiance envers la technologie est un facteur influençant l'utilisation du BIM et qui, du même coup, permet d'améliorer et de faciliter la communication entre les parties prenantes.

Questionné sur le même sujet, le spécialiste BIM du projet A (2A), qui était également le coordonnateur pour l'utilisation de ces lunettes, présente tout autant d'engouement que le précédent acteur, mais décrit plus en détail les apports de la combinaison du BIM avec les lunettes de réalité virtuelle :

« Habituellement, tu regardes ça sur une maquette 3D avec un écran d'ordinateur, puis tu tournes autour de la maquette, tu coupes, etc. C'est assez usuel [...] d'où l'appel à la réalité virtuelle [...] ça nous permet d'aller visiter puis d'aller faire une marche dans la maquette, en réalité virtuelle [...] C'est comme si la maquette était construite en réalité avec les bonnes grandeurs. Ça nous permet de prendre des décisions et de valider certains concepts. » (2A)

Le chef de projet du projet A (1A) a également abordé cet aspect de validation de concepts. Effectivement, grâce à la modélisation des composantes d'une chambre d'hôpital les intervenants étaient plus à même de visualiser les travaux à effectuer et ainsi confirmer la viabilité de la conception :

« On fait des tests en conception. On a validé des choses, faisabilités. On avait des enjeux de hauteur libre énormes. On a testé une chambre d'hôpital typique, on l'a modélisé dès le préliminaire pour voir si ça marche. Donc ça a servi de validation. » (1A)

Similairement, un architecte du projet A (4A) croit que la visualisation de l'information est une forte valeur ajoutée en conception de projet de construction, puisque les professionnels peuvent déceler beaucoup plus rapidement si leurs travaux respectifs vont interférer entre eux. Selon lui, le BIM est un visuel commun permettant de représenter graphiquement l'information du bâtiment et accélérer la résolution d'interférences ou simplement d'attester qu'il n'y a pas d'interférences.

« Le BIM est venu aider à confirmer, visualiser la conception qu'on a fait [...] C'est venu mettre en image que ça fonctionne et qu'on allait respecter l'objectif des hauteurs de plafond. » (4A)

#### 5.2.3.2 Disponibilité et visualisation de l'information pour le projet B

L'accélération de la prise de décision grâce à la visualisation des données fut aussi constatée dans le projet B. D'ailleurs, un ingénieur du projet B (1B) est de cet avis et il ajoute que le BIM permet également de prendre des décisions sur des aspects inconsiderés auparavant :

« Ça nous permet de déceler les éléments pour lesquels il faut prendre des décisions. Donc, on peut acquérir les informations et dès qu'on est au courant, ou qu'on met le doigt sur un élément à traiter, on le fait et on peut être rapide. » (1B)

L'accélération dans la prise de décision est aussi perçue par le représentant du client pour le projet B (4B). Cet intervenant nuance que les décisions sont aussi prises plus tôt lors de la conception, puisque le BIM décèle les problèmes au niveau de la conception et les acteurs sont alors en mesure de devancer la prise de décision dans le processus de résolution des problèmes. Ce faisant, en fin de parcours, le représentant du client pour le projet B (4B) estime qu'il n'y a pas d'enjeux inaperçus qui surviennent. De plus, il ajoute que le support visuel qu'amène le BIM facilite la prise de décision :

« On n'a pas à naviguer puis trouver nous-même où chercher, on nous envoie des extraits de maquettes et on le voit bien là, l'encombrement du plafond à tel endroit, par exemple. Donc, s'il y a un problème, c'est facile, on comprend, et lets go on passe au plan B. Je pense que c'est ça : ça facilite beaucoup la prise de décision pour la phase de conception. » (4B)

Par rapport à cet aspect de visualisation des informations avec le client, le chef de projet du projet B (5B) estime que c'est un point fort de l'utilisation du BIM. Effectivement, il est d'avis que d'avoir présenté visuellement l'avancement du projet aux acteurs concernés a permis de confirmer que la nouvelle stratégie qui a été mise en place au niveau électromécanique afin de répondre aux besoins en hauteur libre respectait les exigences du client. Donc, dans son exemple le BIM assure la validation de plusieurs aspects et décisions :

« Ça été un très bon coup, pour le visualiser, pour voir si ça fonctionne ces éléments-là, pour confirmer visuellement. Autant pour nous, pour nous rassurer, mais autant également pour le client, voir ce nouveau fonctionnement-là [...] Il a été capable de voir cette nouvelle conception, puis de donner son accord en amont, qu'effectivement il va être prêt et que oui il est d'accord pour opérer ça. » (5B)

### 5.2.3.3 Décisions préventives et vérifications de l'impact des décisions pour le projet A

Selon les résultats, on perçoit qu'en plus d'accélérer la prise de décision grâce à la visualisation des informations, le BIM permet, d'une part, de prendre des décisions préventives avec les parties prenantes concernées, et que, d'autre part il sert à valider des concepts et des décisions lors de la conception de projet. Par conséquent, les problèmes sont ciblés et adressés hâtivement, comme

suggéré par un architecte du projet A (3A) qui énonce que l'effet le plus probant du BIM sur la prise de décision est que les défaillances sont ciblées d'avance. D'après lui, il est beaucoup plus avantageux de décider virtuellement, en amont, sur la maquette que sur le chantier, puisque cela nécessite énormément moins de temps, de ressources et d'efforts.

Plus précisément, l'ingénieur patron du projet A (6A) relève que les problèmes et défaillances mentionnés plus haut sont souvent assujettis à des décisions de choix go/no-go ou oui/non, tels qu'abaisser le plafond ou déplacer les équipements. Selon son expérience, la démonstration d'une visualisation en 3D assure la sélection du choix optimal, car le BIM peut valider la conformité de la décision en vérifiant et comparant les impacts des différents choix. En d'autres termes, avec le BIM, les parties prenantes peuvent trouver et analyser en amont des problématiques afin de les résoudre rapidement avec des correctifs appropriés aux circonstances :

« Les effets du BIM sur la prise de décision, c'est que ça va permettre en avance de constater l'état des situations, puis de leur apporter des solutions correctives. » (6A)

Pareillement à l'acteur précédent, le chef de projet du projet A (1A) met en évidence les bienfaits du BIM au niveau de la validation et de la vérification des décisions. Celui-ci étaye que les décisions étant validées par le BIM permettent d'optimiser l'espace, ainsi que l'emploi des ressources matérielles occupant cet espace. Il exprime que le résultat final se traduit par des installations plus cohérentes et avec des accès plus appropriés, grâce à une amélioration au niveau de l'utilisation des espaces disponibles :

« L'un des gros avantages du BIM, c'est qu'on peut réussir à rentrer des éléments d'une bonne façon et dans une bonne séquence dans des endroits extrêmement serrés [...] La qualité va être là au bout du compte. » (1A)

De ce fait, le gestionnaire de projet du A (5A) suggère que cet aspect de validation assure l'arrimage des intérêts de tout un chacun. En effet, il présente que le travail collaboratif sur les maquettes BIM encourage les discussions entre les professionnels, car ils sont en mesure de planifier et vérifier conjointement leurs besoins en espace en fonction de leurs installations respectives. Donc, selon lui, de par la vérification de la conformité des décisions, celles-ci prennent en compte les spécificités de chacune des disciplines impliquées, réduisant du même coup les risques associés à ces décisions. En somme, un architecte du projet A (4A) résume que le BIM donne lieu à une

confirmation visuelle de la convenance ou de la disconvenance d'une décision, de sorte que les modifications nécessaires peuvent être apportées préventivement, tout en s'assurant que ces dernières modifications sont convenables :

« Les maquettes du BIM permettent vraiment de vérifier jusqu'au bout : *est-ce que je peux vraiment bouger cet élément-là comme je voulais le poser ? Qu'est-ce que je peux faire si je n'y arrive pas ?* [...] Donc, ça vérifie que, effectivement, on peut placer ou bouger cet élément-là sans créer d'interférence. On s'assure qu'en corrigeant cette interférence-là on ne créera pas d'autres interférences. » (4A)

#### 5.2.3.4 Décisions préventives et vérifications de l'impact des décisions pour le projet B

En ce qui concerne le projet B, le ciblage préventif de problèmes appuyé et la vérification des décisions grâce BIM ne se fait pas qu'au niveau des enjeux pour les décisions techniques, mais aussi pour déterminer l'impact que certaines décisions peuvent avoir sur les parties prenantes. C'est d'ailleurs ce qu'évoque un ingénieur du projet B (3B) :

« Le BIM nous aide avant qu'on vienne proposer un changement aux autres professionnels. Ça nous permet de venir faire une première vérification pour voir si cette décision ou ce changement-là va impliquer des choses trop importantes de leur côté. » (3B)

Le BIM assure alors une vérification de l'impact des décisions, que ce soit au niveau des spécificités techniques du projet ou au niveau des ajustements requis pour les acteurs face à ces décisions. Le coordonnateur BIM principal du projet B (6B) amène cette fonctionnalité de vérification des décisions du BIM un peu plus loin :

« Je peux dire qu'en général le BIM a aidé à prendre des décisions. Pourquoi ? Parce qu'il y a une double vérification, de voir si tout ce qu'on a de besoin est là, est-ce que l'information elle est bonne ? Ça permet un contrôle de qualité, autant des quantités, du contrôle de qualité graphique et du contrôle qualité au niveau des liens avec le devis. Ce qu'on spécifie dans le devis, c'est avec des numéros et ces numéros-là se retrouvent dans des jeux de plans. Il faut que ça concorde les deux ensembles. Donc, il y a une manière de faire parler les deux, de faire concorder les deux. Tout ça fait en sorte qu'on peut prendre les meilleures décisions. » (6B)

Pour continuer sur cet aspect de la vérification, le chef de projet du projet B (5B) présente un exemple où le BIM fut utilisé pour valider l'avancement du projet et prévoir les ajustements en fonction des interférences détectées par l'outil. Ce dernier détaille que pour ce projet, il est demandé d'intégrer un nouveau bâtiment sur un immeuble construit il y a environ un siècle; n'étant pas ventilé et giclé comme le bâtiment plus récent. Nécessairement, ces nouvelles conceptions nécessitent beaucoup d'entre-plafonds afin que les services mécaniques, les tuyaux et les conduits puissent passer. Pour le chef de projet, cela représente un enjeu d'envergure, car l'ancien bâtiment a des entre-plafonds restreints et donc peu de place pour les systèmes électromécaniques modernes. En ce sens, il devait décider s'il accordait plus de place dans les entre-plafonds ou non. Avec l'aide du BIM, son équipe et lui ont réussi à modéliser les deux bâtiments et d'illustrer virtuellement que l'aménagement actuel allait être trop étroit pour les besoins en électromécanique et ainsi prendre une décision éclairée. Pour renforcer ses derniers propos, le chef de projet du projet B (5B) présente un autre exemple de l'utilisation du BIM où l'outil fut employé pour comprendre les directions du soleil et les points d'entrée de l'enseillement afin d'optimiser l'efficacité énergétique en plaçant les fenêtres et le vitrage aux endroits idéaux. Il résume l'apport du BIM dans ses exemples ainsi :

« Ça nous a aidés à le visualiser puis à prendre une décision. Donc, je pense que le BIM ça influence positivement la prise de décision, ça donne une longueur d'avance, je pense que ça donne plus d'arguments et ça permet de comprendre un petit peu plus les impacts des décisions [...] Ça nous a aidés à prendre des décisions sur où est-ce qu'on met les fenêtres, où est-ce qu'on met le vitrage, pour améliorer l'efficacité énergétique. » (5B)

De même, un ingénieur du projet B (1B) enchaîne en soutenant que les résultats affichés dans les maquettes du BIM sont tangibles et particulièrement fiables, puisqu'ils sont démontrables et testables. Donc, selon lui, lorsqu'il y a une décision à prendre ou que des problèmes surviennent, le BIM appuie ce processus en vérifiant que les choix proposés sont viables et réalisables :

« Le BIM fait que ça devient concret. Si on a des interférences, on n'est plus dans des théories ou des hypothèses, là c'est clair que ça ne marche pas [...] Puis si on veut trouver une solution alternative, c'est certain que le BIM va aider. » (1B)

On remarque que l'impact positif de la visualisation des informations par le BIM et de la validation subséquente est partagé par plusieurs parties prenantes œuvrant dans les deux projets. Enfin, l'utilisation du BIM lors de la conception de projet de construction permet de prendre des décisions

plus rapidement et ces décisions sont aussi prises plus tôt dans le projet. Cet accroissement dans la rapidité décisionnelle est le fruit de la grande disponibilité de l'information dans les maquettes du BIM. D'ailleurs, la visualisation de toute cette information facilite la détection hâtive de problèmes et favorise du même coup leur résolution anticipée. Puis, lorsque des décisions sont prises par rapport à ces enjeux, recourir aux modèles du BIM donne lieu à une vérification et une validation de la conformité de celles-ci. Bref, le coordonnateur BIM du projet B (6B) synthétise tous ces constats :

« Je dirais que le BIM vient résoudre les problèmes décisionnels. Il y a beaucoup de partage et ça se fait beaucoup plus facilement. Avoir un 3D des maquettes des ingénieurs, moi je trouve ça magique. C'est pratiquement avoir en temps réel les maquettes qui nous sont envoyées. On peut voir tout de suite si ça ne marche pas, on appelle ou on envoie un courriel directement. J'aime beaucoup ça et je trouve que les usagers aussi et mon équipe on aime ça. » (6B)

#### 5.2.3.5 Différents niveaux de compréhension des informations du BIM pour le projet A

Toujours est-il que malgré ces aspects positifs l'utilisation du BIM amène certains enjeux relatifs à la prise de décision lors de la conception de projet. Par exemple, puisque dans les projets en mode BIM la portée de la conception est accrue, certaines parties prenantes doivent s'ajuster, comme le précise un architecte du projet A (4A). Selon lui, il est évident que l'accroissement de la portée en conception provoque de nouveaux types de décisions pour certains professionnels et que dorénavant ils sont obligés de les prendre ou d'en tenir compte, ce qui les déstabilise. En fait, il soutient que plusieurs de ces intervenants ne sont pas équipés adéquatement pour prendre ces décisions, car ils n'ont pas l'habitude de travailler avec les divers outils et fonctionnalités du BIM ou n'ont tout simplement pas reçu une formation adéquate.

Au niveau de ce manque de formation, l'ingénieur patron du projet A (6A) croit que cet enjeu engendre un déséquilibre quant à la compréhension des informations envers certaines activités entreprises par les professionnels concernés. Effectivement, en référence aux dessinateurs, présentés dans la première section des résultats et qui peinent à suivre le transfert de la 2D à la 3D, ceux-ci ont dorénavant besoin de considérer davantage de spécificités et d'analyser de nouvelles formes d'informations afin de réaliser les tâches relatives à leur corps de métier. Conséquemment,

l'ingénieur patron du projet A (6A) avance le degré de compréhension envers les informations contenues dans les maquettes BIM fluctue selon les acteurs impliqués.

Le gestionnaire de projet du projet A (5A) perçoit aussi cet enjeu en précisant que cela se répercute dans les décisions d'approbation et de validation par les utilisateurs finaux du bâtiment :

« Ce n'est pas tout le monde qui est habilité en lecture de plan 3D. Le médecin, je ne suis pas capable de faire son job et il n'est pas capable de faire le mien. Donc, quand il regarde une maquette en 3D et qu'on lui demande : *Approuves-ça, es-tu d'accord ?* Puis là, après ça, c'est bien fréquent qu'on se fasse dire : *ah bien, je n'avais pas compris. Ce n'était pas ça que je voulais.* » (5A)

En ce sens, que ce soit pour les professionnels de la construction ou les utilisateurs finaux du bâtiment, le degré de compréhension envers les informations partagées par les maquettes du BIM diffère entre tous ces acteurs et cela dépend de leurs connaissances et compétences face à la technologie. C'est d'ailleurs ce que suggère le gestionnaire de projet du projet A (5A). D'après lui, le virage numérique dans le milieu de la construction a créé un débalancement entre les intervenants, car ceux-ci ne sont pas tous au même niveau dans la courbe d'apprentissage. Il croit que cela cause une asymétrie de la perception entre les plus grosses firmes et les plus petits joueurs. Dans cette étude de cas, cela se traduit par certains intervenants qui commencent tout juste à utiliser la modélisation 3D et qui ont de la difficulté à suivre les autres professionnels étant plus habitués, comme suggéré par un architecte du projet A (4A) :

« Il y a des disciplines qui n'ont jamais eu besoin de dessiner en 3D puis là on leur demande de dessiner ça, mais ça a tout le temps été schématique [...] pour eux, c'est sûr et certain que c'est nouveau. Donc, pour eux l'enjeu c'est de décider comment dessiner tout ça. Il y a certaines disciplines qui se portent moins bien à ce 3D et au BIM en général. » (4A)

Suivant l'aspect des disciplines moins adaptées à l'utilisation du BIM, le chef de projet du projet A (1A) se questionne à savoir s'il y a réellement un bénéfice au recours à cette technologie pour tous les champs d'expertise. Il propose l'exemple des entreprises en métaux ouvrés architecturaux qui ne sont tout simplement pas structurées pour générer ou travailler dans une maquette BIM. Cet acteur (1A) conçoit donc que le niveau d'expertise envers l'utilisation varie entre les parties prenantes et leurs disciplines associées.

Or, le coordonnateur BIM du projet A (2A) explique qu'il est dans ses responsabilités de pallier cette problématique des différents niveaux de connaissances vis-à-vis le BIM entre les parties prenantes et qu'il y a un désir exprimer par tout un chacun d'être le plus transparent possible :

« Normalement, on doit assister à un phénomène où tout le monde comprend, parce qu'on vient apporter plus d'informations. Mais c'est sûr qu'il y a d'autres gens qui ne sont pas très avancés dans le processus et qui vont avoir un petit peu plus de mal à comprendre les décisions et les informations [...] C'est notre rôle aussi, on essaye toujours de clarifier, d'apporter le maximum de clarification. Il y a une volonté de transparence envers les intervenants qui ne comprennent pas, on va les aider à comprendre. » (2A)

#### 5.2.3.6 Différents niveaux de compréhension des informations du BIM pour le projet B

Concernant les enjeux décisionnels soulevés dans le projet B, le coordonnateur BIM du projet B (2B) est d'avis que certains professionnels n'ont pas les acquis pour utiliser ou comprendre les fonctionnalités du BIM. Ainsi, il estime qu'il y a une défaillance au niveau des formations, car il remarque que, même après les formations, les connaissances restent insuffisantes. Il justifie ces manquements par le fait que le BIM est un outil particulièrement complexe et difficile à maîtriser. Tout de même, celui-ci est persuadé que la compréhension commune de l'outil technologique est essentielle pour la collaboration et le partage d'information, mais il a constaté l'inverse :

« Pour prendre des décisions en fonction des maquettes du BIM, il faut bien connaître l'outil de travail bien sûr. J'ai trouvé que ce n'était pas le cas pour la majorité des usagers. Ils ne connaissaient pas Revit. Des fois, ils n'avaient même pas ouvert le Revit avant de commencer à travailler. Donc, il y a beaucoup de formation qui manque. Dans notre cas c'est Revit, mais le BIM, en général, ça prend énormément de connaissances même pour faire un projet très de base. » (2B)

De surcroit, un ingénieur du projet B (3B) argumente que les différents degrés de compréhension entre les professionnels engendrent des enjeux à surmonter lorsqu'il faut communiquer et coordonner différents acteurs pour la réalisation d'une activité :

« La compréhension envers le BIM ça varie quand même d'une personne à l'autre. Puis c'est sûr aussi que ça dépend si c'est leur projet BIM ou pas. Donc, c'est sûr que d'un professionnel à l'autre ce n'est pas le même niveau de compréhension [...] Il faut qu'on finisse par se reparler pour comprendre la même chose. Il faut s'entendre sur c'est quoi

le degré d'information que chacun a besoin en fonction de ce qui est disponible et ensuite statuer. » (3B)

Nécessairement, cette difficulté à comprendre les informations visualisées dans les maquettes du BIM est un enjeu qui est aussi vécu par les parties prenantes n'œuvrant pas dans le milieu de la construction, tel qu'expliqué par le chef de projet du projet B (5B) :

« Pour le projet, on doit construire 144 chambres. Je me disais innocemment : *On va faire une chambre en BIM, comme modéliser une chambre avec Revit puis la faire approuver par tout le monde, soit les infirmières, les préposés aux bénéficiaires, les docteurs.* Par contre, ce n'est vraiment pas parlant pour un clinicien de voir une chambre sur un modèle BIM ou Revit, ça ne lui disait rien. » (5B)

Sur ce sujet, le représentant du client du projet B (4B) est d'avis que les professionnels de la construction et les spécialistes du BIM offrent l'aide nécessaire pour que le client et les utilisateurs finaux du bâtiment saisissent les tenants et les aboutissants des maquettes du BIM. Ce dernier perçoit une bonne collaboration entre les acteurs, car il est fréquemment consulté et cela illustre le désir de transparence qui est partagé au sein des professionnels. Il précise également que le client est accompagné dans la lecture des maquettes et que les erreurs sont décelées et résolues collaborativement et proactivement. Ce cheminement vers une compréhension commune des informations contenues dans les modélisations du BIM est adéquatement décrit par un ingénieur du projet B (1B) :

« Toute la nomenclature du BIM, tout le figolage, ça vient beaucoup alourdir le processus, parce que ce n'est pas tous les intervenants qui comprennent l'information. Ça demande évidemment un effort de compréhension de tout le monde. Par exemple, si le chargé de projet assiste aux réunions plus en haut lieu, bien lui il revient avec son équipe et il faut qu'il verbalise l'information. Il faut qu'il l'explique aussi pour qu'il y aille la transmission de cette information dans l'équipe. Puis là c'est surtout comment ça se fait ? Qui comprend ? Encore là, il y a tout un aspect de communication puis de compréhension de la chose. Nous aussi on l'a vu, quand je parle avec des intervenants ou des gestionnaires, coordonnateurs, dessinateurs BIM, le niveau de maturité ou d'expertise est bien différent. Des fois on coordonne avec un architecte, puis wow, on voit qu'il est habitué. Sauf, qu'il faut qu'il soit indulgent aussi. Cette personne-là elle doit pouvoir déceler notre incompréhension et si besoin nous aider soit à rattraper ou à embarquer dans le processus correctement, et vice versa. (1B) »

### 5.2.3.7 Synthèse de l'impact du BIM sur la prise de décision lors de la conception pour les projets A et B

Pour récapituler, les résultats de cette sous-section sont très similaires pour les deux projets étudiés. En effet, on remarque l'utilisation du BIM lors de la conception de projet de construction permet de prendre des décisions plus rapidement et ces décisions sont aussi prises plus tôt dans le projet. Cet accroissement dans la rapidité décisionnelle est le fruit de la grande disponibilité de l'information dans les maquettes du BIM. D'ailleurs, la visualisation de toute cette information facilite la détection hâtive de problèmes et favorise du même coup leur résolution anticipée. Puis, lorsque des décisions sont prises par rapport à ces enjeux, recourir aux modèles du BIM donne lieu à une vérification et une validation de la conformité de celles-ci.

En revanche, certains aspects plus négatifs ont été soulevés dans les deux projets. Par exemple, les demandes plus élevées au niveau du degré de conception pour certaines parties prenantes provoquent la création de nouvelles décisions à prendre pour celles-ci. Puis, dû au manque de formation, plusieurs de ces professionnels ne sont pas équipés pour prendre ces nouvelles décisions. Ce manque de formation cause alors différents niveaux de compréhension entre les acteurs envers les maquettes du BIM, que ce soit au niveau des intervenants en construction ou pour les utilisateurs finaux du bâtiment. En outre, il y a une volonté de transparence et de partage des connaissances entre les parties prenantes, ce qui atténue les effets du manque de compréhension, de connaissances et de formation touchant certains professionnels.

## CHAPITRE 6 - DISCUSSION

Dans ce chapitre nous analysons et discutons les résultats issus de notre question de recherche. Pour y arriver, nous utilisons la revue de littérature qui nous a permis de délimiter théoriquement le présent mémoire. Afin de répondre à notre problématique de manière structurée, nous suivons l'ordre de présentation des résultats, puisque cet ordre nous permet d'aborder chacun des éléments et concepts présents dans notre question de recherche. De cette manière, nous synthétisons chacun de ces éléments en une réponse à notre question de recherche, tout en établissant des liens avec les assises théoriques présentées antérieurement. À titre de rappel, l'analyse de nos résultats et la conclusion qui en découlent sont imbriquées dans les sciences sociales informatiques, soit notre cadre conceptuel. Nous commençons donc par analyser les résultats portant sur l'influence du BIM lors de la conception de projet. Puis nous analysons ceux relatifs aux relations entre les parties prenantes et nous terminons avec la prise de décision collaborative.

## 6.1 L'influence de l'utilisation du BIM sur la conception de projet

L'objectif visé par cette recherche est de comprendre l'influence de l'utilisation BIM sur la prise de décision collaborative et la gestion des parties prenantes lors de la conception de projets de construction. Dans cette section, nous traiterons la première partie des résultats, soit de l'influence de l'utilisation du BIM sur la phase de conception au travers de trois sous-sections : la multidisciplinarité lors de la conception, la redéfinition de responsabilités et le temps accordé à cette étape d'envergure.

### 6.1.1 Multidisciplinarité lors de la conception

D'emblée, on perçoit que, pour le projet A, la conjugaison multidisciplinaire lors de la conception se fait graduellement, puisque plusieurs professionnels arrivent à différents moments du projet, ce qui exprime un parallèle avec les sciences sociales informatiques, où l'on avance que le contexte d'un projet ou d'une organisation évolue selon les interrelations changeantes entre les parties prenantes, ce qui requiert une forte coordination et l'exploration des multiples perspectives présentes dans le projet (Chang, Kauffman et Kwon, 2014). Ce même contexte est observé dans le projet B. Effectivement, l'acteur 3B notifiait qu'il a une dichotomie entre les professionnels impliqués lors de la conception et ceux mettant en œuvre les travaux. Il recommandait d'ailleurs une plus grande implication des professionnels de la construction lors de la conception du projet afin de réduire la division des ressources entre ces deux phases.

La discontinuité entre les maquettes du BIM modélisées lors de la conception et celles utilisées lors de la construction du projet explique en partie cette dichotomie entre les acteurs impliqués dans ces deux phases respectives. À cet égard, Janssen, van der Voort et Wahyudi (2017) avancent que, pour une utilisation optimale des mégadonnées, les parties prenantes doivent saisir les tenants et les aboutissants entourant la transformation de ces données en informations utilisables. Par contre, dans les deux projets, il y a une disjonction entre les professionnels modélisant les maquettes de conception et ceux modélisant les maquettes de construction. Donc, du fait de l'utilisation du BIM, les entreprises sont soumises à une réorganisation de leur mode de fonctionnement en ce qui a trait à l'enchaînement des livrables entre les différentes phases du projet, et ce en commençant par la conception (Janssen, van der Voort et Wahyudi, 2017). Cette

réorganisation met en évidence les fondements du cycle de vie d'un projet édifié par Rolstadas et ses collègues (2015) qui démontre que les entreprises adoptant des pratiques facilitant la transmission des livrables d'une phase à l'autre d'un projet ou d'un produit sont plus à même de créer de la valeur en fonction de la progression de celui-ci.

Puis, on constate que, pour ces deux projets la phase de conception est particulièrement importante, puisque les maquettes du BIM sont résultantes de la collaboration préliminaire des acteurs impliqués lors de cette phase. La coordination et la collaboration entre les parties prenantes doivent donc être orchestrées convenablement afin que la modélisation des données du bâtiment soit conforme aux exigences et besoins exprimés. Ainsi, pendant la conception, le rôle du gestionnaire de projet gagne en importance, car ce dernier doit évaluer l'impact des parties prenantes sur le projet et engager celles-ci dans les divers processus de collaboration (Yang et al, 2011). De ce fait, Morris (2013a) soutient que la gestion de projet doit prioritairement cibler la phase de conception et non l'exécution du projet. L'utilisation du BIM met en lumière cette proposition, car la portée et l'envergure de la conception sont accentuées par les différentes étapes menant à la modélisation des données du bâtiment, qui est réalisé selon une conjugaison multidisciplinaire, tel que précisé par plusieurs acteurs.

Pour revenir sur l'aspect de multidisciplinarité, Shi et collègues (2020) proposent que la dimension sociale de la complexité décisionnelle a le plus d'impacts lors de la conception de projet, car le traitement des différentes exigences et préférences des parties prenantes est une tâche cruciale pour la réussite du projet. Grâce à la modélisation sur une plateforme commune et partagée des conditions de réalisation des activités selon les disciplines impliquées, le BIM réduit cette dimension, puisque l'arrimage des exigences et préférences des parties prenantes est facilité. Pourtant, on remarque que cet aspect de la technologie n'est pas encore utilisé à son plein potentiel, puisque plusieurs acteurs n'interviennent pas lors de la conception, mais ont tout de même d'importantes responsabilités pendant la mise en chantier. En référence au cadre de Janssen, van der Voort et Wahyudi (2017), la modélisation des données dans une maquette BIM durant la conception représente les étapes de collecte et d'analyse de données. Les chercheurs stipulent que la réussite de ces étapes est, entre autres, le fruit d'une étroite collaboration et implication d'une multiplicité de parties prenantes. Ce faisant, pour les deux projets étudiés, en impliquant tous les acteurs pertinents et en structurant le processus de modélisation avec ceux-ci lors de la conception

de projet, les effets provenant de la dimension sociale de la complexité décisionnelle diminueraient encore plus. Bref, cela concorde avec les sciences sociales informatiques où l'on propose que la coordination en amont des professionnels issus de disciplines variées permette de réduire les enjeux et défis découlant de la collaboration multidisciplinaire (Chang, Kauffman et Kwon, 2014).

### 6.1.2 Ajout ou redéfinition des rôles et responsabilités lors de la conception

Subséquentement, selon les résultats du projet A, on décèle un accroissement dans la portée de la conception qui s'illustre notamment par la redéfinition et/ou l'ajout de responsabilités pour certains professionnels, tel que décrit antérieurement par Sebastian (2011). Cette plus grande attention apportée à la phase de conception et les parties prenantes participant à celle-ci, causées par l'utilisation du BIM, exemplifie le modèle de cycle de vie d'un projet développé par Cha, Newman et Winch (2018) qui circonscrit le projet dans son contexte en distinguant les principaux acteurs concernés.

Toutefois, tel que soulignés par certains acteurs du projet A, des intervenants peinent à suivre la redéfinition de leurs rôles, qui est imposée par l'augmentation de la portée de la conception du projet. Par exemple, dû au déplacement de la courbe d'effort de la réalisation vers la conception, il est requis de ceux-ci de maîtriser davantage de technicité, ainsi que de traiter et comprendre plus d'informations. Conséquemment, plusieurs disciplines s'adaptent moins bien que les autres aux changements causés par l'utilisation du BIM lors de la conception. C'est exactement ce que relatent Forsythe, Sankaran et Biesenthal (2015) dans leur étude. Selon eux, pour que le BIM fonctionne en pratique, il est requis que tous les acteurs concernés aient un niveau de capacité technique et d'engagement suffisamment élevé. Néanmoins, les chercheurs ont démontré que la modification des rôles et l'adaptation résultante se traduisent par un manque de connaissance envers le BIM. Il est alors possible que cette faible connaissance envers les nouveaux rôles et responsabilités entraîne des embûches pour la coordination des activités lors de la conception de projet (Sebastian, 2011) et c'est précisément ce que décrivent les intervenants du projet A. En référence, au modèle de notre cadre conceptuel, ce constat illustre les relations dynamiques et évolutives qu'entretiennent les parties prenantes avec le BIM lors de la conception de projet, démontrant ainsi que ces projets sont positionnés dans les sciences sociales informatiques.

Pour faire suite à cette observation, l'emploi du BIM influence les organisations à redéfinir leurs processus de collaboration afin de concevoir le projet, ainsi que leurs pratiques de conception de projet, ce qui modifie également la manière dont la conception est gérée (Forsythe, Sankaran et Biesenthal, 2015). Autrement dit, la modification des rôles chez certains professionnels occasionne de multiples changements dans les approches en gestion de projet et, pour y répondre, les entreprises doivent, entre autres, adapter leur culture organisationnelle, tel que suggéré par Forsythe, Sankaran et Biesenthal (2015). De fait, en référence à l'affirmation de Wang et al (2016), cette adaptation de la culture organisationnelle est un processus que l'on peut considérer comme un *mégadéfi* causé par l'utilisation des mégadonnées. En somme, les résultats du projet A illustrent bien les propos des Zhang et ses collaborateurs (2020) qui articulent que le contexte, l'environnement, les relations et les interactions au sein des projets encrés dans les sciences sociales informatiques évoluent au fil du temps et que la modélisation des mégadonnées du projet permet de représenter instant par instant l'évolution de ces aspects, mais ils précisent que cela requiert la coordination et la collaboration de tous les professionnels concernés. Ceci est d'ailleurs en cohérence avec notre cadre conceptuel, d'autant plus que telles observations furent mobilisées dans la revue de littérature, ce qui souligne encore une fois que la conception de ces projets s'inscrit dans le contexte des sciences sociales informatiques.

Concernant le projet B, le transfert de responsabilité est également perçu par plusieurs intervenants. Néanmoins, deux de ceux-ci (1B et 6B) perçoivent positivement cette externalité de l'utilisation du BIM lors de la conception de projet. En effet, ils croient que le BIM appuie et simplifie la résolution de problèmes lors de la conception en fonctionnant comme un outil communicatif et collaboratif grâce à l'agrégation et à la visualisation des données du bâtiment. Dès lors, en amont, il est possible pour les professionnels d'entrevoir les interférences entre les différentes disciplines et de les résoudre de manière collaborative. Cette observation était prévisible, puisque nous l'avons détaillée dans la revue de littérature avec, entre autres, les recherches de Zanni, Ruikar et Soetanto (2020), de Kim et ses collègues (2015), ainsi que de Lu, Lai et Tse (2019). Puis, les intervenants soutiennent que, du même coup, les problèmes lors de la construction sont beaucoup moins nombreux, puisque lors de la conception, les divers professionnels impliqués ont accès à davantage d'informations et cet accès est facilité et accéléré. Conséquemment, ils peuvent porter leur attention

et leur temps sur des tâches ayant une plus grande valeur ajoutée, réduisant ainsi les accros lors de la construction.

À cet effet, les propos de l'acteur 6B révèlent un parallèle avec les outils d'IA qui synthétisent de grands ensembles de données afin de produire des informations analysables pour les acteurs humains (Tredinnick, 2017). Effectivement, le traitement de ces ensembles de mégadonnées engendre un gain en productivité considérable, puisque l'agrégation et la représentation des données sont réalisées par l'outil, ce qui permet aux professionnels d'assimiler plus d'informations et de réagir en fonction de celles-ci (Devenport, 2019). Semblablement, que ce soit avec le BIM ou les algorithmes d'IA, l'affichage visuel des mégadonnées abrège l'identification de problèmes et les intervenants humains peuvent alors recourir à leur jugement pour les solutionner (Ezer et al. 2019; Williams, Ferdinand et Croft, 2014).

Ainsi, malgré la redéfinition des activités et les contraintes temporelles, certaines ressources sont libérées des tâches générant moins de valeur afin de se concentrer sur des activités plus productives. Dans le cas présent, l'utilisation du BIM se traduit par une conception de projet potentiellement accomplie plus efficacement grâce au ciblage et à la solution des interférences entre les diverses disciplines et leurs professionnels avant que la construction ne débute. Cela est d'ailleurs présenté dans la recherche de Pan et Zhang (2021), où les auteurs concluent que le BIM assure une visualisation intégrale du processus de conception et de construction du bâtiment. Avec cette représentation visuelle, les acteurs prennent rapidement des décisions basées sur les données des maquettes, ce qui améliore le flux des activités de travail et l'alignement du personnel, tout en permettant de s'ajuster en fonction des nouvelles données captées en temps réel afin de livrer une conception du bâtiment avec le moins d'interférence possible (Pan et Zhang, 2021).

Le contraste entre les observations des acteurs du projet A et du projet B s'explique notamment par les différences dans les responsabilités des personnes interviewées. D'une part, l'ingénieur patron (6A), le chef de projet (1A) et le gestionnaire de projet (5A) ont des rôles transverses de coordination et d'arrimage, ce qui signifie qu'ils collaborent avec une multitude de professionnels issue d'un large éventail de disciplines. Donc, ils sont plus à même de remarquer les effets du BIM, positifs et négatifs, sur les autres parties prenantes. D'autre part, l'ingénieur 1B est responsable des plans d'ingénierie électrique. Bien qu'il participe aux rencontres statutaires, il est moins porté à

échanger avec les professionnels vivant des ramifications majeures dans leurs responsabilités, dont les dessinateurs, les responsables de l'entretien et les spécialistes en ventilation. Quant à lui, le coordonnateur principal du projet B (6B) supporte les usagers en ce qui concerne l'utilisation des maquettes BIM. Il est alors bien placé pour percevoir les effets réels du BIM. Plus précisément, en ayant une vision plus large de l'utilisation de BIM, il est en mesure de cerner que les conséquences potentiellement négatives du BIM sont en fait bénéfiques sur le long terme, car cela permet d'accroître la productivité et le degré de précision de la conception du projet.

Ces disparités dans les perceptions des acteurs envers la technologie sont un phénomène commun observé dans les sciences sociales informatiques (Zhang et al, 2020). En effet, de nouvelles perspectives et perceptions sont apparues à la suite de l'évolution des cultures organisationnelles afin de comprendre et d'entreprendre les activités requérant l'utilisation de mégadonnées (Chang, Kauffman et Kwon, 2014). Notamment, le rôle de coordonnateur BIM, qui est de faciliter l'engagement et la compréhension des intervenants dans le processus BIM, peut être considéré comme un nouvel emploi issu de l'adaptation organisationnelle et puisque cette évolution n'a pas le même impact sur tous les métiers, les perceptions entre les ressources fluctuent (Chang, Kauffman et Kwon, 2014), tel qu'observé entre les résultats des deux projets à l'étude.

Somme toute, cette observation ci-dessus exprime un parallèle avec la suggestion de Priemus (2008) où il avance qu'étant donné les différentes perceptions envers les enjeux par les parties prenantes, l'objectif de la conception de projet doit être la concrétisation d'un consensus quant à l'interprétation de ces enjeux grâce à l'engagement et la collaboration de tous les acteurs. Certes, dans les projets étudiés, il y a un processus facilitant l'engagement et la collaboration entre les parties prenantes, mais il n'y a tout de même pas de consensus quant à l'interprétation des enjeux. En effet, cela est percevable dans les déconnexions au niveau des attentes et des exigences des parties prenantes envers les modélisations du BIM. Cet enjeu sera détaillé ultérieurement dans la discussion, mais soulevons que la cause de celui-ci réside dans la redéfinition des responsabilités qui entraîne alors des disparités dans les perceptions des acteurs envers la technologie et donc complexifie l'établissement d'un consensus. Notons que cette observation est en contraste avec la proposition de Priemus (2008), mais aussi avec notre cadre conceptuel, car les sciences sociales informatiques suggèrent que la combinaison des outils analytiques aux pratiques des sciences

sociales doit permettre la concrétisation d'une logique commune quant à l'interprétation des mégadonnées (Chang, Kauffman et Kwon, 2014).

### 6.1.3 Temps accordé à la conception

On remarque dans le projet A et le projet B que, malgré l'ajout et/ou la modification des responsabilités lors de la conception, ainsi que l'amplification de la portée de cette phase, la durée de la conception n'est pas ajustée en conséquence. Pourtant, les acteurs 1A, 2A, 1B et 4B énoncent que l'allongement de la conception se justifie par le fait que les problèmes sont résolus en amont et non sur le chantier. Or, en accordant insuffisamment de temps à cette phase, des interférences entre les disciplines peuvent être exposées, mais celles-ci ne seront pas adressées et solutionnées. Tout de même, l'ajout de temps à la conception est difficilement acceptable par les clients, car le budget et les délais proposés initialement ne seront pas honorés. À ce propos, Nisar et al. (2020) signalent que les bénéfices souhaités de la collecte, du traitement et de l'analyse des mégadonnées sont uniquement atteignables par la mise en place d'un cadre de gestion permettant une manipulation adéquate de ces actifs informationnels.

En outre, l'une des raisons expliquant que le temps accordé à la conception n'est pas encore ajusté est que certaines parties prenantes, dont le client au niveau de l'hôpital et d'autres disciplines, telles que la structure, l'architecture et divers entrepreneurs généraux, ont une visibilité inadéquate envers les bénéfices réels du BIM. La résolution de cet enjeu requiert alors un décloisonnement des pratiques de travail (Wang et al, 2016; Janssen, van der Voort et Wahyudi, 2017) afin que les bénéfices attendus de l'utilisation de la technologie soient arrimés entre toutes les parties prenantes. D'ailleurs, selon l'école pluraliste, les parties prenantes d'un projet présentent des opinions divergentes et priorisent potentiellement l'avancement de leurs propres intérêts (Geraldini et Stingl, 2016). Donc, en utilisant la posture de cette école de pensée, une autre raison expliquant le manque de temps accordé à la conception de projet est qu'il est plus avantageux pour certaines parties prenantes de respecter un échéancier et un budget préétabli que de déceler les problèmes en amont.

Il est important de préciser qu'à ce sujet, l'un des acteurs interviewés est en désaccord avec tous les autres. En effet, l'intervenant 3B estime que le temps accordé à la conception de projet est adapté aux circonstances entourant l'utilisation du BIM. Ce dernier est un ingénieur en structure

civile. Rappelons que la structure est l'une des premières disciplines à intervenir sur les maquettes BIM, puisque les intrants de celle-ci influencent les modélisations de toutes les autres disciplines. Dès lors, lorsque la structure du bâtiment est modélisée celle-ci ne sera que très rarement soumise à des changements; les autres disciplines modéliseront leurs conditions autour des exigences structurelles et, en cas d'interférences entre les intervenants, ce sont aux autres professionnels de s'ajuster et non aux responsables de la structure. Ce faisant, puisque les maquettes associées à sa profession sont beaucoup moins évolutives que les autres, la pression temporelle de la conception de projet est moindrement ressentie par l'ingénieur 3B. Cet exemple met en lumière les résultats de l'étude Forsythe, Sankaran et Biesenthal (2015) où ils concluent que l'utilisation du BIM, ainsi que les bénéfices qui en découlent, convient beaucoup mieux à certaines disciplines qu'à d'autres. Par conséquent, les intervenants en structure bénéficieront potentiellement davantage des effets du BIM que les autres intervenants.

#### 6.1.4 Synthèse de l'influence de l'utilisation du BIM sur la conception de projet

Sommairement, on remarque que le BIM accentue la multidisciplinarité lors de la conception de projet, ce qui requiert une réorganisation du mode de fonctionnement afin que les maquettes du BIM puissent se transposer d'une phase à l'autre du projet. Aussi, la portée et l'envergure de la conception sont augmentées par l'ajout des multiples activités qui permettent de modéliser les données du bâtiment. Cela va d'ailleurs impliquer un grand engagement de la part du gestionnaire de projet, puisque les relations entre les parties prenantes doivent être organisées de sorte que les modélisations respectent les besoins et exigences exprimés. Par ailleurs, grâce à la résolution d'interférences en amont, le BIM réduit la dimension sociale de la complexité décisionnelle. Or, l'utilisation du BIM lors de la conception engendre l'ajout ou la redéfinition des rôles pour certains professionnels. Cet impact est perçu négativement par certains, mais d'autres y voient un gain en productivité. Bref, l'utilisation du BIM pendant la conception ajoute une pression temporelle à cette phase et encourage les organisations à y prêter une plus grande attention.

## 6.2 L'influence du BIM sur les relations entre les parties prenantes lors de la conception de projet

Dans cette section, nous souhaitons répondre au deuxième volet de la question en analysant les résultats décrivant l'influence du BIM sur les relations entre les parties prenantes. Nous commençons par détailler les résultats en lien avec la détection et résolution des interférences sur les maquettes du BIM. Nous enchaînons avec les résultats portant sur le transfert de connaissances et la communication. Nous concluons avec les disparités dans la compréhension des objectifs et des attentes entre les professionnels.

### 6.2.1 Détection et résolution des interférences sur les maquettes du BIM

Pour le projet A et le projet B, l'un des premiers constats partagés par les intervenants questionnés est que la résolution des interférences sur les maquettes du BIM provoque une priorisation et une hiérarchisation entre les professionnels et leur discipline respective. Les intervenants 6A, 3A, 1A, 1B, 3B et 5B croient qu'il y a un flou dans la démarche pour solutionner les interférences entre les disciplines. Dans le but de déterminer qui n'est pas correctement aligné et quel sera l'ordre des interventions, les acteurs doivent alors négocier et cela peut causer certaines frictions. Rappelons que l'un des bénéfices recherchés des technologies de visualisation et gestion des mégadonnées, tel que le BIM, est une amélioration des relations entre les parties prenantes, de par une meilleure collaboration et communication (Wang et al, 2016). Afin d'y arriver, les parties prenantes doivent coopérer dans le but de cheminer vers une compréhension partagée de l'information dégagée par les modélisations de mégadonnées (Wang et al, 2016; Janssen, van der Voort et Wahyudi, 2017).

Cet enjeu de hiérarchisation et de priorisation précédemment décrit illustre les effets de la quatrième révolution industrielle où la numérisation des activités de travail entraîne une réorganisation des interactions entre les différents professionnels concernés (Hirschi, 2018). Parfois, cette réorganisation n'est pas pleinement structurée, alors que les processus par lesquels les mégadonnées sont collectées, traitées et analysées influencent considérablement le résultat de leur utilisation (Janssen, van der Voort et Wahyudi, 2017). Conséquemment, en faillant à définir les rôles et responsabilités de chacun les organisations n'optimisent pas pleinement le recours aux technologies issues de cette révolution industrielle (Janssen, van der Voort et Wahyudi, 2017). De

même, Chang, Kauffman et Kwon (2014) soutiennent qu'une organisation qui œuvre dans le contexte des sciences sociales informatiques doit nécessairement coordonner les responsabilités des multiples acteurs, mais cela est impossible sans une structuration préalable du processus de coordination. Notons que l'utilisation du BIM est conditionnée par le contexte social dans lequel la technologie est exploitée (Linderoth, 2010) et que ce contexte est façonné par le processus de communication et de coordination entre les parties prenantes (Murphy, 2014).

Plus précisément, Zanni, Ruikar et Soetanto (2020) sont d'avis que pour que l'utilisation du BIM soit optimale, il faut que les rôles et responsabilités des parties prenantes soient préalablement circonscrits, ce qui n'était visiblement pas le cas pour les deux projets étudiés. Effectivement, les méthodes de résolution des interférences ne sont pas clairement établies et cela incite le travail en silo, tel qu'exemplifié par le gérant qui analysait individuellement les maquettes du BIM en dehors des sessions collaboratives de détection des interférences. Ainsi, en l'absence d'une structure entourant la résolution d'inférences, certains intervenants observent que l'utilisation du BIM lors de la conception provoque une hiérarchisation entre les parties prenantes et de potentielles interférences durant les négociations pour déterminer les marches à suivre. D'ailleurs, sous la lunette de l'école pluraliste, Yang et Fu (2014) affirment que des lacunes dans la coordination des parties prenantes et de leurs intérêts peuvent amener des négociations sous-optimales.

Contrairement aux précédents résultats, certains intervenants du projet A et du projet B sont d'avis que les ateliers de détections des interférences facilitent la collaboration et, ce faisant, contribuent à l'établissement de relations de travail constructives et à la familiarisation aux autres disciplines. Le support visuel qu'apportent les maquettes du BIM permet d'ailleurs d'alimenter les échanges et de trouver une solution de manière collaborative. À cet effet, l'école contextualiste suggère que la création d'une vision partagée entre les parties prenantes favorise l'atteinte des résultats (Stingl et Geraldi, 2017a) et le BIM permet d'atteindre cette vision commune en regroupant toutes les disciplines dans une même maquette collaborative.

Ainsi, tout comme dans les sciences sociales informatiques, les intervenants de ce projet essaient de déceler une logique commune par rapport aux mégadonnées représentées graphiquement en 3D dans les maquettes du BIM. Cela encourage donc la réalisation de l'objectif de la conception de projet selon Primeus (2008), soit la concrétisation d'un consensus entre les parties prenantes quant

à l'interprétation des problèmes (interférences). Or, tel que présenté plus haut, les intervenants des deux projets ne sont pas encore en mesure d'établir de consensus, mais on perçoit ici une volonté d'y arriver. S'ils arrivaient à ce consensus, l'établissement d'une vision et d'une compréhension commune des enjeux, dont les interférences, influençant la progression du projet permettrait de réduire la complexité décisionnelle entourant celui-ci (Shi et al, 2020). Cet exemple, vécu dans les deux projets, démontre donc que le BIM peut jouer un rôle d'envergure dans cette réduction de la complexité décisionnelle.

Aussi, dans le projet A et le projet B, la mise en commun des perspectives lors de la résolution des interférences assure la concertation, l'engagement, la responsabilisation de toutes les parties prenantes. Selon Aaltonen et ses collègues (2015), la création d'un processus d'inclusion des parties prenantes lors de la conception influe sur les perceptions de celles-ci envers le projet et déterminera leur niveau de coopération et de collaboration tout au long du déroulement du projet. De plus, la considération des parties prenantes lors de la conception de projet favorise de l'établissement de saines relations de travail et par le fait même la réussite du projet (Aaltonen et Kujala, 2010). C'est notamment ce que décrivent les intervenants 4A et 6B où l'utilisation du BIM lors de la conception offre une visibilité accrue pour tous les intervenants, ce qui renforce positivement leur adhésion et leur mobilisation face aux développements du projet. À cet égard, l'une des responsabilités phares du gestionnaire de projet lors de la conception est d'encourager l'engagement et l'inclusion des parties prenantes (Yang et al, 2011), le recours au BIM facilite donc la réalisation de cette responsabilité. Bref, selon une optique durable, l'inclusion des parties prenantes doit être une considération centrale de la gestion de projet (Silvius et al, 2017), ce que le BIM vient concrétiser.

Similairement, l'acteur 4B, qui est le représentant du client au niveau de l'hôpital, présente que l'emploi des maquettes du BIM a simplifié le suivi de l'avancement du projet pour des parties prenantes n'ayant pas beaucoup de connaissances en construction et en informatique. Ces derniers étaient alors outillés pour transmettre leurs attentes, points de vue et préoccupations afin que la construction soit ajustée selon leurs besoins; ce qu'ils ont particulièrement apprécié. Cet exemple pose un lien clair avec la recherche de Aaltonen et Sivonen (2008), où les chercheurs expriment que les conflits entre les parties prenantes sont l'un des plus grands risques décisionnels. En conséquence, on remarque que les responsables du projet cherchent à réduire ces risques grâce à

l'utilisation du BIM. C'est ce que Aaltonen et Sivonen (2008) décrivent comme la stratégie du compris où une organisation vise à adresser des exigences soulevées par des parties prenantes en s'ajustant selon leurs revendications. Le BIM se présente alors comme un précieux atout pour la mise en place de cette stratégie.

On constate une contradiction entre les résultats exposés, et ce au sein des deux projets à l'étude : d'un côté, des intervenants proposent que l'utilisation du BIM provoque une hiérarchisation des parties prenantes et le travail en silo, alors que de l'autre côté, on argumente que le recours au BIM soutient la collaboration entre les parties prenantes et la consultation de celles-ci. Selon les observations du coordonnateur BIM du projet B (2B) ce paradoxe serait dû au manque d'organisation des priorités entre les disciplines et leurs professionnels lors de la conception de projet. Celui-ci explique que la détection des interférences sur les maquettes BIM contribue à l'engagement des parties prenantes, mais que cela nécessite une coordination préalablement établie, sinon les interférences entre les disciplines affichées sur les maquettes seront beaucoup trop élevées.

En ce sens, les professionnels sont en mesure de bénéficier de certains effets positifs du BIM, mais l'impact de ceux-ci est atténué par l'absence d'un processus structurant la hiérarchisation et la coordination requises pour résoudre les interférences. Ce constat rejoint les observations de Janssen, van der Voort et Wahyudi (2017), ainsi que de Wang et ses collègues (2016) qui nuancent que les technologies de visualisation des mégadonnées peuvent potentiellement contribuer à l'amélioration des pratiques de gestion des parties prenantes, mais que le caractère incertain des mégadonnées et la complexité de ces technologies représentent des embûches considérables pour l'atteinte d'une synergie procédurale entre tous les acteurs les manipulant. Donc, selon ces fondements, dans le cas du BIM et des présents projets, l'absence de processus circonscrivant la résolution des interférences s'explique par le fait que la complexité et l'incertitude provenant de l'utilisation du BIM exacerbent les difficultés inhérentes de l'alignement des interventions des professionnels sur le bâtiment.

## 6.2.2 Transfert de connaissances et communication

Ensuite, on perçoit un consensus au sein des deux projets étudiés en ce qui trait aux effets bénéfiques du BIM sur le transfert de connaissances et la communication entre les intervenants. En effet, les acteurs interviewés, dont le 5A, 1A, 2A, 1B, 2B et 5B, croient que la concentration des professionnels autour d'une même maquette leur permet de se familiariser avec les autres disciplines et de partager des connaissances. Grâce à la représentation visuelle en 3D des travaux à effectuer, les professionnels peuvent capter différents éléments issus d'autres disciplines ayant des effets sur la réalisation de leurs tâches. Ce faisant, les intervenants sont plus à même de saisir la portée des activités planifiées. En lien avec notre cadre conceptuel, les sciences sociales informatiques suggèrent que les ajustements organisationnels causés par l'introduction d'outils traitant et analysant les mégadonnées requièrent la coordination de toutes les disciplines impliquées et, pour se faire, les professionnels doivent explorer les diverses perspectives offertes par ces disciplines (Chang, Kauffman et Kwon, 2014).

À l'avenant de ce cadre, l'utilisation et l'interprétation des modélisations du BIM requièrent la conjugaison de diverses expertises (Abbasnejad et Moud, 2013), mais en permettant à tout un chacun de s'accoutumer aux spécificités des champs disciplinaires interagissant lors de la conception de projet, le BIM seconde la multidisciplinarité et aide les parties prenantes à comprendre les interrelations entre celles-ci. Autrement dit, avec le BIM, les intervenants sont plus à même de saisir l'envergure du projet et de le contextualiser grâce à l'exploration de différentes perspectives. Cela rejoint les écrits de Morris (2013a) qui propose que, lors de la gestion d'un projet, l'accent doit être mis sur le contexte de ce dernier. De même, Janssen, van der Voort et Wahyudi (2017) articulent que la collaboration menant à l'utilisation des mégadonnées est uniquement possible si les parties prenantes comprennent similairement le contexte relatif à la cueillette et au traitement de celles-ci.

Puis, le transfert de connaissances entre les acteurs, permis par le BIM, augmente le niveau de transparence du suivi de la progression des travaux. Effectivement, en ayant de nouvelles connaissances, les acteurs ont aussi de nouvelles informations et sont donc mieux outillés pour suivre et comprendre le développement du projet. Selon Winch (2013), en gestion de projet de construction, plusieurs biais et comportements opportunistes proviennent d'un manque de

transparence ou de l'incomplétude des informations. Du coup, en transférant des connaissances d'un professionnel à l'autre, le BIM a le potentiel de résoudre ou de réduire certains aléas moraux présents dans la gestion de projet de construction. Cela est d'ailleurs exemplifié l'intervenant 1A qui détaille, qu'avec le BIM, le client au niveau de l'hôpital a accès à toutes les informations relatives à la conception du bâtiment. Ainsi, le client peut présenter ses exigences ou considérations et suivre la progression de celles-ci dans les maquettes du BIM afin de savoir si elles ont été réellement adressées.

Ensuite, ce partage de connaissance est aussi dû à une communication accrue entre les intervenants; une observation qui est partagée dans les deux projets. Afin d'atteindre ce niveau de communication, le coordonnateur BIM principal du projet B (6B) suggère qu'il est impératif de requestionner et réévaluer les méthodes de travail. De cette manière, aucune information n'est perdue et les professionnels peuvent la suivre et la communiquer aux parties prenantes concernées. Dans la même lignée, un des ingénieurs du projet B (1B) souligne que ces changements peuvent poser certains défis de communication, d'où l'importance de structurer et d'organiser les échanges entre les parties prenantes.

À ce propos, Zanni, Ruikar et Soetanto (2020) établissent que le BIM améliore la communication multidisciplinaire, mais que l'utilisation de ce dernier doit être accompagnée d'un processus de conception collaboratif structuré. Les chercheurs ajoutent qu'avec un tel processus, le BIM contribue à l'atteinte d'objectifs durable, rejoignant ainsi les constats de Silvius et ses collègues (2017). En outre, les bénéfices du BIM au niveau communicatif sont illustrés par les témoignages des intervenants 5A, 1A et 5B, qui soulignent, qu'avec la visualisation en 3D du bâtiment, il est beaucoup plus simple de communiquer l'information et d'échanger avec les professionnels. Les observations de ceux-ci appuient l'argumentaire de Ghaffarianhoseini et al (2016) qui énoncent que la représentation numérique des spécificités physiques et techniques d'une infrastructure donne lieu au partage des données de conception et autres informations entre les parties prenantes, et ce tant au niveau organisationnel qu'au sein de l'équipe projet.

Afin de capter pleinement ces bénéfices, le spécialiste BIM du projet A (2A) considère que la confiance de tous les intervenants envers le BIM doit être préliminairement établie. Certes, tout comme les autres acteurs interviewés, il est d'avis que la communication et la collaboration en

amont sont des facteurs essentiels, mais il spécifie que ces deux facteurs sont directement liés au niveau de confiance que les parties prenantes accordent à la technologie et ses résultats. De ce fait, Janssen, van der Voort et Wahyudi (2017) proposent qu'une utilisation optimale des mégadonnées dépende, entre autres, du degré de confiance qui est véhiculé par les acteurs concernés face à la réalisation de leurs rôles et responsabilités dans le traitement et l'analyse de celles-ci. Donc, en joignant la proposition de cet intervenant à celle des chercheurs, on comprend que, pour optimiser l'utilisation des mégadonnées, il faut que les parties prenantes aient, d'une part, confiance qu'ils pourront bien jouer leurs rôles et, d'autre part, confiance envers la technologie traitant et représentant les mégadonnées.

Le spécialiste BIM du projet A (2A) poursuit en précisant que, pour atteindre cette confiance, il est requis des parties prenantes impliquées d'avoir de bonnes compétences collaboratives et participatives, de sorte à faciliter l'exploration multidisciplinaire. Cela rejoint la constatation de McAfee et Brynjolfsson (2012) qui stipulent que le jugement, la perception, la perspicacité et d'autres compétences intrinsèquement humaines prennent encore une place d'envergure dans les processus de gestion appuyés par l'analyse de mégadonnées. Dès lors, tout comme certains logiciels d'apprentissage automatique, le BIM accentue l'importance des compétences reliées au savoir-être, puisqu'il substitue ou redéfinit certaines responsabilités plus techniques et parce qu'une utilisation optimale de ce dernier requiert un fort niveau de communication et de collaboration entre les parties prenantes. Ceci est d'ailleurs exemplifié par le coordonnateur BIM principal du projet B (6B) qui articule que tous les acteurs qui interviennent sur les maquettes BIM ont des aptitudes et des connaissances différentes, mais qu'ils doivent travailler en équipe pour atteindre un objectif commun.

### 6.2.3 Disparités dans la compréhension des objectifs et des attentes entre les professionnels

Cependant, certaines embûches obstruent cette communication et collaboration multidisciplinaire et celles-ci furent partagées similairement par les acteurs du projet A et du projet B. Par exemple, des parties prenantes présentent des exigences trop élevées envers l'utilisation du BIM, ce qui fait que ces exigences ne sont pas arrimées avec les bénéfices et les résultats envisagés. Cela se traduit également par une incompréhension des objectifs de la part de ces parties prenantes. À ce sujet, l'ingénieur patron du projet A (6A) argumente que les attentes de certaines parties prenantes sont

déconnectées de la complexité qu'impose la modélisation numérique. Cet aspect d'exigences discordantes entre les acteurs d'un projet est abordé par la théorie de l'agence, qui suggère que des parties prenantes influencent la progression du projet de manière que leurs attentes soient priorisées et non celles préalablement établies en conception de projet (Mitchell, Agle et Wood, 1997).

Selon Olander (2007), il est impossible de répondre à toutes les exigences et les problèmes soulevés par des parties prenantes, mais les stratégies organisationnelles doivent être orchestrées de sorte que ces préoccupations soient balancées, assurant ainsi que la portée et les objectifs prévus du projet ne soient pas compromis. Ces stratégies permettront alors l'édification de solutions qui respectent les attentes des parties prenantes, et ce en considérant les contraintes du projet (Findeisen et Quade, 1985). Par contre, Sörenson (2005) nuance que, généralement, ces solutions sont inappropriées, car les problèmes ont été circonscrits inadéquatement. Dans le cas présent, cela est illustré par l'exemple du professionnel 6A où des parties prenantes argumentent qu'un tuyau n'est pas exactement à la bonne place dans un mur, alors qu'un tel degré de modélisation n'est pas nécessaire pour répondre aux objectifs de conception. Donc, puisque l'impact des problèmes, soient les interférences sur les maquettes BIM, n'est pas défini convenablement et que cette définition diverge entre les acteurs, certaines parties prenantes auront des exigences trop pointilleuses face aux modélisations du BIM et elles ne seront pas arrimées avec la réalité de projet.

Similairement, les propositions d'Olander (2007) sont bien visibles dans le témoignage du gestionnaire de projet du projet A (5A) où celui-ci présente que si le donneur d'ouvrage exige que les modélisations illustrent tous les détails du bâtiment afin qu'il n'y ait aucun avis de changement ultérieurement, il y aura inévitablement une augmentation marquée des honoraires et des délais. Ce faisant, il est impossible de répondre à toutes les attentes, car, tel qu'expliqué par l'acteur 5A, si un professionnel doit en faire plus, un autre en fera moins, ce qui engendre des situations conflictuelles.

À l'instar de ce constat, le chef de projet du projet (1A) explique que les conditions d'utilisation des maquettes du BIM sont spécifiées dans le plan de gestion BIM, mais que la signature de ce document fut laborieuse étant donné les différences dans les attentes des parties prenantes et, selon lui, cela illustre qu'il y a beaucoup de réticences envers le BIM. Cela témoigne d'un parallèle avec la recherche d'Olsson et Bull-Berg (2014) qui indique que le niveau de participation des acteurs

d'un projet dans le stockage et l'analyse des mégadonnées est directement lié à comment ceux-ci les perçoivent. En ce sens, l'exemple de l'intervenant 1A supporte ces fondements théoriques, tout en précisant que le degré de participation des professionnels dans l'utilisation des mégadonnées dépend non seulement de leur perception envers celles-ci, mais aussi envers l'outil qui les traite et les visualise. En somme, cet exemple apporte un nouvel élément à notre cadre conceptuel, puisque les sciences sociales informatiques ne précisent pas que l'atteinte d'une compréhension commune envers les mégadonnées synthétisées et visualisées dépend de la perception qu'on les acteurs face à la technologie effectuant ces étapes.

Concernant le projet B, les disparités au niveau des exigences entre les différents professionnels sont aussi partagées. Or, pour ce projet, les intervenants étaient en mesure de présenter un exemple révélateur où la compréhension des attentes divergeait pour une activité précise, soit la réalisation d'un nuage de point. Au travers de cet exemple, les acteurs 2B, 5B et 6B révèlent que le nuage de point fut complété par deux professionnels avec des expertises différentes et que le niveau de modélisation attendu des maquettes n'était pas précisé entre les firmes employant ces professionnels. Ce faisant, rien n'était synchronisé entre ces deux maquettes et les mesures étaient incompatibles. Ils sont tous d'avis que, si c'était le même professionnel qui avait effectué les tâches en géoréférencement et en arpentage, le nuage de point aurait été convenable.

Donc, les firmes concernées n'ont pas coordonné leurs responsabilités face à la concrétisation et à la compréhension de ces attentes, tels que suggérés par les fondements théoriques des sciences sociales informatiques (Chang, Kauffman et Kwon, 2014). En effet, lors de l'utilisation des mégadonnées, il est fréquent que des organisations coopèrent et établissent des partenariats afin de co-crée de la valeur en réunissant leurs professionnels ayant des compétences différentes, mais connexes, mais celles-ci doivent d'abord s'arrimer en amont et préciser de multiples considérations (Janssen, van der Voort et Wahyudi, 2017), ce qui n'était visiblement pas le cas dans cet exemple. Cela rejoint également notre positionnement épistémologique interprétativiste qui étaye que le savoir est co-création provenant des relations entretenues par des acteurs ayant différentes perspectives (Hiller, 2016).

Qui plus est, les conséquences issues de ces exigences dichotomiques ont des répercussions sur les relations contractuelles qu'entretiennent les parties prenantes et, dans un sens plus large, les

entreprises en construction. Notamment, le professionnel 6A soutient que le cadre contractuel circonscrivant l'utilisation du BIM est incompris par la majorité des intervenants. Les acteurs 2A, 4A, 3B et 6B renchérissent en avançant que les maquettes n'ont aucune valeur contractuelle, ce qui limite son usage et peut créer des interférences, d'autant plus que cela génère une ambiguïté dans les attentes et donc dans le niveau de détail de modélisation à accomplir par chaque professionnel.

De ce fait, Janssen, van der Voort et Wahyudi (2017) spécifient que la structure délimitant les relations et la réalisation des activités entre les organisations doit être comprise par tous afin d'assurer la qualité du traitement des mégadonnées. En effet, les firmes collaborent et créent des partenariats dans le but d'obtenir les ressources et les compétences techniques requises pour traiter et analyser les mégadonnées, d'où l'importance d'un consensus quant à la compréhension du cadre relationnel circonscrivant l'utilisation des mégadonnées et de la technologie les traitant (Janssen, van der Voort et Wahyudi, 2017).

Dans le cas présent, les propositions de Janssen, van der Voort et Wahyudi (2017) sont amenées au niveau contractuel et pas seulement au niveau relationnel. Plus précisément, la combinaison de nos résultats et ces propositions théoriques suggère que l'utilisation contractuelle des maquettes permettrait de définir la portée et le degré de précision des modélisations du BIM pour chaque discipline. Selon l'intervenant 6A, l'une des raisons expliquant que, dans le cadre contractuel, les fonctions et l'utilisation du BIM ne soient pas circonscrites selon les particularités des disciplines impliquées est que le caractère évolutif des maquettes BIM de certaines disciplines, dont l'ingénierie mécanique, est incompris par les donneurs d'ouvrages. Effectivement, pour cette discipline il est impossible de modéliser une maquette n'évoluant pas selon les configurations des autres disciplines. Autrement dit, si le donneur d'ouvrage exige une modélisation de haut niveau très précise pour l'ensemble des disciplines, les modélisateurs en ingénierie mécanique ne pourront pas répondre à ses attentes.

Par conséquent, les disciplines pouvant émettre des maquettes fixes, dont la structure et l'architecture, sont avantagées par la composition du cadre contractuel existant. Cette remarque accentue les résultats de la recherche de Forsythe, Sankaran et Biesenthal (2015) qui démontre que l'utilisation du BIM se porte mieux à certaines disciplines qu'à d'autres. Antérieurement, nous avons constaté que les intervenants en structure reçoivent plusieurs des bénéfices du BIM. Cette

fois-ci, nous remarquons que ce sont, entre autres, les professionnels en ingénierie mécanique qui se retrouvent de l'autre côté de la médaille. Somme toute, rappelons que le contexte des projets œuvrant dans les sciences sociales informatiques, tel que ceux-ci, est en constante évolution (Chang, Kauffman et Kwon, 2014), ce qui signifie que la progression vers un cadre conceptuel adapté pour toutes les disciplines n'est pas inimaginable, comme en témoigne l'intervenant 4A.

#### 6.2.4 Synthèse de l'influence du BIM sur les relations entre les parties prenantes lors de la conception de projet

À titre récapitulatif, nous percevons que la résolution des interférences sur les maquettes du BIM engendre une priorisation et une hiérarchisation des professionnels, en fonction de leur discipline respective. Il y a en effet un flou qu'en à la marche à suivre afin de solutionner ces interférences, car les rôles et responsabilités de chacun dans ce processus ne sont pas clairement définis, ce qui peut inciter le travail en silo. En revanche, plusieurs intervenants partagent l'avis que les ateliers de détections des interférences facilitent la collaboration et la communication. Ainsi, de par une plus grande visibilité sur les développements du projet, l'adhésion et la mobilisation des parties prenantes internes sont renforcées. De même, les intervenants stipulent que la concentration des professionnels autour d'une même maquette leur permet de se familiariser avec les autres disciplines et de partager des connaissances. Ce partage de connaissance est d'ailleurs résultant d'une communication accrue, rendu possible par l'utilisation du BIM. Ce faisant, le suivi de l'avancement des travaux est plus transparent. Par contre, les exigences de certaines parties prenantes ne sont pas arrimées avec les bénéfiques et les résultats escomptés, ce qui pose certains enjeux considérables pour les disciplines se prêtant moins bien au BIM.

En fonction de ces constats, on remarque un lien émergent avec la littérature, soit que le BIM peut être considéré comme un objet frontière. Les objets frontières se définissent comme des artefacts « influençant les interactions sociales durant la collaboration et fournissant les infrastructures techniques pour réaliser cette collaboration » (Marheineke, Velamuri et Möslein, 2016) (traduction libre). Ainsi, dans une conception de projet en mode BIM, l'interaction humaine-technologie est caractérisée par l'influence de cet objet frontière qui vient orienter les parties prenantes et appuyer leurs formulations d'exigences dans le processus de collaboration (Marheineke, Velamuri et Möslein, 2016). Bref, tel que perçu dans nos résultats, en tant qu'objet frontière, le BIM n'est

efficace que s'il aligne les exigences des dimensions sociales aux exigences des dimensions techniques dans le processus de collaboration (Marheineke, Velamuri et Möslein, 2016).

### 6.3 Influence du BIM sur la prise de décision collaborative lors de la conception de projet

Dans cette troisième section de la discussion, nous aborderons l'influence du BIM sur la prise de décision collaborative lors de la conception de projet. Nous entamons avec l'analyse des résultats portant sur la disponibilité et la visualisation de l'information. Nous continuons avec les résultats détaillant les décisions préventives et les vérifications de l'impact des décisions. Nous terminons avec les résultats exemplifiant les différents niveaux de compréhension des informations du BIM.

#### 6.3.1 Disponibilité et visualisation de l'information

À travers des résultats récoltés au sein des deux projets, on note que le BIM est un outil ayant différents impacts sur la prise de décision. Notamment, tel que présentés par les acteurs 2A, 5A, 4A, 1B, 4B et 5B, grâce à la plus grande disponibilité de l'information, la prise de décision lors de la conception est accélérée et les décisions sont prises de manière plus éclairée. Cette information est d'ailleurs rassemblée autour d'une même plateforme accessible par tous les intervenants du projet. Ceux-ci peuvent alors se référer à cette plateforme lors de l'avancement du projet afin de comprendre et d'entrevoir les différentes interrelations qu'entretiennent les disciplines, ce qui permet d'appuyer et de faciliter les prises de décisions à venir.

À la lumière de ces résultats, on observe que le BIM présente les trois mécanismes distincts des systèmes informatiques assurant la visualisation des données et améliorant la prise de décision, tel qu'avancé par Killen, Geraldi et Kock (2020). En effet, le BIM simplifie la compréhension des données multidimensionnelles et complexes en représentant graphiquement les interférences entre les disciplines (Tufté, 2001), c'est d'ailleurs ce que suggère l'acteur 4A. Puis, le BIM permet d'accéder plus rapidement aux informations (Ware, 2012) et cela est perceptible dans l'exemple de l'intervenant 4B. Enfin, puisque l'information contenue dans les maquettes du BIM est accessible à tout moment, cet outil bonifie la mémoire des parties prenantes (MacNeice, 1951). Ces aspects seront abordés plus en détail dans les paragraphes qui suivent.

En plus des apports positifs de ces trois mécanismes, le gestionnaire de projet du projet A (5A) et le spécialiste BIM de ce même projet (2A) révèlent un autre atout de l'utilisation du BIM pour visualiser l'avancement du projet et supporter la prise de décision. Effectivement, ceux-ci ont joint le BIM à des lunettes de réalité virtuelle, de sorte qu'ils étaient capables d'identifier les différentes composantes à installer dans les entre-plafonds des pièces. Ce faisant, en discernant certaines défaillances en amont, des décisions ont été prises plus rapidement et des solutions ont pu être validées. En ce sens, dans cet exemple, le BIM a permis de simplifier la compréhension des données multidimensionnelles présentes dans les entre-plafonds, d'accélérer la prise de décision et d'améliorer la mémoire des décideurs, mais aussi de valider et de confirmer la convenance des solutions avant que celles-ci ne soient mises en place. Du coup, avec cette juxtaposition technologique, ces intervenants ont aussi renforcé l'adhésion de plusieurs parties prenantes, ce qui rejoint les observations soulevées précédemment.

À cet effet, la combinaison de divers outils technologiques issue de disciplines différentes afin d'atteindre un objectif précis est fréquemment constatée dans les sciences sociales informatiques (Debnath et al, 2020), tel que présenté antérieurement avec l'exemple Yao et Wang (2020) qui ont ciblé plusieurs municipalités critiquement défaillantes au niveau de leur urbanisation grâce à l'adjonction du *Latent Dirichlet Allocation* (LDA) et d'autres outils de régression statistiques. De même, les algorithmes d'apprentissage automatique peuvent être combinés à des technologies de visualisation de données afin d'analyser et d'illustrer graphiquement les relations entre toutes les données et tous les flux d'informations dans d'une organisation (Hoffman, 2016). Ainsi, que ce soit avec le BIM ou les outils d'IA, le résultat souhaité est une prise de décision accélérée et précise grâce à la conjugaison des capacités techniques de ces outils aux capacités humaines des intervenants (Ezer et al. 2019).

Pour revenir à l'aspect de validation, le chef de projet du projet A (1A) et le chef de projet du projet B (5B) présentent des points de vue similaires. Dans les deux cas, ces chefs de projet soulèvent que les modélisations du BIM ont été présentées au client afin que celui-ci se coordonne et donne son aval. Le client pouvait ainsi confirmer que les composantes des maquettes répondent à ses besoins et donc valider que les décisions de conception respectent ses exigences. En conséquence, les risques décisionnels présents lors de la conception de projet sont potentiellement réduits, car les parties prenantes peuvent approuver et attester que les composantes du bâtiment sont adéquates,

minimisant alors les effets liés à l'influence de celles-ci sur le processus décisionnel (Aaltonen et Kujala, 2010; Yang, Wang et Jin, 2014).

Similairement, en validant les décisions en amont, la dimension technique de la complexité décisionnelle est atténuée, puisque les réponses et les solutions aux considérations techniques, telles que les besoins en hauteur libre, sont certifiées par les parties prenantes concernées par le biais des modélisations du BIM (Shi et al. 2020). Cela rejoint notre cadre conceptuel, puisque Chang, Kauffman et Kwon (2014) précisent que, dans les sciences sociales informatiques, les environnements décisionnels sont des processus dynamiques constitués d'un regroupement d'entités et de leurs interrelations. Le contexte évolutif de ce processus requiert donc la coordination entre les différentes disciplines impliquées dans l'environnement décisionnel, tel qu'exemplifié par ces résultats.

Ensuite, concernant la disponibilité de l'information pour appuyer la prise de décision, le coordonnateur BIM du projet A (2A) et un ingénieur du projet B (1B) sont d'avis que le recours aux maquettes du BIM augmente la quantité et la qualité de l'information à la portée des parties prenantes. Ces derniers croient qu'avec l'utilisation du BIM l'enjeu de l'accès à l'information est adressé et que cela permet de prendre des décisions sur des aspects moins bien documentés auparavant. Cela illustre le bénéfice concret du traitement des mégadonnées décrit par Davenport (2019), où cette activité donne lieu à la création de nouvelles informations et ainsi affine la prise de décision. Pareillement, Williams, Ferdinand et Croft (2014) suggèrent que l'affichage visuel des mégadonnées génère des informations afin que les parties prenantes puissent identifier et résoudre des problèmes plus rapidement. De cette manière, grâce aux informations contenues dans les maquettes du BIM, il est plus évident d'évaluer l'avancement de la conception de projet, puis de s'ajuster en conséquence (Volden et Samset, 2013) et, en accédant à plus d'informations, les parties prenantes peuvent émettre des décisions de plan et des prédictions plus précises sur la conception (William et Samset, 2010). Bref, avec toutes ces informations, les maquettes BIM peuvent servir de cadre ou modèle de référence, telle une mémoire visuelle, pour guider la prise de décision des gestionnaires de projet, ce qui résout l'enjeu invoqué par Fryling (2010).

### 6.3.2 Décisions préventives et vérifications de l'impact des décisions

En fonction des précédents résultats, notamment ceux partagés par les acteurs 6A, 1A, 5A, 4A, 3B, 6B, 5B et 1B, on observe, entre autres, que le BIM accélère la prise de décision et facilite la validation des concepts et des décisions lors de la conception de projet. Or, avant de valider ces concepts, il est nécessaire de vérifier et de comparer les impacts des différentes options. À cet égard, l'ingénieur patron du projet A (6A) précise que le choix d'une option ou l'autre, tels qu'abaisser le plafond ou déplacer les équipements est généralement une décision go/no-go, oui/non ou plus simplement une décision d'autorisation. Geraldi et Stingl (2016) expliquent qu'avant de prendre de telles décisions, il est requis de vérifier si l'option sélectionnée est avantageuse pour les parties prenantes concernées. Donc, selon les observations de l'acteur 6A, le BIM assure cette vérification en illustrant l'état de la situation et en facilitant la comparaison des solutions. En d'autres termes, les intervenants peuvent vérifier que les corrections et modifications à apporter sont acceptées par les parties prenantes avant de les mettre en place.

De surcroît, les décisions d'autorisation requièrent aussi la considération et l'analyse de grands ensembles de données et d'informations (Rolstadas et al, 2015). Dans l'exemple du chef de projet du projet A (1A), cela représente notamment l'espace disponible dans une pièce, les dimensions de l'équipement occupant cette espace et les besoins en superficie pour manier cet équipement. En illustrant graphiquement tous ces aspects, le BIM sert de médium pour vérifier si ces décisions résulteront à des installations cohérentes où l'utilisation des ressources disponibles est optimisée. L'acteur 1A suggère donc que la qualité de ces décisions est renforcie.

Par la suite, les intervenants 5A et 4A avancent que cette vérification favorise l'arrimage des intérêts des parties prenantes. Effectivement, pour les décisions impliquant plusieurs la coordination de professionnels, le BIM encourage la prise en compte des spécificités de chacune des disciplines et représente ainsi la solution optimale. Cette utilité du BIM témoigne d'un lien avec les décisions de sélection que Geraldi et Stingl (2016) décrivent comme une situation où les décideurs se préoccupent de choisir, parmi un ensemble d'alternatives, celle qui fournira la meilleure utilité aux parties prenantes. Ainsi, la prise de telles décisions est facilitée grâce la visualisation des alternatives qu'apporte le BIM.

Cette vérification des alternatives permise par le BIM favorise le ciblage et la résolution préventive de problèmes techniques, mais aussi l'analyse de l'impact que certains changements peuvent avoir sur les parties prenantes, tel que mentionné par un des ingénieurs du projet B (3B). De ce fait, décider ou non d'entreprendre un changement en fonction de son impact sur les parties prenantes représente habituellement une décision subjective non structurée (Mian et Dai, 1999). En revanche, avec la possible visualisation et modélisation de ces impacts potentiels les intervenants peuvent déterminer si les changements imposent des ajustements ou des ramifications trop importantes pour les autres parties prenantes. Donc, bien que ces décisions laissent encore place au jugement et à l'expérience, elles sont maintenant accompagnées de données illustrées et synthétisées graphiquement, réduisant alors leur caractère subjectif et incertain (Intezari et Gressel, 2017). Conséquemment, grâce à l'utilisation du BIM, ces décisions qui étaient autrefois non structurées sont actuellement des décisions semi-structurées.

D'ailleurs, l'incertitude est l'un des éléments impactant la qualité d'une prise de décision en gestion de projet (Powell et Buede, 2006.) Cette incertitude décisionnelle est notamment due aux difficultés découlant du traitement des multiples facteurs d'influence et des interrelations entre les composantes d'un projet (Shi et al., 2020; Sheng, 2018). Les processus décisionnels sont teintés d'incertitude lorsque des options identifiables ne sont pas analysées et qu'il faut alors prendre une décision dans ce bassin limité d'alternatives (Lechler, Edington et Gao, 2012). En fonction de ces assises théorique, on constate que le BIM diminue potentiellement l'incertitude décisionnelle de deux manières distinctes. D'une part, en illustrant graphiquement les interrelations qu'entretiennent les diverses disciplines et les interférences entre celles-ci il est possible d'amoinrir les difficultés issues du traitement de ces facteurs d'influence. D'autre part, en facilitant l'identification et l'analyse des alternatives pour la résolution des enjeux de conception, le BIM augmente le nombre d'options pouvant être considérées par les intervenants. Certes, il est impossible de complètement réduire l'incertitude (Simon, 1947), mais au travers d'exemples de ces différents acteurs nous concluons que le BIM amenuise ses effets sur la prise de décision lors de la conception de projet.

En parallèle à cela, nous avons préalablement établi que la prise de décision consiste à faire un choix parmi un ensemble d'alternatives (Al Nahyan et al, 2018) et que le but de celle-ci est de maximiser les effets désirés, tout en minimisant les effets négatifs (Idler et Spang, 2019). Donc,

semblablement à certains logiciels d'IA, le BIM supporte les processus décisionnels grâce à l'assimilation rapide de mégadonnées sous forme de maquettes 3D afin de que les décideurs puissent prendre en compte et analyser une plus grande variété d'alternatives et ainsi prendre de meilleures décisions (Tredinnick, 2017). Cette observation appuie l'argumentaire de Kim et ses collègues (2015) qui proclament que la visualisation des alternatives de conception et l'intégration des données des différentes disciplines dans les maquettes du BIM aident les intervenants d'un projet à examiner les différentes options pour ensuite choisir la plus appropriée.

À ce propos, le chef de projet du projet B (5B) présente deux exemples concrets où le BIM fut utilisé pour visualiser des alternatives et vérifier leurs impacts avant d'émettre un choix. Dans le premier, il décrit comment le BIM est venu faciliter une décision concernant l'intégration du nouveau bâtiment sur l'installation existante. Avec cet outil, il fut en mesure de représenter graphiquement les deux infrastructures et de vérifier qu'effectivement les compositions actuelles du bâtiment étaient trop étroites pour les besoins en électromécanique et ainsi de s'ajuster en conséquence et sélectionnant la conception la plus appropriée. Dans le deuxième, il explique que le BIM a aidé son équipe et lui à comprendre les directions du soleil et les points d'ensoleillement. Ce faisant, ils ont pu modéliser et visualiser différentes alternatives concernant le positionnement des fenêtres et du vitrage afin de choisir celle qui optimisait l'efficacité énergétique.

Ces deux exemples mettent en évidence les changements et les transformations dans les activités de travail vers les pratiques des sciences sociales informatiques. En effet, tel qu'évoqué par Lazer et ses collègues (2009), la modélisation des mégadonnées du bâtiment offre une représentation en temps quasi réel des interactions et des interrelations des disciplines pendant la durée de la conception, produisant alors des informations pertinentes sur l'évolution de celles-ci et sur la portée de cette conception. Plus précisément, grâce à la modélisation en 3D sur les maquettes, le BIM considère les phénomènes sociaux, dont les interactions et interrelations des disciplines comme des données et les transforme en informations analysables, permettant ainsi d'adresser des enjeux qui relèvent traditionnellement des sciences humaines, tels que l'analyse d'alternatives et la prise de décision, avec l'aide de systèmes informatiques avancés (Tao et al, 2020). En plus, tel que soulevé par l'acteur 1B, les informations affichées dans les maquettes du BIM sont tangibles et particulièrement fiables, puisqu'elles sont démontrables et testables. Cela rejoint la proposition de

Ksiazek et al (2014) qui attestent que la numérisation des outils d'aide à la décision permet de mieux évaluer les alternatives et ainsi améliorer la prise de décision.

### 6.3.3 Différents niveaux de compréhension des informations du BIM

Bien que l'utilisation du BIM lors de la conception de projet apporte plusieurs effets positifs, certains aspects contrebalancent ces externalités. Notamment, l'accroissement de la portée en conception engendre de nouveaux types de décisions à prendre et les informations contenues dans les maquettes du BIM peuvent être difficilement interprétables par certains professionnels. Ainsi, il est difficile pour ceux-ci de prendre ces nouvelles décisions. Ce constat est partagé dans les deux projets étudiés. D'un côté, l'intervenant 4A précise que plusieurs professionnels ne sont pas outillés adéquatement pour participer à ces nouveaux processus décisionnels, car ils ne sont pas encore habitués d'exercer leur métier en tenant compte des fonctionnalités du BIM ou n'ont tout simplement pas reçu une formation adéquate. De l'autre côté, l'intervenant 2B estime aussi que plusieurs professionnels ne possèdent pas les acquis et compétences nécessaires afin d'utiliser ou comprendre les fonctionnalités du BIM, ce qui, selon lui, souligne des manquements en ce qui a trait aux formations.

Tel qu'abordé précédemment, la récente montée en croissance de l'utilisation des mégadonnées a considérablement bouleversé les modes et activités de travail (Hirschi, 2018). Ce bouleversement est, entre autres, causé par les organisations qui visent à générer de nouvelles informations en récoltant, traitant et synthétisant les mégadonnées (Zikopoulos et Eaton, 2011). Afin d'atteindre cet objectif, ces organisations et leurs ressources humaines doivent préalablement acquérir les compétences et les capacités techniques permettant d'utiliser les technologies d'agrégation et de visualisation des mégadonnées (Zikopoulos et Eaton, 2011). Ce sont donc ces compétences qui permettent de transformer les mégadonnées en actifs informationnels utilisables pour supporter la prise de décision et créer de la valeur (Zikopoulos et Eaton, 2011).

En fonction des résultats présentés plus haut et de ces fondements théoriques, on constate que certes les compétences pour utiliser le BIM et transformer les données du bâtiment en maquettes 3D sont indispensables, mais aussi les compétences reliées à la lecture de ces maquettes. En effet, il n'y aura qu'une faible valeur ajoutée si une organisation entreprend le processus de modélisation des

données du bâtiment en informations utilisables, mais que celles-ci sont difficilement interprétables par les professionnels devant les utiliser pour appuyer leur prise de décision. Cela illustre les propos de Chen et Zhang (2014) qui soutiennent qu'étant donné les multiples formes et échelles des mégadonnées, l'analyse de celles-ci doit être séparée du processus d'agrégation et de visualisation.

Ce constat met aussi en lumière l'enjeu de la disponibilité des mégadonnées lors de leur utilisation en gestion de projet présenté par Olsson et Bull-Berg (2014). Ces chercheurs argumentent que pour obtenir les pleins bénéfices du traitement et de la visualisation des mégadonnées, celles-ci doivent être représentées et disposées de façon à être analysées. En somme, dans ces projets, le manque de compétences et de connaissances de certains acteurs provoque un faible niveau de compréhension envers les informations illustrées dans les maquettes, ce qui signifie que, pour ces acteurs, les mégadonnées ne sont pas représentées de manière à être analysées et utilisées afin de les aider dans leur prise de décision.

À ce sujet, l'ingénieur patron du projet A (6A) est d'avis que le débalancement quant à la compréhension des informations générées par le BIM est originaire du fait que certains professionnels ont de la difficulté à s'adapter aux nouvelles spécificités à considérer. Autrement dit, le niveau de compréhension face aux informations contenues dans les maquettes du BIM diffère en fonction des professionnels impliqués. Cette affirmation est appuyée par le gestionnaire du projet A (5A) qui exemplifie que les utilisateurs finaux du bâtiment approuvent des modélisations, mais qu'ensuite ils exposent qu'ils ont mal compris ces modélisations et qu'elles ne répondent pas à leurs exigences de conception. Du coup, les modélisateurs et les autres professionnels concernés doivent s'ajuster et présenter d'autres modélisations. Similairement, le chef de projet du projet B (5B) soutient que, pour un clinicien, même si on lui présente une chambre d'hôpital en 3D dans un modèle BIM, il est très difficile pour celui-ci d'interpréter ces informations. Un ingénieur du projet B (3B) renchérit en précisant que la compréhension envers le BIM et les informations qui en ressortent varie aussi entre les professionnels de la construction.

Selon Holzer (2011), bien que le BIM facilite le partage d'informations, une trop grande disparité dans la compréhension de ces informations lors de la conception de projet risque d'impacter négativement la prise de décision. D'ailleurs, pour Intezari et Gressel (2017), l'interprétation des décisions appuyées par les mégadonnées est un enjeu d'envergure pour les organisations utilisant

celles-ci. Conséquemment, l'absence de compréhension commune envers les informations du BIM au sein de ces deux projets accentuerait potentiellement l'impact de cet enjeu. De ce fait, Alderman et Ivory (2011) soutiennent que de fortes divergences envers l'interprétation des informations peut mener à une compréhension altérée du projet, puisque les parties prenantes auront tous une vision différente. Il sera alors plus difficile d'établir une logique décisionnelle et cela peut diriger certains acteurs vers la confrontation, plutôt que vers une prise de décision collaborative (Thiry, 2011). Ainsi, selon la posture de l'école contextualiste, les disparités dans les interprétations des informations du BIM, que l'on observe dans ces deux projets, alourdissent le processus du cheminement vers le *Sensemaking* (Weick, 1995), car sans compréhension commune des informations les parties prenantes ne peuvent articuler un cadre décisionnel logique pour tous (Stingl et Geraldi, 2017a).

Nous avons antérieurement statué que certaines disciplines sont moins bien adaptées à l'utilisation du BIM. Cela est encore le cas en ce qui concerne l'interprétation des informations du BIM et la compréhension des décisions qui y sont reliées. Les intervenants 5A, 4A, 2B et 3B partagent cette opinion. Étant donné cet enjeu, l'intervenant 1A se questionne même quant à la pertinence du recours au BIM pour certaines disciplines, dont les professionnels spécialistes en métaux ouvrés architecturaux. À cet égard, Forsythe, Sankaran et Biesenthal (2015) avancent que l'échange d'informations ne peut être transparent puisque les difficultés d'utiliser et de comprendre les modèles du BIM n'ont pas les mêmes effets sur les différentes disciplines impliquées. Selon ces chercheurs, cela se traduit par une asymétrie de l'information et les tenants de l'école pluraliste spécifient qu'une décision prise dans un tel contexte risque d'être opaque et comprise de différentes manières par les parties prenantes (Geraldi et Stingl, 2016).

Ce faisant, tel que souligné par Flyvbjerg, Bruzelius, et Rothengatter (2003), il est possible pour certaines parties prenantes de bénéficier d'un partage d'informations incomprises afin d'émettre de fausses déclarations stratégiques. Dans le cas échéant, les stratégies décisionnelles et les décisions ne balanceront pas les intérêts et les exigences de la majorité des parties prenantes, mais seulement de quelques-unes (Winch, 2013). Cela va donc en contradiction les postulats des sciences sociales informatiques où les professionnels doivent collaborer dans un environnement décisionnel caractérisé par la pollinisation croisée des disciplines afin d'acheminer vers une compréhension commune de l'information et des décisions (Chang, Kauffman et Kwon, 2014).

Ainsi, les différents niveaux de compréhension des informations du BIM observés dans ces deux projets compromettent la prise de décision collaborative et multidisciplinaire.

Toutefois, les parties prenantes sont bien conscientes de cette problématique et cherchent à la résoudre dans le but d'atténuer ses conséquences négatives. En effet, le coordonnateur BIM du projet A (2A) explique qu'il est mandaté d'accompagner et d'aider les acteurs qui ont de la difficulté à comprendre les maquettes du BIM afin de leur apporter un maximum de clarification. Selon lui, cela exprime une volonté de transparence envers ces professionnels. Pareillement, le représentant du client au niveau de l'hôpital du projet B (4B) décrit que le client est assisté dans la lecture des maquettes, de sorte que les incompréhensions sont précisées et les décisions reliées à la résolution d'interférences sont prises collectivement pour que celles-ci soient transparentes et compréhensibles.

Ces résultats témoignent d'un autre parallèle avec les écrits de Forsythe, Sankaran et Biesenthal (2015) qui stipulent que gestion adéquate de l'asymétrie de l'information permet de minimiser plusieurs risques décisionnels lors de la gestion d'un projet de construction. Également, en adressant ces enjeux décisionnels, les parties prenantes réduisent en partie les dimensions sociale et organisationnelle de la complexité décisionnelle, puisque celles-ci proviennent notamment de lacune dans le transfert et la compréhension d'informations (Shi et al. 2020).

#### 6.3.4 Synthèse de l'influence du BIM sur la prise de décision collaborative lors de la conception de projet

Brièvement, le BIM assure une plus grande disponibilité de l'information et, par le fait même, accélère la prise de décision et celles-ci sont prises de manière plus éclairée. Le BIM sert alors de médium pour valider certaines décisions ou solutions avant qu'elles ne soient mises en place. Avec le BIM, les parties prenantes ont maintenant accès à plus d'informations, d'autant plus que la qualité de celles-ci est augmentée. Conséquemment, le BIM permet aussi de vérifier et de comparer les impacts des différentes options. Les intervenants sont alors en mesure d'attester que les corrections et les modifications à faire sont approuvées par les différents acteurs avant de les commencer. De surcroit, le BIM encourage la prise en compte des spécificités de chacune des disciplines et représente ainsi la solution optimale. Dès lors, une vérification des alternatives est permise par le BIM, ce qui favorise le ciblage préventif d'enjeux technique, ainsi que l'analyse de

l'impact que certaines modifications peuvent avoir sur les autres disciplines. Cependant, les variations dans la compréhension des informations du BIM par les parties prenantes posent plusieurs enjeux pour la prise de décision collaborative et multidisciplinaire, mais les intervenants sont conscients de cet enjeu et prennent les mesures nécessaires pour atténuer ses effets.

## 6.4 Contributions théoriques et pratiques

### 6.4.1 Contributions théoriques

Tel que spécifié dans notre méthodologie, cette présente recherche est de type exploratoire, puisque nous souhaitons éclaircir une problématique moindrement définie (Trudel, Simard et Vonarx, 2007). Nous avons alors identifié et relié différents concepts ou thèmes de notre revue de littérature avec les expériences partagées par les acteurs interviewés (Trudel, Simard et Vonarx, 2007). Les contributions théoriques de cette étude de cas s'échelonnent donc sous différents thèmes que nous détaillerons dans les pages qui suivent.

Les écrits portant sur la conception de projet sont nombreux. Or, à la lumière de notre revue de littérature, très peu de recherches considèrent cette étape de la gestion de projet de construction comme un environnement évolutif influencé par les technologies natives de la 4<sup>e</sup> révolution, et ce malgré leur utilisation croissante et la rapide projectification du travail (Walker et Lloyd-Walker, 2018). Dans cette étude, nous abordons la conception de projet sous la loupe des sciences sociales informatiques en joignant différents fondements théoriques de la gestion de projet, dont le cycle de vie, la prise de décision et la gestion des parties prenantes, aux expériences singulières de professionnels qui interviennent dans un contexte caractérisé par la juxtaposition technologique et la multidisciplinarité. Nous contribuons ainsi à l'avancement du champ académique de la gestion de projet en le combinant à des concepts et recherches issues des sciences informatiques, dont les mégadonnées et l'IA. Aussi, en procédant de la sorte, nous secondons l'identification des nouvelles variables, technologies et pratiques qui influenceront la recherche en gestion de projet dans les prochaines années.

En parallèle à cela, nous explorons que l'approche traditionnelle du cycle de vie d'un projet ne concorde pas avec les récents changements en gestion de projet, car cette approche se concentre

principalement sur l'exécution des projets, alors qu'actuellement la conception de projet est l'étape où les perspectives se conjuguent afin de coordonner le chevauchement et l'alignement des technologies et des professionnels. Conséquemment, les résultats de notre recherche mettent en évidence la proposition de Morris (2013a), où il recommande de prioriser et de délimiter le contexte d'un projet afin de mieux gérer la définition et la livraison de celui-ci.

Également, en combinant et en étudiant tous ces champs disciplinaires hors de la gestion de projet, nous avons été en mesure de révéler l'importance et la prépondérance de deux concepts phares au domaine propre de la conception de projet en mode BIM, soit la multidisciplinarité et la coordination. Certes, la réalisation d'un projet requiert nécessairement la participation de professionnels œuvrant dans des disciplines variées, mais l'avènement des mégadonnées et des technologies comme le BIM accélère et augmente cette variation de disciplines, ce qui accentue les besoins et les efforts en coordination lors de la gestion d'un projet, et plus particulièrement lors de la conception de celui-ci.

De plus, plusieurs chercheurs se questionnent quant aux impacts des changements imposés par l'utilisation du BIM. Entre autres, l'un des points focaux de la recherche de Forsythe, Sankaran et Biesenthal (2015) est que le BIM s'applique mieux pour certaines disciplines et que celles-ci obtiendront plusieurs avantages de son utilisation, alors que d'autres devront s'ajuster et subiront des effets un peu plus négatifs. Au travers de l'analyse de nos résultats, nous avons confirmé l'argumentaire de cette recherche à trois niveaux.

Premièrement, nous avons démontré qu'effectivement le BIM entraîne une redéfinition des rôles pour certains professionnels et que ceux-ci peinent à suivre ces nouvelles technicités dues à un manque de connaissances, ce qui entraîne des embuches pour la coordination et un repositionnement dans la culture organisationnelle. Deuxièmement, nous avons établi que les intervenants en structure bénéficient davantage de l'utilisation du BIM, car leurs maquettes sont beaucoup moins évolutives que celles d'autres disciplines, dont l'ingénierie mécanique. Troisièmement, nous avons attesté que les interprétations et les compréhensions envers les informations du BIM diffèrent en fonction des professionnels et de leur discipline relative. Les acteurs comprenant ces informations seront donc plus à même de capter les bénéfices de

l'utilisation du BIM. Ainsi, du fait de ces trois exemples concrets, nous venons contribuer aux assises théoriques préalablement édifiées par Forsythe, Sankaran et Biesenthal (2015).

Par la suite, nous avons aussi contribué aux théories provenant des sciences informatiques. En effet, plusieurs de nos résultats confirment certaines hypothèses des recherches de Janssen, van der Voort et Wahyudi (2017), ainsi que de Wang et al (2016), tout en amenant certains aspects un peu plus loin. Par exemple, nous avons illustré que les outils de visualisation des mégadonnées, tels que le BIM, ont le potentiel d'améliorer les pratiques en termes de gestion des parties prenantes, mais que l'incertitude entourant ces actifs technologiques complexifie l'atteinte de ces bénéfices. De surcroît, nous avons ajouté aux écrits de ces chercheurs en précisant que l'optimisation de l'utilisation de mégadonnées dépend non seulement de la confiance que les professionnels ont envers leurs rôles et responsabilités, mais aussi envers la technologie agrégeant les mégadonnées.

Enfin, les multiples perspectives offertes par les sciences sociales informatiques nous ont permis de conjuguer différents concepts et théories initialement absents de la gestion de projet traditionnel. À titre d'exemple, grâce aux modélisations des interférences entre les disciplines, le BIM permet de considérer des phénomènes sociaux, tels que la coordination des professionnels, comme des données et synthétiser celles-ci en information utilisable. En ce sens, par les résultats de cette recherche, nous statuons que les sciences sociales informatiques proposent des fondements théoriques adéquats pour circonscrire et analyser les rapides changements dans les approches et les pratiques en gestion de projet qui sont causés par cette 4<sup>e</sup> révolution industrielle.

#### 6.4.2 Contributions pratiques

Ensuite, nous précisons que la redéfinition des rôles et responsabilités en amont est un facteur critique influençant l'atteinte des bénéfices envisagés de l'utilisation du BIM. En effet, l'analyse de nos résultats suggère que la formalisation et la structuration d'un processus pour la résolution des interférences affichées sur les maquettes du BIM atténueraient certains enjeux, dont la hiérarchisation et la priorisation des parties prenantes. Cela nécessiterait donc une réorganisation des interactions entre les professionnels concernés, tel qu'avancé par Hirschi (2018). De même, les organisations devraient standardiser les maquettes du BIM afin que celles-ci se transposent entre les acteurs, du début jusqu'à la fin du projet. À l'opposé, des lacunes dans la redéfinition des rôles

et responsabilités des acteurs concernés engendrent plusieurs défis compromettant la collaboration multidisciplinaire et la juxtaposition technologique.

En outre, l'analyse de nos résultats sous-tend que cette réorganisation requiert que les professionnels aient préalablement des connaissances et compétences adéquates afin de bien remplir ces nouvelles responsabilités. Donc, nous contribuons à l'avancement des pratiques en gestion de projet de construction en avançant que les entreprises doivent investir davantage dans les formations permettant d'acquérir ces prérequis et en établissant un environnement et un cadre de gestion qui favorisent le transfert de connaissances et d'informations entre les intervenants. Du coup, cela permettrait aussi de progresser vers une compréhension commune des informations contenues dans les maquettes du BIM et ainsi d'acheminer vers une logique décisionnelle partagée par tout un chacun.

Enfin, cette étude de cas nous a permis de démontrer que l'adéquation des exigences des parties prenantes influence grandement les relations que celles-ci entretiennent. En ce sens, avant d'entreprendre la modélisation, les parties prenantes devraient mettre en commun leurs exigences et les résultats attendus, de sorte qu'il sera possible d'harmoniser ces aspects et ainsi de réduire les accrocs et les incompréhensions lors de la réalisation d'activités de travail. Cela serait notamment possible par l'établissement d'un cadre contractuel entre les entreprises qui circonscrirait l'utilisation des maquettes du BIM, ce qui faciliterait l'établissement et la compréhension d'une structure précisant la réalisation des activités du BIM, ainsi que les relations au sein de ces activités.

De cette façon, les attentes seraient potentiellement clarifiées et, du même coup, les arrimages entre les organisations et leurs parties prenantes seraient simplifiés. Ainsi, certains des enjeux énoncés plus haut seraient peut-être résolus par l'établissement de ces propositions. D'ailleurs, l'intervenant 4A indique que certains acteurs expriment une volonté d'évoluer vers un cadre contractuel incluant l'utilisation des maquettes du BIM. Ce n'était toutefois pas le cas pour aucun de ces deux projets. Donc, cette synchronisation des attentes doit non seulement être établie au niveau des intervenants, mais aussi entre les organisations afin de faciliter les relations contractuelles et d'agencer les pratiques de travail dans le cas de projets réalisés en consortium. Autrement dit, les bénéfices souhaités du traitement et de l'analyse des maquettes du BIM sont plus facilement atteignables par

la mise en place d'un cadre de gestion permettant une manipulation adéquate de ces actifs informationnels.

## **CHAPITRE 7 - CONCLUSION**

Dans ce chapitre, nous répondons aux trois volets de notre question de recherche et nous abordons les limites de cette recherche, ainsi que les avenues de recherche.

## 7.1 Réponse à la question de recherche

Ce projet de recherche avait pour but de répondre à la question suivante :

**Comment l'utilisation du BIM impacte la conception de projet de construction au travers de son influence sur les rôles et responsabilités des acteurs, sur la collaboration entre les parties prenantes et sur la prise de décision collaborative ?**

### 7.1.1 Impact de l'utilisation du BIM sur la conception de projet au travers de son influence sur les rôles et responsabilités des acteurs

D'abord, on constate que l'importance et la portée de la conception dans les projets de construction sont accentuées par l'utilisation du BIM. En effet, le recours à cette technologie provoque un transfert de responsabilités de la réalisation en chantier vers la conception. Ce faisant, la multidisciplinarité lors de la conception de projet est aussi accrue. Cela amplifie donc les besoins en coordination et en arrimages entre les parties prenantes lors de cette étape. De même, l'ajout de responsabilités dans cette phase intensifie les considérations temporelles de celles-ci, puisque davantage de travaux doivent être effectués dans un même laps de temps. Par ailleurs, on remarque que la coordination multidisciplinaire se réalise de manière graduelle, car certains intervenants arrivent à différents moments de la conception ou dans des phases ultérieures. De ce fait, en modélisant sur une même plateforme les conditions de réalisation des activités selon les disciplines des professionnels impliqués, le BIM réduit la dimension sociale de la complexité décisionnelle lors de la conception (Shi et al, 2020), mais cette multidisciplinarité progressive atténue ces bénéfices, étant donné que plusieurs acteurs n'intervenant pas lors de la conception ont d'importantes responsabilités pendant la mise en chantier.

En parallèle à cela, l'accroissement dans la portée de la conception des projets de construction est aussi notable par la redéfinition des rôles et responsabilités pour certains professionnels. Notamment, pour les dessinateurs, les spécialistes en ingénierie mécanique et les spécialistes en métaux ouvrés architecturaux le déplacement de la courbe d'effort de la réalisation vers la conception leur exige de considérer davantage de technicités et spécificités, ainsi que de traiter et comprendre plus d'informations. Par conséquent, certains intervenants peinent à remplir ou à comprendre leurs responsabilités qui se voient redéfinies. Ultimement, ces failles dans la

compréhension des responsabilités provoquent des enjeux pour la coordination des tâches durant la conception de projet (Sebastian, 2011). De plus, cette modification des rôles incite les entreprises à reconsidérer leurs processus et pratiques de gestion pendant la conception de projet (Forsythe, Sankaran et Biesenthal, 2015).

Sous un autre angle, certains intervenants perçoivent le transfert et la redéfinition des activités lors de conception positivement. Ceux-ci considèrent que, grâce à l'agrégation et à la visualisation des données du bâtiment, le BIM se présente comme un outil communicatif et collaboratif appuyant et simplifiant la résolution de problèmes lors de la conception. Ainsi, il est maintenant possible pour ces professionnels de consacrer plus de temps et d'efforts sur d'autres activités plus importantes. On perçoit ici que des acteurs s'adaptent mieux que d'autres à l'utilisation du BIM, ce qui influence leurs perceptions envers la technologie. Par ailleurs, concernant les aspects temporels de la conception, en n'ajustant pas le temps accordé à cette phase, des interférences peuvent être illustrées sur les maquettes du BIM, mais les intervenants ne pourront pas apporter les corrections nécessaires. Ce manquement à l'ajustement du temps dédié à la conception s'explique par le fait que certaines parties prenantes n'ont une visibilité adéquate sur les bénéfices réels du BIM.

#### 7.1.2 Impact du BIM sur la conception de projet de construction au travers de son influence sur la collaboration entre les parties prenantes

Les aspects plus négatifs de la redéfinition des responsabilités sont perceptibles lors de la résolution des interférences sur les maquettes du BIM. Effectivement, le manque de structure formalisant ce processus entraîne une priorisation et une hiérarchisation des parties prenantes qui sont incomprises par plusieurs. Les intervenants doivent négocier afin d'établir quel sera l'enchaînement des corrections, mais l'absence de cadre spécifiant quelle discipline est inconvenablement positionnée dans la maquette du BIM peut susciter des frictions entre les parties prenantes. Dès lors, le BIM impose aux organisations de peaufiner leur processus de coordination des parties prenantes, sans quoi il sera beaucoup plus ardu d'arrimer et d'aligner les responsabilités des multiples acteurs. Autrement dit, sans une structure précisant la résolution d'inférences, le recours au BIM lors de la conception donne lieu à une hiérarchisation des parties prenantes et à de potentiels conflits durant les négociations pour clarifier les marches à suivre. De plus, le travail en silo peut résulter de l'absence de méthodes clairement établies pour résoudre les interférences sur les maquettes du BIM.

Somme toute, ces enjeux sont contrebalancés par le fait que les ateliers de détections des interférences encouragent la collaboration et favorisent la familiarisation aux autres disciplines. C'est entre autres le support visuel qu'apportent les maquettes du BIM qui permet de mettre en commun les perspectives des acteurs et ainsi de faciliter la concertation des parties prenantes internes au projet. Le suivi de l'avancement du projet sera aussi simplifié pour les acteurs étant limités en construction ou en informatique. Grâce aux modélisations du BIM, ceux-ci sont plus à même de partager leurs attentes et préoccupations, ce qui supporte leur responsabilisation et leur engagement. L'établissement de saines relations de travail viendrait alors favoriser la réussite du projet. De ce fait, le BIM se présente comme un outil permettant de faciliter le balancement des divers intérêts et exigences des parties prenantes. Bref, la détection et la résolution des conflits sur les maquettes du BIM contribuent à l'engagement des parties prenantes, mais cela requiert une coordination préalablement établie. Autrement dit, les parties prenantes bénéficient des certains aspects positifs du BIM, mais cela est réduit par le manque de processus organisant la résolution des interférences. L'absence de ce processus est due à la complexité et l'incertitude provenant de l'utilisation du BIM qui accentuent les difficultés provenant de l'alignement des interventions des professionnels sur le bâtiment.

Puis, on observe que le BIM permet un transfert de connaissances entre les acteurs, ainsi qu'une communication accrue. Cela est possible grâce au rassemblement des professionnels autour d'une même maquette, puisque ceux-ci peuvent alors se familiariser avec les autres disciplines et ainsi partager des connaissances. Ils seront également mieux équipés pour suivre l'avancement du projet et de comprendre la portée des tâches à réaliser. Par conséquent, le BIM appuie la conjugaison multidisciplinaire et seconde les parties prenantes dans leurs compréhensions des interrelations qu'elles entretiennent. De même, le recours au BIM augmente le niveau de transparence pour le suivi de la progression des travaux. Effectivement, l'acquisition de nouvelles connaissances permet aux acteurs de comprendre davantage d'informations et ainsi ils sont plus à même de suivre et saisir l'avancement du projet. Ce faisant, certains aléas moraux présents dans la gestion de projet de construction sont potentiellement réduits. Cela est atteignable au travers de la communication accrue, mais, pour y arriver, la confiance des parties prenantes envers le BIM doit être obtenue en amont. De fait, l'atteinte de cette confiance requiert de la part des acteurs concernés de bonnes

compétences collaboratives et participatives pour faciliter l'exploration multidisciplinaire. Ainsi, le BIM souligne la criticité des compétences reliées au savoir-être.

Or, les disparités dans les compréhensions des objectifs et des ententes entre les professionnels posent un obstacle pour cette communication et collaboration multidisciplinaire. En effet, certaines parties prenantes ont des exigences envers les modélisations du BIM qui ne sont pas arrimées avec la réalité des projets et il est alors impossible de répondre à ces attentes. Conséquemment, la coordination entre les firmes pour l'atteinte des objectifs est complexifiée, d'autant plus que des réticences envers le BIM sont encore perceptibles dans les négociations entourant les conditions d'utilisation des maquettes du BIM et cela se répercute dans les relations contractuelles qu'entretiennent les entreprises en construction. À cet égard, l'une des raisons expliquant que dans le cadre contractuel les fonctions et l'utilisation du BIM ne soient pas circonscrites selon les particularités des disciplines impliquées est que le caractère évolutif des maquettes BIM de certaines disciplines est incompris par les donneurs d'ouvrages.

#### 7.1.3 Impact de l'utilisation de BIM sur la conception de projet de construction au travers de son influence sur la prise de décision collaborative

L'utilisation du BIM lors de la conception de projet de construction provoque une plus grande disponibilité de l'information et donc la prise de décision se voit être accélérée et elle est plus éclairée. Plus précisément, le BIM simplifie la compréhension des données multidimensionnelles et complexes en représentant graphiquement les interférences entre les disciplines, permet d'accéder plus rapidement aux informations et bonifie la mémoire des parties prenantes. Au travers de ces différents mécanismes, le BIM supporte la validation de décisions et encourage l'adhésion des parties prenantes. Effectivement, avec l'aide de cette technologie, le client peut confirmer que les composantes des maquettes répondent à ses besoins et donc valider que les décisions de conception respectent ses exigences. Les risques décisionnels présents lors de la conception de projet sont alors potentiellement réduits et la dimension technique de la complexité décisionnelle est atténuée. De fait, le BIM augmente la quantité d'information disponible, mais aussi la qualité de celle-ci. Il est donc plus évident de prendre des décisions sur des aspects moins bien documentés auparavant, d'évaluer l'avancement de la conception de projet afin de s'ajuster en conséquence et ainsi de guider la prise de décision des gestionnaires de projet.

Subséquentement, le BIM simplifie la vérification et la comparaison des multiples alternatives en illustrant graphiquement les conditions de conception. Ainsi, les intervenants peuvent vérifier que les corrections et modifications à apporter sont acceptées par les parties prenantes avant de les mettre en place. La qualité des décisions est alors renforcée, puisque le BIM permet de vérifier si ces décisions résulteront en des installations respectant les exigences de conception, et ce tout en arrimant les intérêts des parties prenantes. D'ailleurs, cela encourage le ciblage et la résolution préventive de problèmes techniques, mais aussi l'analyse de l'impact que certains changements peuvent avoir sur les parties prenantes. L'incertitude décisionnelle est aussi réduite, car les interrelations qu'entretiennent les diverses disciplines et les interférences entre celles-ci sont représentées graphiquement et parce que le BIM augmente le nombre d'options pouvant être considérées par les intervenants.

Par contre, l'accroissement de la portée en conception engendre de nouveaux types de décisions à prendre et les informations contenues dans les maquettes du BIM peuvent être difficilement interprétables par certains professionnels. Ainsi, il est difficile pour ceux-ci de prendre ces nouvelles décisions. Les compétences reliées à la lecture des maquettes gagnent donc en importance, puisque pour ces acteurs, les mégadonnées dans les maquettes ne sont pas représentées de manière à être analysées et utilisées afin de les aider dans leur prise de décision. Ce déséquilibre quant à la compréhension des informations générées par le BIM est originaire du fait que certains professionnels ont de la difficulté à s'adapter aux nouvelles spécificités à considérer. Or, une trop grande disparité dans la compréhension de ces informations lors de la conception de projet risque d'impacter négativement la prise de décision si les stratégies décisionnelles et les décisions ne balancent pas les intérêts et les exigences de la majorité des parties prenantes, mais seulement de quelques-unes. Bref, les parties prenantes sont bien conscientes de cette problématique et cherchent à la résoudre dans le but d'atténuer ses conséquences négatives.

## 7.2 Limites et avenues de recherche

Bien que cette recherche utilise une démarche scientifique et que celle-ci nous a permis de répondre aux différentes composantes de notre problématique, tout en contribuant à l'avancement de théories et des pratiques en gestion de projet, elle comporte quelques limites. Ces limites sont notamment

causées par notre type de recherche, notre stratégie de collecte de données, notre outil de collecte de données, ainsi que l'échantillonnage.

D'emblée, nous avons initialement statué que cette recherche est de type exploratoire, ce qui signifie que nous avons identifié et mis en relation des variables présentes dans les expériences partagées par les acteurs interviewés (Trudel, Simard et Vonarx, 2007). Or, dans un tel type de recherche, le chercheur est au centre du processus d'analyse (Starks et Trinidad, 2007) et donc le chercheur peut potentiellement introduire certains éléments subjectifs qui lui sont propres, influençant alors la présentation et l'interprétation des résultats (Tufford et Newman, 2010). Même si nous avons atténué les effets de cet enjeu, il est possible que les résultats présentés et analysés soient partiellement teintés de la subjectivité du chercheur. Ainsi, les résultats cette recherche peuvent servir de fondements pour de futures recherches, de sorte que nos résultats seront précisés (Trudel, Simard et Vonarx, 2007).

Puis, les entrevues semi-dirigées furent notre unique outil de collecte de données. Avec l'utilisation d'un tel outil, il est possible que les informations partagées par les acteurs interviewés fussent influencées par notre protocole d'entrevue et alors celles-ci n'étaient pas pleinement objectives. Aussi, même si nous avons instauré un climat de confiance et d'ouverture au début des entrevues, il se peut que quelques acteurs ne fussent pas à l'aise de nous communiquer certaines informations clés. Par ailleurs, il est probable que l'échantillon sélectionné ne représente pas l'ampleur des projets à l'étude. Effectivement, nous avons réalisé douze entrevues, mais chacun des projets comporte des centaines de parties prenantes internes. De surcroît, les rôles des intervenants interrogés ne sont pas répartis également entre les projets. Nous avons deux architectes dans le projet A, mais aucun dans le projet B. Nous avons un représentant du client dans le B, mais aucun dans le projet A. En ayant réparti également les rôles entre les deux projets, nous aurions facilité la comparabilité des données.

En outre, ce projet de recherche ne visait pas à valider si les maquettes du BIM génèrent réellement des mégadonnées. Certes, les maquettes du BIM comportent des données caractérisées par un fort volume, une rapide vélocité et une variété élevée, mais l'analyse de nos cas ne permet pas de confirmer si les résultats peuvent s'appliquer dans un contexte d'analyse de mégadonnées. Effectivement, l'utilisation du BIM pour un seul bâtiment n'est pas assez large et puissante pour

fournir des solutions matérielles ou algorithmiques de l'analyse de mégadonnées, tel que dans d'autres domaines dont l'ingénierie logicielle ou la finance (Correa, 2015). Or, cela constitue une avenue de recherche intéressante : les maquettes du BIM pourraient être perfectionnées afin de représenter un ensemble de bâtiments ou un complexe immobilier, voir même une ville, pour ainsi accroître la connectivité et le partage d'informations entre ces installations et leurs responsables, ce qui accélérerait la progression vers les villes intelligentes. Dans cette optique, le recours aux techniques d'analyse et de traitement des mégadonnées dans les modélisations du BIM s'avèrerait approprié (Correa, 2015).

Une autre limite est que nous avons porté une trop grande attention à la conception de projet, alors que notre collecte de données considère la conception et la planification. En effet, tel qu'abordé précédemment, les deux projets étudiés s'inscrivent dans la directive sur la gestion de grands projets d'infrastructures publique de la province, ce qui signifie que certaines activités de la conception et de la planification sont entamées au même moment. Par conséquent, en ayant exploré davantage la phase de planification dans notre revue de littérature, nous aurions établi d'autres liens avec les résultats obtenus. De plus, en organisant notre questionnaire de façon à considérer la planification, nous aurions récolté de différents résultats. Ainsi, de par l'inconsidération de la phase de planification, la portée de cette recherche est réduite.

Enfin, les résultats de la présente recherche proposent plusieurs autres avenues de recherche. Notamment, il serait pertinent de réaliser des recherches sur l'impact du BIM lors de la conception de projet construction, mais cette fois-ci pour des projets étant mandatés et gérés par des organismes privés, et non publics. Aussi, nos résultats suggèrent qu'il y a une pression croissante pour répondre aux besoins des organisations en matière de connaissances et compétences techniques. De futures recherches pourraient alors investiguer l'impact de cette montée en besoins techniques sur les pratiques en gestion de projet. De plus, notre recherche ne se concentre que sur l'étape de conception des projets. Nous proposons donc des recherches sur l'impact du BIM sur les phases ultérieures des projets, soit la planification, l'exécution et la clôture. Similairement, nous proposons des recherches portant sur des aspects précis de nos résultats, soit le rôle que peut jouer le BIM dans le transfert de connaissances, ainsi que l'impact des changements dans les rôles et responsabilités des parties prenantes causées par l'utilisation du BIM. Bref, de futures recherches devraient déterminer comment les données amassées dans les maquettes du BIM pourraient être

intégrées à des algorithmes d'apprentissage automatiques dans le but d'automatiser certains processus en gestion de projet de construction et d'accroître la productivité.

ANNEXE A  
PROTOCOLE D'ENTREVUE

**1. Introduction (5 à 10 minutes)**

Puisque les entretiens se feront en ligne, nous enverrons les formulaires de consentement quelques jours avant le déroulement de celles-ci. Les participants devront nous renvoyer ce formulaire signé avant le commencement de l'entretien.

Au début de chaque entretien, nous rappelons au participant le sujet et l'objectif de cette étude. Ainsi, nous expliquons à chacun d'eux que nous souhaitons comprendre comment le BIM influence la prise de décision collaboration et les relations des parties prenantes dans la conception des projets de constructions. Nous précisons que nous voulons comprendre sa perspective sur les situations présentées. Nous présentons alors les procédures de cette entretien et nous abordons brièvement les démarches méthodologiques de cette recherche. Enfin, lors de cette introduction, nous spécifions le caractère confidentiel de cette entretien et nous demandons au participant s'il est toujours d'accord à ce que l'audio de l'entretien soit enregistré. Nous voulons être le plus transparent possible afin d'instaurer un climat de confiance entre le chercheur et le participant.

**2. Questions d'entretiens (30 à 35 minutes)**

a. : *Fonctions et responsabilités du participant*

2.1.1. Pouvez-vous me décrire votre rôle et vos responsabilités lors de la conception des projets dans lesquels vous œuvrez ?

2.1.2. Depuis combien de temps exercez-vous ces fonctions et quel est votre niveau d'expérience avec le BIM ?

b. : *Interactions entre les parties prenantes lors de la conception*

2.2.1. Pouvez-vous me décrire certains enjeux liés à la collaboration et la coordination entre les parties prenantes que vous vivez lors de la conception d'un projet ?

2.2.2. Pouvez-vous me décrire le rôle du BIM dans ces situations ? Venait-il résoudre ou amplifier ces enjeux et pourquoi ?

2.2.3 Quels sont les effets du BIM que vous percevez sur les relations entre les parties prenantes du projet ?

c. : *Prise de décision lors de la conception*

2.3.1. Pouvez-vous me décrire certains enjeux relatifs à la prise de décision que vous vivez lors de la conception d'un projet ?

2.3.2. Pouvez-vous me décrire le rôle du BIM dans ces situations ? Venait-il résoudre ou amplifier ces enjeux et pourquoi ?

2.3.3. Quels sont les effets du BIM que vous percevez sur la prise de décision ?

d. : *Utilisation du BIM :*

2.4.1. Selon vous, quels sont les facteurs ou éléments à considérer lors de l'utilisation du BIM ?

2.4.2. Pouvez-vous m'expliquer comment une organisation ou des parties prenantes pourraient augmenter leur niveau de maturité envers le BIM?

2.4.3. Pour conclure, pouvez-vous me décrire un bon coup et un mauvais coup que vous avez vécus lors de l'utilisation du BIM pour la conception d'un projet ?

### **3. Conclusion (+/- 2 minutes)**

À la fin de l'entrevue, nous demanderons au participant s'il a des questions ou commentaires et nous le remercierons pour sa contribution à notre recherche.

## BIBLIOGRAPHIE

- Aaltonen, K. et al. (2015). Stakeholder Dynamics During the Project Front-End: The Case of Nuclear Waste Repository Projects. *Project Management Journal*, 56(6), 15-41. DOI 10.1002/pmj.21549
- Aaltonen, K. et Kujala, J. (2010). A project lifecycle perspective on stakeholder influence strategies in global projects. *Scandinavian Journal of Management*, 26(4), 381-397. DOI <https://doi.org/10.1016/j.scaman.2010.09.001>
- Aaltonen, K. et Sivonen, R. (2008). Response strategies to stakeholder pressures in global projects. *International Journal of Project Management*, 27(1), 131-141. DOI 10.1016/j.ijproman.2008.09.007
- Abbasnejad, B. et Moud, H-I. (2013). BIM and Basic Challenges Associated with its Definitions, Interpretations and Expectations. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 3(2), 287-294. ISSN 2248-9622
- Agrawal, A. Gans, J. et Goldfarb, A. (2017). How AI Will Change the Way We Make Decisions. *Harvard Business Review*. Récupéré de <https://hbr.org/2017/07/how-ai-will-change-the-way-we-make-decisions>
- Agrawal, A. Gans, J. et Goldfarb, A. (2019). How AI Will Change Strategy : A Thought Experiment. Dans *Artificial Intelligence* (145-152). Boston : Harvard Business Review Press.
- Akkermans, H. et van Oorschot, K.E. (2016). Pilot Error? Managerial Decision Biases as Explanation for Distributions in Aircraft Development. *Project Management Journal*, 47(2), 79-102. DOI 10.1002/pmj.21585
- Al Nahyan, M-T. et al. (2019). Communication, coordination, decision-making and knowledge-sharing : a case study in construction management. *Journal of Knowledge Management*, 23(9), 1764-1781. DOI 10.1108/JKM-08-2018-0503
- Alderman, N. et Ivory, C. (2011). Projects: Translation and Convergence in Projects: An Organizational Perspective on Project Success. *Project Management Journal*, 42(1), 17-30. DOI doi:10.1002/pmj
- Anadon, M. et Guillemet, F. (2007). La recherche qualitative est-elle nécessairement inductive ? *Recherches qualitatives*, 5(1), 26-37. Récupéré de [http://www.recherche-qualitative.qc.ca/documents/files/revue/hors\\_serie/hors\\_serie\\_v5/anadon.pdf](http://www.recherche-qualitative.qc.ca/documents/files/revue/hors_serie/hors_serie_v5/anadon.pdf)
- Anadon, M. et Savoie Zajc, L. (2009). Introduction : L'analyse qualitative des données. *Recherches qualitatives*, 28(1), 1-7. Récupéré de [http://www.recherche-qualitative.qc.ca/documents/files/revue/edition\\_reguliere/numero28\(1\)/numero\\_complet\\_28\(1\).pdf](http://www.recherche-qualitative.qc.ca/documents/files/revue/edition_reguliere/numero28(1)/numero_complet_28(1).pdf)
- Anney, V. N. (2014). Ensuring the quality of the findings of qualitative research: looking at trustworthiness criteria. *Journal of Emerging Trends in Educational Research and Policy Studies*, 5(2), 272-281. Récupéré de <https://pdfs.semanticscholar.org/1419/f7b54e6b7f1215717a5056e0709f8946745b.pdf>
- Arlt, M. (2010). *Advancing the maturity of project portfolio management through methodology and metrics refinements* (Thèse de doctorat). Royal Melbourne Institute of Technology. Récupéré de <https://core.ac.uk/download/pdf/15618635.pdf>

- Asmussen, J-N. et al. (2018). When to integrate strategic and tactical decisions? Introduction of an asset/inventory ration guiding fit for purpose production planning. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 48(5), 565-568. DOI 10.1108/IJPDLM-02-2018-0058
- Autor, D.H. (2015). Why are they still so many jobs? The history and future of workplace automation. *Journal of Economic Perspectives*, 29(3), 3-30. DOI, <http://dx.doi.org/10.1257/jep.29.3.3>
- Avenier, M-J. (2011). Les paradigmes épistémologiques constructivistes : post-modernisme ou pragmatisme ? *Management et Avenir*, 43(3), 372-391. DOI 10.3917/mav.043.0372
- Bader, V. et Kaiser, S. (2019). Algorithmic decision-making ? The user interface and its role for human involvement in decisions supported by artificial intelligence. *Organization*, 26 (5), 655-672. DOI 10.177/135058419855714
- Ballou, H.R. (1989). Heuristics: Rules of Thumb For Logistics Decision Making. *Journal of Business Logistics*, 10(1), 122-32. DOI 0735376I21581592
- Baxter, P. et Jack, S. (2008). Qualitative Case Study Methodology: Study Design and Implementation for Novice Researchers. *The Qualitative Report*, 13(4), 544-556. DOI <https://doi.org/10.46743/2160-3715/2008.1573>
- Benbasat, I. Goldstein, K.D. et Mead, M. (1987). The Case Research Strategy in Studies of Information Systems. *MIS Quarterly*, 11(3), 369-386. DOI <https://doi.org/10.2307/248684>
- Bosch-Sijtsema, P. et Gluch, P. (2021). Challenging construction project management institutions: the role and agency of BIM actors. *International Journal of Construction Management*, 21(11), 1077-1087. DOI: 10.1080/15623599.2019.1602585
- Brockmann, E. et Anthony, W. (2002). Tacit Knowledge and Strategic Decision Making. *Group & Organization Management*, (27)4, 436-455. DOI 10.1177/1059601102238356
- Bryde, D. Broquetas, M. et Volm, J-M. (2013). The project benefits of Building Information Modeling (BIM). *International Journal of Project Management*, 31(1), 971-980. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.12.001>
- Brynjolfsson, E. et Mitchell. T. (2017). What can machine learning do? Workforce implications. *Science Magazine*, 358 (6720), 1530-1535. DOI: 10.1126/science.aap8062
- Butterfield, D.L. et al. (2005). Fifty years of the critical incident technique: 1954-2004 and beyond. *Qualitative Research* 5(4), 475-497. DOI <https://doi.org/10.1177/1468794105056924>
- Carroll, G.R. et Hannan, M.T. (1989). Density delay in the evolution of organizational populations: A model and five empirical tests. *Administrative Science Quarterly*, 34(3), 411- 430. DOI 10.2307/2393151
- Cha, J. Newman, M. et Winch, G. (2018). Revisiting the project management knowledge framework. *International Journal of Managing Projects in Business*, 11(4), 1016-1043. DOI DOI 10.1108/IJMPB-11-2017-0147
- Chang, R.M. Kauffman, R.j et Kown, Y. (2014). Understanding the paradigm shift to computational social science in the presence of big data. *Decision Support Systems*, 63(1), 67-80. DOI <https://doi.org/10.1016/j.dss.2013.08.008>

- Chell, E. (1998). Critical Incident Technique. Dans *Methods and Analysis in Organizational Research*, (51-72). Thousand Oaks: Sage Publications.
- Chen, C.P. et Zhang, C-Y. (2014). Data-intensive applications, challenges, techniques and technologies: a survey on Big Data. *Information Sciences*, 275(1), 314-347. DOI 10.1016/J.INS.2014.01.015
- Chen, H. Chieng, R.H. et Storey, V.C. (2012). Business intelligence and analytics: from big data to big impact. *MIS Quarterly*, 36 (4), 1165-1188. DOI 10.2307/41703503
- Chen, Y. et al. (2014). Risk perception and propensity in bid/no-bid decision making of construction projects. *Engineering Construction and Architectural Management*, 22(1), 2-20. DOI 10.1108/ECAM-01-2013-0011
- Choo, C. W. (1991). Towards an information model of organizations. *The Canadian Journal of Information Science*, 16(3), 32-62. DOI
- Clark, D.N. (1997). Strategic management tool usage: a comparative study. *Strategic Change*, 6(7), 417-427. DOI [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1697\(199711\)6:7<417::AID-JSC281>3.0.CO;2-9](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1697(199711)6:7<417::AID-JSC281>3.0.CO;2-9)
- Correra, F. (2015). Is BIM Big Enough to Take Advantage of Big Data Analytics ?. Communication à la conférence 32<sup>nd</sup> *International Symposium On Automation and Robotics in Construction*. DOI: 10.22260/ISARC2015/0019
- Creswell, W.J. (2013). *Qualitative Inquiry & Research Design: Choosing Among Five Approaches*. Londres : SAGE Publications Inc.
- Dale, S. (2015). Heuristics and biases: The science of decision-making. *Business Information Review*, 32(2), 93-99. DOI 10.1177/0266382115592536
- Davenport, T. (2019). *How to Put the Artificial Intelligence Revolution to Work*. Cambridge : MIT Press.
- De Ketele, J-M. (2010). La recherche scientifique en éducation : Quels critères de qualité ? *Education Sciences & Society*, 1(1), 21-39. Récupéré de <https://www.semanticscholar.org/paper/La-recherche-scientifique-en-%C3%A9ducation%3A-Quels-de-Ketele/edb5fb6a46532a6c3f7e4960beab7d95bdc01ced>
- De Mauro, A. Greco, M. et Grimaldi, M. (2015). What is big data? A consensual definition and a review of key research topics. *AIP Conference Proceedings*, 1644(97), 97-104. DOI 10.1063/1.4907823
- Debnath, R. et al. (2020). A nested computational social science approach for deep narrative analysis in energy policy research. *SocArXiv*, X(XX), 1-21. DOI 10.31235/osf.io/hvcb5
- Delisle, J. (2019). *Tensions et paradoxes temporels en contexte multiprojets*. (Thèse de doctorat). Université du Québec à Montréal. Récupéré de <https://archipel.uqam.ca/13438/1/D3688.pdf>
- Deslauriers, J-P. (1991). Recherche qualitative : guide pratique. Montréal : McGraw-Hill.
- Dieckman, J. (1992). Risk analysis : lessons from artificial intelligence. *International Journal of Project Management*, 10(2), 75-80. DOI:10.1016/0263-7863(92)90059-i
- Drucker-Godard, C., Ehlinger, S. et Grenier, C. (2003). Validité et fiabilité de la recherche. Dans *Méthodes de recherche en management* (257-287). Paris : Dunod.

- Drucker, P. (1967). The effective decision. *Harvard Business Review*, 45(1), 92-98. Récupéré de <https://hbr.org/1967/01/the-effective-decision>
- Duan, Y. Edwards, J. et Dwivedi, K. (2019). Artificial intelligence for decision making in the era of Big Data – evolution, challenges and research agenda. *International Journal of Information Management*, 48(1), 63-71. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.01.021>
- Dumez, H. et Jeunemaître, A. (2005). La démarche narrative en économie. *Revue économique*, 56 (4), 983-1005. Récupéré de <https://www.cairn.info/revue-economique-2005-4-page-983.htm>
- Edelmann, A. et al. (2020). Computational Social Science and Sociology. *Annual Review of Sociology*, 46(1), 61-81. DOI doi:10.1146/annurev-soc-121919-054621
- Einhorn, J.H. et Hogarth, M.R. (1981). Behavioral Decision Theory: Processes of Judgment and Choice. *Journal of Accounting Research*, 19(1), 1-31. DOI: 10.2307/2490959
- Eisenhard, K.M. et Grabner, M.E. (2007). Theory building from cases: Opportunities and challenges. The Academy of Management Journal, 50(1), 25-32. DOI <https://doi.org/10.5465/amj.2007.24160888>
- Elliot, R. et Timula, L. (2005). Descriptive and interpretive approaches to qualitative research. Dans *A Handbook of Research Methods for Clinical and Health Psychology* (147-160). Oxford: Oxford University Press.
- Ezer, N. et al. (2019). Trust Engineering for Human-AI Teams. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, 63(1), 322–326. DOI <https://doi.org/10.1177/1071181319631264>
- Farrant, M-A. (2019). *Automatisation, intelligence artificielle et main d'œuvre : les enjeux*. (Essai de maîtrise non publié). Université du Québec à Montréal.
- Fazli, A. et al. (2014). Appraising effectiveness of Building Information Management BIM in project management. *Procedia Technology*, 16(1), 1116-1125. DOI 10.1016/j.protcy.2014.10.126
- Findeisen, W. et Quade, E.S. (1985). The methodology of systems analysis: an introduction and overview. Dans *Handbook of Systems Analysis. Overview of Uses, Procedures, Applications, and Practice*. New York : Elsevier.
- Flyvbjerg, B. (2012). Quality control and due diligence in project management: Getting decisions right by taking the outside view. *International Journal of Project Management*, 31(1), 760-774. DOI <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.10.007>
- Flyvbjerg, B. Bruzelius, N. et Rothengatter, W. (2003). *Megaprojects and Risk : An Anatomy of Ambition*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Forsythe, P. Sankaran, S. et Biesenthal, C. (2015). How Far Can BIM Reduce Information Asymmetry in the Australian Construction Context?. *Project Management Journal*, 46(3), 75-87. DOI 0.1002/pmj
- Fortin, F. (2010). *Fondements et étapes du processus de recherche: méthodes quantitatives et qualitatives*. (2e édition). Montréal : Chenelière Éducation.
- Fortin, M-F et Gagnon, J. (2016). *Fondement et étapes du processus de recherche : Méthodes quantitatives et qualitatives*. Montréal: Chenelière
- Freeman, R. (1984). *Stakeholder management: A strategic approach*. New York: Pitman.

- Fryling, M. (2010). Estimating the impact of enterprise resource planning project management decisions on post-implementation maintenance cost : a case study using simulation modeling. *Enterprise Information Systems*, 4(4), 391-421. DOI: 10.1080/17517575.2010.519785
- Gagnon, Y-C. (2012). *L'étude de cas comme méthode de recherche*. Montréal : Presses de l'Université du Québec
- Geraldi, J. et Stingl, V. (2016). From Visions of Grandeur ton Grand Failure : Alternative schools of descriptive decision theories to explain the Berlin Brandenburg. *Proceedins of EURAM 2016 Academy of Management*. Paris. Récupéré de <https://orbit.dtu.dk/en/publications/from-visions-of-grandeur-to-grand-failure-alternative-schools-of->
- Ghaffarianhoseini, A. et al. (2016). Building Information Modeling (BIM) uptake: Clear benefits, understanding its implementation, risks and challenges. *Renewable and Suistanable Energy Reviews*, X(XX), 1-8. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.083>
- Gourdin, K.N. (2001). *Global Logistics Management : A Competitive Advantage for the 21<sup>st</sup> Centutry*. Oxford: Wiley – Blackwell.
- Greene, J. (2010). Knowledge accumulation: Three views on the nature and role of knowledge in social science. Dans *Qualitative educational research: Readings in reflexive methodology and transformative practice* (63-77). New York : Routledge.
- Gremler, D.D. (2004). The Critical Incident Technique in Service Research. *Journal of Service Research*, 7(1), 65-89. DOI 10.1177/1094670504266138
- Guion, A.L. Diehl, C.D. et McDonald, D. (2011). Triangulation: Establishing the Validity if Qualitative Studies. *University of Florida: IFAS Extension*. Récupéré de <https://fr.scribd.com/doc/255266673/Triangulation-establishing-Validity-of-Qualitative-Studies>
- Gupta, M. et Boyd, L. (2008). Theory of constraints : a theory for operations management. *International Journal of Operations and Production Management*, 28(10), 991-1012. DOI 10.1108/01443570810903122
- Hammersley, M. et Atkinson, P. (1983). *Ethnography: Principles in practice*. New York: Routledge.
- Hendricks, F.V. (2006). *Mainstream and Formal Epistemology*. Cambridge: Cambridge University Press
- Hendrickson, C. et al. (1987). An Expert System for Construction Planning. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 1(4), 1-26. DOI : 10.1061/(ASCE)0887-3801(1987)1:4(253)
- Herazo, B. Lizarralde, G. et Paquin, R. (2012). Sustainable Development in the Building Sector : A Canadian Case Study on the Alignment of Strategic and Tactical Management. *Project Management Journal*, 43(2), 84-100. DOI: 10.1002/pmj.21258
- Hiller, J. (2016). Epistemological Foundations of Objectivist and Interpretivist Research. Dans *Music Therapy Research* (99-127). Dallas: Barcelona Publishers.
- Hirschi, A. (2018). The Fourth Industrial Revolution: issues and implications for career research and practice. *Career Development Quarterly*, 66(3), 192-204. DOI <https://doi.org/10.1002/cdq.12104>
- Hlady Rispal, M. (2002). *La méthode des cas: application à la recherche en gestion*. Bruxelles : De Boeck Université.

- Hoffman, R. (2016). Using Artificial Intelligence to Set Information Free. *MIT Sloan Management Review*, 58(1), 20-27. Récupéré de <http://mitsmr.com/2cFPiuo>
- Holzer, D. (2011). BIM's Seven Deadly Sins. *International Journal of Architectural Computing*, 4 (9), 463-480. DOI 10.1260/1478-0771.9.4.463
- Huberman, M., & Miles, M.B. (1991). Analyse des données qualitatives: recueil de nouvelles méthodes. Bruxelles: De Boeck Université.
- Hutchinson, M.C.J. et Gigerenzer, G. (2005). Simple heuristics and rules of thumb: Where psychologists and behavioural biologists might meet. *Behavioural Processes*, 69(2), 97-124. DOI <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2005.02.019>
- Idler, D.B. et Spang, K. (2019). IT project decisions: conclusions and recommendations for corporate practice. *International Journal of Managing Projects in Business*, 12(4), 1030-1060. DOI 10.1108/IJMPB-04-2018-0082
- Intezari, A. et Gressel, S. (2017). Information and reformation in KM systems : big data and strategic decision-making. *Journal of Knowledge Management*, 21(1), 71-91. DOI 10.1108/JKM-07-2015-0293
- Jäger, C. (2008). *The principal-agent: Theory within the context of economic sciences*. Hamburg: Books on Demand.
- Jankovic, M. Stal-Le Cardinal, J. et Bocquet, J-C. (2010). Collaborative Decision-Making in Design Project Management. A Particular Focus on Automotive Industry. *Journal of Decision Systems*, 19(1), 93-116. DOI 0.3166/jds.19.93-116
- Janssen, M. van der Voort, H. et Wahyudi, A. (2017). Factors influencing big data decision-making quality. *Journal of Business Research*, 70(1), 338-345. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2016.08.007>
- Jarrahi, M.H. (2018). Artificial intelligence and the future of work: Human-AI symbiosis in organizational decision making. *Business Horizons*, 61(4), 577-586. DOI 10.1016/j.bushor.2018.03.007
- Jensen, M.C. et Meckling, W.H. (1976). Theory of the firm : Managerial behavior, agency costs and ownership structure. *Journal of Financial Economics*, 3(4), 305-360. DOI [https://doi.org/10.1016/0304-405X\(76\)90026-X](https://doi.org/10.1016/0304-405X(76)90026-X)
- Kalantari, B. (2010). Herbert A. Simon on making decision: enduring insights and bounded rationality. *Journal of Management History*, 16(4), 509-520. DOI 10.1108/17511341011073988
- Keil, M. et al. (2000). A Cross-Cultural Study on Escalation of Commitment Behavior in Software Projects. *MIS Quarterly*, 24(2), 299-325. DOI 10.2307/3250940
- Killen, P. C. Geraldi, J. et Kock, A. (2020). The role of decision maker's use of visualizations in project portfolio decision making. *International Journal of Project Management*, 38 (1), 267-277. DOI <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2020.04.002>
- Kim, J. I. Kim, J. Fischer, M. et Orr, R. (2015). BIM-based decision-support method for master planning of sustainable large-scale developments. *Automation in Construction*, 58(1), 95-108. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2015.07.003>
- Kiridena, S. et Sense, A. (2016). Profiling Project Complexity: Insights from Complexity Science and Project Management Literature. *Project Management Journal*, 47 (6), 56-74. DOI: 102294\_PMJ\_04\_056-074

- Klein, H.K. et Myers, M.D. (1999). A set of principles for conducting and evaluating interpretive field studies in information systems. *MIS Quarterly*, 23(1), 67-94. DOI: 10.2307/249410
- Knudsen, C. (2003). Pluralism, Scientific Progress, and the Structure of Organization Theory. Dans *The Oxford Handbook of Organization Theory* (262-288). Oxford: Oxford University Press.
- Ko, C-H. et Cheng, M-Y. (2007). Dynamic Prediction of Project Success Using Artificial Intelligence. *Journal of Construction Engineering and Management*, 133(4), 316-324. DOI: 10.1061/ ASCE 0733-9364 2007 133:4 316
- Kokshagina, O. et al. (2016). Portfolio Management in Double Unknown Situations: technological Platforms and the Role of Cross-Application Managers. *Creativity and innovation management*, 25(2), 270-291. DOI <https://doi.org/10.1111/caim.12121>
- Kolbjornsrud, V. Amico, R. et Thomas, R. (2016). Partnering with AI : how organizations can win over skeptical managers, *Strategy & Leadership*, 45 (1), 37-43. doi : 10.1108/SL-12-2016-0085
- Koseoglu, M.A., Tetteh, I.L et King, B. (2019). Decisions tools : A systematic literature review, co-citation analysis and future research directions, *Nankai Business Review International*, 10(4), 591-617. DOI <https://doi.org/10.1108/NBRI-07-2018-0045>
- Ksiazek, M-V. et al. (2014). Computer-Aided Decision Making in Construction Project Development. *Journal of Civil Engineering and Management*, 21(2), 248-259. DOI 10.3846/13923730.2014.996250
- Kvalnes, O. (2016). Living With the Unknown Unknown : Uncertainty in Projects. *Project Management Journal*, 47(3), 101-108. Récupéré de <https://journals-sagepub-com.proxy.bibliotheques.uqam.ca/doi/pdf/10.1177/875697281604700309>
- Lavikka, R-H. Smeds, R. et Jaatinen, M. (2015). Coordinating collaboration in contractually different complex construction projects. *Supply Chain Management: An International Journal*, 20(2), 205-217. DOI 10.1108/SCM-10-2014-0331
- Lawless, F. et al. (2019). Artificial Intelligence, Autonomy, and Human-Machine Teams : Interdependence, Context, and Explainable AI. *AI Magazine*, 40(3), 5-13. DOI <https://doi.org/10.1609/aimag.v40i3.2866>
- Lazer, D. et al. (2009). Computational Social Science. *Science*, 323(1), 721-723. DOI 10.1126/science.1167742
- Lechler, T. Edington, B. et Gao, T. Challenging Classic Project Management : Turning Project Uncertainties Into Business Opportunities. *Project Management Journal*, 43(6), 59-69. DOI 10.1002/pmj.21304
- Lee, K-F. (2018). *AI Super-Powers: China, Silicon Valley, and the New World Order*. Boston: Houghton Mifflin Harcourt.
- LeRoy, F.S. et Singell JR, D.L. (1987). Knight on Risk and Uncertainty. *Journal of Political Economy*, 95(2), 394-406. DOI <https://doi.org/10.1086/261461>
- Levitt, R. et Kunz, C. (1987). Using artificial intelligence techniques to support project management. *Artificial Intelligence for Engineering, Design, Analysis and Manufacturing*, 1(1), 3-24. DOI: 10.1017/S0890060400000111
- Linderoth, H.C. (2010). Understanding adoption and use of BIM as the creation of actor networks. *Automation in Construction*, 19(1), 635-649. DOI 10.1016/j.autcon.2009.09.003

- Lobo, S. et Farhan Abid, A. (2020). The Role of Social Media in Intra-stakeholder Strategies to Influence Decision Making in a UK Infrastructure Megaproject: Crossrail 2. *Project Management Journal*, 51(1), 96-119. DOI 10.1177/8756972819864456
- Lu, W. Lai, C. C. et Tse, T. (2019). *BIM and Big Data for Construction Cost Management*. New York : Taylor & Francis.
- Lurie, N.H. et Mason, C.H. (2007). Visual representation : Implications for decision making. *Journal of Marketing*, 71 (1), 160-177. DOI <https://doi.org/10.1509/jmkg.71.1.160>
- MacNeice, E.H. (1951). *Production forecasting, planning and control*. New York : John Wiley and Sons.
- Markheineke, M. Velamuri, L.V. et Möslin, M.K. (2016). On the importance of boundary objects for virtual collaboration: a review of the literature. *Technology Analysis & Strategic Management*, 28(9), 1108-1122. DOI:10.1080/09537325.2016.1181744
- Martinez, D. et Fernandez-Rodriguez, J-C. (2015). Artificial Intelligence applied to project success : a literature review. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 3(5), 77-84. DOI : DOI: 10.9781/ijimai.2015.3510
- Mbengue, A. et Vandangeon-Derumez, I. (1999). Positions épistémologiques et outils de recherche en management stratégique. *Communication à la conférence de l'AIMS*. Récupéré de <https://ficops.hypotheses.org/files/2015/02/mbengue.pdf>
- McAfee, A. et Brynjolfsson, E. (2012). Big data: the management revolution. *Harvard Business Review*, 90(1), 60-68. URL <https://hbr.org/2012/10/big-data-the-management-revolution>
- McCray, G. Purvis, R. et McCray, C. (2002). Project Management Under Uncertainty : The Impact of Heuristics and Biases. *Project Management Journal*, 33(1), 49-57. <https://doi.org/10.1177/875697280203300108>
- McKenna, R. et Martin-Smith, B. (2005). Decision making as a simplification process : new conceptual perspectives. *Management decision*, 43(6), 821-836.
- Mian, S. et Dai, C. (1999). Decision Making Over the Project Life Cycle : An Analytical Hierarchy Approach. *Project Management Journal*, 30(1), 40-52. DOI : 8756-9728/99
- Miller, R. et Hobbs, B. (2009). The complexity of decision-making in large projects with multiple partners: Be prepared to change. Dans *Making choices with scant information* (375-389). Basingstoke: Palgrave Macmillan.
- Mitchell, K.R. Agle, B.R. et Wood, D.J. (1997). Toward a Theory of Stakeholder Identification and Salience: Defining the Principle of Who and What Really Counts. *The Academy of Management Review*, 22(4), 853-886. DOI 10.2307/259247
- Morris, P.W.G (2013b). Reconstructing project management revisited: a knowledge perspective. *Project Management Journal*, 44(5), 6-23. DOI <https://doi.org/10.1002/pmj.21369>
- Morris, P.W.G. (2013a). *Reconstructing project management*. Oxford: Wiley-Blackwell.
- Mullaly, M. (2014). The role of agency in project initiation decisions. *International Journal of Managing Project in Business*, 7(1), 518-532. DOI 10.1108/IJMPB-09-2013-0043

- Murphy, M.E. (2014). Implementing innovation: a stakeholder competency-based approach for BIM. *Construction Innovation*, 14(1), 433-452. DOI <http://dx.doi.org/10.1108/CI-01-2014-0011>
- Myers, M.D. (1997). Qualitative Research in Information Systems. *MIS Quarterly*, 21(2), 241-242. DOI <http://dx.doi.org/10.2307/249422>
- Nisar, A-Q. et al. (2020). Big data management and environmental performance: role of big data decision-making capabilities and decision-making quality. *Journal of Enterprise Information Management*, 1-36. DOI <https://doi.org/10.1108/JEIM-04-2020-0137>
- Olander, S. (2007). Stakeholder impact analysis in construction project management. *Construction Management and Economics*, 25(3), 321-328. DOI <https://doi.org/10.1080/01446190600879125>
- Olsson, O.E.N. et Bull-Berg, H. (2014). Use of big data in project evaluations. *International Journal of Managing Projects in Business*, 8(3), 491-512. DOI 10.1108/IJMPB-09-2014-0063
- Osei-Kyei, R. et al. (2016). A fuzzy synthetic evaluation analysis of operational management critical success factors for public-private partnership infrastructure projects. *Benchmarking : An International Journal*, 24(7), 2092-2112. DOI 10.1108/BIJ-07-2016-0111
- Paillé, P. (1994). L'analyse par théorisation ancrée. *Cahiers de recherche sociologique*, 23(1), 147-181. DOI: <https://doi.org/10.7202/1002253ar>
- Pan, Y. et Zhang, L. (2021). A BIM-data mining integrated twin framework for advanced project management. *Automation in Construction*, 124(1), 1-15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103564>
- Panuwatwanich, K et Peansupap, V. (2013). Factors affecting the current diffusion of BIM: a qualitative study of online professional network. *Proceedings of Creative Construction Conference*. Budapest. ISBN 978-963-269-366-8
- Papke-Shields, E.K. et Boyer-Wright, M.K. (2017). Strategic planning characteristics applied to project management. *International Journal of Project Management*, 35(2), 169-179. DOI
- Parasuraman, R, et Manzey. D.H. (2010). Complacency and Bias in Human Use of Automation: An Attentional Integration. *Human Factors* 52(3), 381-410. DOI 10.1177/0018720810376055
- Pascale, C. (2011). *Cartographies of knowledge: Exploring qualitative epistemologies*. Thousand Oaks: Sage Publications.
- Perret, V. et Séville, M. (2003). Fondements épistémologiques de la recherche. Dans *Méthodes de recherche en management* (13-33). Paris : Dunod.
- Peterson, M. (2017). *An Introduction to Decision Theory*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Petit, Y. et Romero-Torres, A. (2019) *Planification et contrôle opérationnel de projet : notes de cours et lectures*. Université du Québec à Montréal, département de Management et Technologie.
- Pfeffer, J. (1981). *Power in organizations*. Marshfield: Pitman.
- Piaget, J. (1967). *Logique et connaissance scientifique*. Paris : Gallimard.

- Pinto, J. K., & Prescott, J. E. (1990). Planning and Tactical Factions in the Project Implementation Process. *Journal of Management Studies*, 27(3), 305–327. DOI 10.1111/j.1467-6486.1990.tb00249.x
- Pires, A. (1997). De quelques enjeux épistémologiques d'une méthode générale pour les sciences sociales. Dans *La recherche qualitative : Enjeux épistémologiques et méthodologiques*, (3-52). Montréal : Gaëtan Morin.
- Poirier, E. A. Forgues, D. et Staub-French, S. (2017). Understanding the impact of BIM on collaboration: a Canadian case study. *Building research & information*, 45(6), 681-695. DOI 0.1080/09613218.2017.1324724
- Porter, M.E. (1985). *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. New York: Free Press.
- Powell, R. et Buede, D. (2006). Decision-Making for Successful Product Development. *Project Management Journal*, 37 (1), 22-40. ISSN 8756-9728/03
- Priemus, H. Flyvbjerg, B. et van Wee, B. (2008). Introduction: scope of the book. Dans *Decision-Making on Mega-Projects* (1-20). Northampton: Edward Elgar Publishing.
- Priemus, H. (2008). How to improve the early stages of decision making on mega-projects. Dans *Decision-Making on Mega-Projects* (105-119). Northampton: Edward Elgar Publishing.
- Project Management Institute (PMI). (2017). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge 6<sup>th</sup> edition*. Philadelphia: Project Management Institute.
- Raj Shresth, Y. et al. (2019). Organizational Decision-Making Structures in the Age of Artificial Intelligence. *California Management Review*, 61(4), 66-83. DOI:10.1177/.00812561986225722
- Ransbotham, S. (2016). Can artificial intelligence replace executive decision making ?. *MIT Sloan Management Review*. Récupéré de <https://sloanreview.mit.edu/article/can-artificial-intelligence-replace-executive-decision-making/>
- Rolstadas, A. et al. (2015). Project Decision Chain. *Project Management Journal*, 46(4), 6-19. DOI: 10.1002/pmj.21517
- Ross, J. et Staw, B.M. (1986). Expo 86: an escalation prototype. *Administrative Science Quarterly*, 31(1), 274-297. DOI 10.2307/2392791
- Sagiroglu, S. et Sinanc, D. (2013). Big data : a review. *International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS) (IEEE)*, X(XX), 42-47. DOI <http://dx.doi.org/10.1109/CTS.2013.6567202>
- Samset, K. (2008). How to overcome major weaknesses in mega-projects: the Norwegian approach. Dans *Decision-Making on Mega-Projects* (171-188). Northampton : Edward Elgar Publishing.
- Sathi, A. (2012). *Big Data Analytics : Disruptive Technologies for Changing the Game*. Boise : Mc Press.
- Scheibehenne, B. et von Helversen, B. (2009). Useful heuristics. Dans *Making choices with scant information* (195-212). Basingstoke: Palgrave Macmillan.
- Schütz, A. (1967). *The Phenomenology of the Social World*. Evanston: North-Western Press.

- Schwandt, T.A. (2003). Three epistemological stances for qualitative inquiry: Interpretativism, hermeneutics, and social constructionism. Dans *The landscape of qualitative research* (292-331). Thousand Oaks: Sage Publications
- Schwartz, E. (2019). Günther Anders in Silicon Valley : Artificial intelligence and moral atrophy. *Thesis Eleven*, 153(1), 94-112. DOI: 10.1177/0725513619863854
- Sebastian, R. (2011). Changing roles of the clients, architects and contractors through BIM. *Engineering Construction & Architectural Management*, 18(2), 176-187. DOI 10.1108/09699981111111148
- Sheng, Z. (2018). Basic concepts of mega infrastructure construction management theory. *International series in operations research and management science*, 259(1), p.91-134. DOI : 10.1007/978-3-319-61974-3\_5
- Shi, Q. et al. (2020). Exploring Decision-Making Complexity in Major Infrastructure Projects : A Case Study From China. *Project Management Journal*, 00(0), 1-16. DOI: 10.1177/8756972820919205
- Shore, B. (2008). Systematic Biases and Culture in Project Failures. *Project Management Journal*, 39(4), 5-16. DOI 10.1002/pmj.20082
- Silvius, A.J.G. et al. (2017). Considering sustainability in project management decision making; An investigation using Q-methodology. *International Journal of Project Management*, 35(1), 1133-1150. DOI <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2017.01.011>
- Simon, H. (1947). *Administrative Behavior : A Study of Decision-Making Processes in Administrative Organization*. New York : The Free Press.
- Sleesman, D.J. et al. (2012). Cleaning up the Big Muddy: a meta analytic review of the determinants of escalation of commitment. *Academy of Management Journal*, 55(1), 541-562. DOI 10.5465/amj.2010.0696
- Söderlund, J. et Gherardi, J. (2012). Classics in project management: Revisiting the past, creating the future. *International Journal of Managing Projects in Business*, 5(4), 559-577. DOI 10.1108/17538371211280245
- Sörenson, M. (2005, 14 décembre). [Présentation orale]. Council on Engineering Systems Universities. Atlanta, mercredi 14 décembre 2005.
- Starks, H. et Trinidad, S.B. (2007). Choose Your Method: A Comparison of Phenomenology, Discourse Analysis, and Grounded Theory. *Qualitative Health Research*, 17(10), 1372-1380. DOI 10.1177/1049732307307031.
- Staw, B.M. (1976). Knee-deep int the Big Muddy: a study of escalating commitment to a chosen course of action. *Organizational Behavior and Human Performance*, 16(1), 27-44. DOI 10.1016/0030-5073(76)90005-2
- Staw, B.M. (1981). The escalation of commitment to a course of action. *Academy of Management Review*, 6(4), 577-587. DOI 10.2307/257636
- Stein, J. (1981). Strategic Decision Methods. *Human Relations*, 34(11), 917-933. Récupéré de <https://journals-sagepub-com.proxy.bibliotheques.uqam.ca/doi/pdf/10.1177/001872678103401101>
- Stingl, V. et Gherardi, J. (2017a). Errors, lies and misunderstandings: Systematic review on behavioural decision making in projects. *International Journal of Project Management*, 35(2), 121-135. DOI 10.1016/j.ijproman.2016.10.009

- Stingl, V. et Geraldi, J. (2017b). Toolbox for uncertainty : Introduction of adaptive heuristics as strategies for project decision-making. *Conference IRNOP*. Boston. Récupéré de <https://www.researchgate.net/publication/320347000>
- Strauss, A. et Corbin, J. (1998). *Basics of qualitative research: Techniques and procedures for developing grounded theory*. Londres: Sage Publications
- Sukanya, M. et Biruntha, S. (2012). Techniques on text mining. *IEEE International Conference on Advanced Communication Control and Computing Technologies (ICACCCA)*. New York. DOI <https://doi.org/10.1109/ICACCCT.2012.6320784>
- Tambe, P. Cappelli, P et Yakubovich, V. (2019). Artificial Intelligence in Human Resources Management. *California Management Review*, 61 (4), 15-42. doi : 10.1177/0008125619867910
- Tao, X. et al. (2020). Editorial: Computational Social Science as the ultimate Web Intelligence. *World Wide Web: Internet and Web Information Systems*, 23(1), 1743-1745. DOI <https://doi.org/10.1007/s11280-020-00801-2>
- Thiry, M. (2001). Sensemaking in value management practice. *International Journal of Project Management*, 19(1), 71-77. DOI [http://dx.doi.org/10.1016/S0263-7863\(00\)00023-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0263-7863(00)00023-5)
- Thomas. R.D. (2006). A General Inductive Approach for Analyzing Qualitative Evaluation Data. *American Journal of Evaluation*, 27(2), 237-246. DOI 10.1177/1098214005283748
- Tien, M.J. (2003). Toward a Decision Informatics Paradigm: A Real-Time, Information-Based Approach to Decision Making. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics – Part C: Applications and Reviews*, 33(1), 102 – 113. DOI 0.1109/TSMCC.2003.809345
- Tredinnick, L. (2017). Artificial Intelligence and professional roles. *Business Information Review*, 34(1), 37-41. DOI: 10.1177/0266382117692621
- Trudel, L. Simard, C. et Vonarx, N. (2007). La recherche qualitative est-elle nécessairement exploratoire ? *Recherches Qualitatives*, 5(1), 38-45. Récupéré de [http://www.recherche-qualitative.qc.ca/documents/files/revue/hors\\_serie/hors\\_serie\\_v5/trudel.pdf](http://www.recherche-qualitative.qc.ca/documents/files/revue/hors_serie/hors_serie_v5/trudel.pdf)
- Tufford, L. et Newman, P. (2010). Bracketing in Qualitative Research. *Qualitative Social Work*, 0(0), 1-17. DOI: 10.1177/1473325010368316
- Tufte, E.R (2001). *The visual display of quantitative information, 2<sup>nd</sup> ed.* Cheshire: Graphics Press.
- van Gils, T. et al. (2017). Designing Efficient Order Picking Systems by Combining Planning Problems: State-of-the-art Classification and Review. *European Journal of Operational Research*, 267(1), 1-15. DOI 10.1016/j.ejor.2017.09.002
- Vannoni, M. (2014). What are case studies good for? Nesting comparative case study research into the lakatosian research program. *Cross-Cultural Research*, 49(4), 331-357. <https://doi.org/10.1177/1069397114555844>
- Vidal, L. Marle, F. et Bocquet, J. Measuring project complexity using the analytic hierarchy process. *International Journal of Project Management*, 29(6), 718-727. DOI 10.1016/j.ijproman.2010.07.005
- Volden, G.H. et Samset. K (2013). Investing for Impact: Lessons with the Norwegian State Project Model and the first investment projects that have been subjected to external quality assurance. *The Concept Research*

*Program*, 36 (1), 1-53. Récupéré de  
[https://www.ntnu.no/documents/1261860271/1262010703/Concept\\_rapport\\_nr\\_36.pdf](https://www.ntnu.no/documents/1261860271/1262010703/Concept_rapport_nr_36.pdf)

- Walker, D. et Lloyd-Walker, B. (2019). The future of the management of projects in the 2030s. *International Journal of Managing Projects in Business*, 12(2), 242-266. DOI 10.1108/IJMPB-02-2018-0034
- Wang, H. et al. (2016). Towards felicitous decision making: An overview on challenges and trends on Big Data. *Information Sciences*, 367(1), 747-765. DOI <https://doi.org/10.1016/j.ins.2016.07.007>
- Wang, P. (2019). On Defining Artificial Intelligence. *Journal of Artificial General Intelligence*, 10(2). 1-37. DOI: 10.2478/jagi-2019-0002
- Ward, S. et Chapman, C. (2008). Stakeholders and uncertainty management in projects. *Construction Management and Economics*, 26(1), 563-577. DOI 0.1080/01446190801998708
- Ware, C. (2012). *Information visualization: Perception for design*. Waltham: Elsevier.
- Wauters, M. et Vanhoucke, M. (2015). A comparative study of Artificial Intelligence methods for project duration forecasting. *Expert Systems with Applications*, 46(1), 249-261. DOI : 10.1016/j.eswa.2015.10.008
- Weick, K.E. (1995). *Sensemaking in Organizations*. Thousand Oaks: Sage Publications
- Wickens, C.D. et Alexander, A.L. (2009) Attentional Tunneling and Task Management in Synthetic Vision Displays, *The International Journal of Aviation Psychology*, 19:2, 182-199. DOI 10.1080/10508410902766549
- Williams, N. Ferdinand, P. N. et Croft, R. (2014). Project management maturity in the age of big data. *International Journal of Managing Project in Business*, 7(2), 311-317. DOI 10.1108/IJMPB-01-2014-0001
- Williams, T. et Samset, K. (2010). Issues in front-end decision-making on projects. *Project Management Journal*, 41(2), 38-49. DOI: 10.1002/pmj.20160
- Williamson, O.E. (1985). *The economic institutions of capitalism*. New York: Free Press.
- Winch, G.M. (2013). Escalation in major projects: Lessons from the Channel Fixed Link. *International Journal of Project Management*, 31(5), 724-734. DOI <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2013.01.012>
- Winch, G.M. (2014). Three domains of project organizing. *International Journal of Project Management*, 32(5), 721-731. DOI <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2013.10.012>
- Woodise, A.G. et Wilson, E.J. (2002). Respondent inaccuracy. *Journal of Advertising Research*, 42(5), 7-18. DOI 10.2501/JAR-42-5-7-18
- Woosley, K.L. (1986). The Critical Incident Technique: An Innovative Qualitative Method of Research. *Canadian Journal of Counselling*, 20(4), 242-254. Récupéré de <https://journalhosting.ucalgary.ca/index.php/rcc/article/view/59733>
- Yampolskiy, R. (2020). On Defining Differences between Intelligence and Artificial Intelligence. *Journal of Artificial General Intelligence*, 11(2), 68-70. DOI: 10.2478/jagi-2020-0003

- Yang, J. et al. (2011). Stakeholder management in construction: An empirical study to address research gaps in previous studies. *International Journal of Project Management*, 29(7), 900-910. DOI 10.1016/j.ijproman.2010.07.013
- Yang, R. Wang, Y. et Jin, X. (2014). Stakeholders' Attributes, Behaviors, and Decision-Making Strategies in Construction Projects: Importance and Correlations in Practice. *Project Management Journal*, 45(3), 74-90. DOI: 10.1002/pmj.21412
- Yang, S. et Fu, L. (2014). Critical chain and evidence reasoning applied to multi-project resource schedule in automobile R&D process. *International Journal of Project Management*, 32(1), 166-177. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijproman.2013.01.010>
- Yao, F. et Wang, Y. (2020). Tracking urban geo-topics based on dynamic topic model. *Computers, Environment and Urban Systems*, 79(1), 1-15. DOI <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2019.101419>
- Yin, K.R. (1994). *Case Study Research: Design and Methods*. Thousand Oaks: Sage Publications.
- Zanni, M. Ruikar, K. et Soetanto, R. (2020). Systematising multidisciplinary sustainable building design processes utilizing BIM. *Built Environment Project and Asset Management*, 10(5), 637-655. DOI 10.1108/BEPAM-05-2020-0088
- Zhang, J. et al. (2020). Data-driven Computational Social Science: A Survey. *Big-Data Research*, 21(1), 1-28. DOI <https://doi.org/10.1016/j.bdr.2020.100145>
- Zhang, Y. et al. (2017). A big data analytics architecture for cleaner manufacturing and maintenance processes of complex products. *Journal of Cleaner Production*, 142(1), 626-641. DOI 10.1016/j.jclepro.2014)6.07.123
- Zikopoulos, P. et Eaton, C. (2011). *Understanding Big Data: Analytics for Enterprise Class Hadoop and Streaming Data*. New York: McGraw-Hill Osborne Media

















