

Comprendre l'impact du numérique sur la gestion de projet en construction

Understanding the impact of the digital shift on construction project management

Conrad Boton et Daniel Forgues

Numéro 81, 2018

Emploi, travail et compétences à l'épreuve du numérique

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/1056303ar>

DOI : <https://doi.org/10.7202/1056303ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

Lien social et Politiques

ISSN

1703-9665 (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Boton, C. & Forgues, D. (2018). Comprendre l'impact du numérique sur la gestion de projet en construction. *Lien social et Politiques*, (81), 41–60. <https://doi.org/10.7202/1056303ar>

Résumé de l'article

L'industrie de la construction à travers le monde fait actuellement face à des changements considérables sous l'effet des technologies numériques. Au nombre des approches technologiques, l'approche BIM (*Building Information Modeling*) de modélisation des données du bâtiment a reçu une attention considérable ces dernières années, aussi bien de la part des chercheurs que des professionnels de l'industrie, et son succès grandissant semble avoir ouvert la voie à de grands changements de paradigme dans l'industrie. Face à ces changements, les compétences traditionnelles des professionnels ou des gestionnaires de projet ne semblent plus suffisantes pour gérer la nouvelle perspective informationnelle de gestion des projets de construction. De nouvelles compétences deviennent nécessaires, incarnées par de nouveaux rôles (gestionnaires BIM, coordonnateurs BIM, modeleurs BIM, gestionnaires de l'information, etc.) qui prennent de plus en plus d'importance dans les projets. Certains travaux ont étudié ces nouveaux rôles sur un plan théorique sans toutefois aborder la question de leur positionnement par rapport aux rôles traditionnels en gestion de projet ni comment les gestionnaires de projet et les spécialistes BIM se positionnent par rapport aux processus génériques proposés dans les guides d'implémentation BIM.

Cette étude de cas montre que les rôles des spécialistes BIM ne sont pas les mêmes d'une discipline à l'autre et que ces rôles ne sont pas seulement des rôles techniques. En outre, le sous-processus d'information semble se cristalliser autour des gestionnaires BIM, ce qui tend à créer deux sources de leadership dans un projet : les gestionnaires BIM et les gestionnaires de projet. L'étude révèle également que les praticiens trouvent que les processus de collaboration BIM proposés dans le plan de mise en œuvre BIM et dans les documents de projet sont trop génériques et qu'il existe généralement un écart entre ces processus et ceux réellement utilisés dans le projet.

Comprendre l'impact du numérique sur la gestion de projet en construction

CONRAD BOTON

Professeur — Département de génie de la construction
École de Technologie Supérieure (ÉTS)

DANIEL FORGUES

Professeur — Département de génie de la construction
École de Technologie Supérieure (ÉTS)

—

Introduction

L'approche BIM (*Building Information Modeling*, en anglais) de modélisation des données du bâtiment change radicalement la façon dont les projets sont gérés en architecture, en ingénierie et en construction. Il s'agit d'une approche de rupture qui modifie la façon dont les projets de construction sont conçus, gérés et construits (Eastman *et al.*, 2011). Cette approche utilise un modèle 3D multidisciplinaire du bâtiment à construire afin d'améliorer et de documenter sa conception tout en offrant la possibilité de simuler différents aspects de sa construction ou de son fonctionnement. De nombreux travaux de recherche (Eastman *et al.*, 2011; Kreider, Messner et Dubler, 2010) ont abordé le potentiel du BIM pour améliorer la productivité dans l'industrie. Traditionnellement, le secteur de la construction se caractérise par un faible taux de productivité par rapport à d'autres industries similaires (automobile, aéronautique, etc.) (Pekuri, Haapasalo et Herrala, 2011). Une caractéristique importante de l'industrie de la construction réside dans sa fragmentation et dans le fait que les différents acteurs impliqués dans les projets de construction proviennent de différentes organisations et qu'ils doivent travailler ensemble de manière temporaire afin d'atteindre un objectif commun. Ainsi, une bonne collaboration est essentielle pour le succès des projets, mais reste difficile dans l'industrie malgré des efforts de recherche nombreux et variés. La définition de processus de collaboration clairs est donc très importante dans le secteur. La fragmentation (Howard *et al.*, 1989), mais

aussi les pratiques inefficaces de collaboration (Boton, Kubicki et Halin, 2013) et la mauvaise gestion de l'information (Demian et Walters, 2014 ; Boton, 2009) jouent un rôle important dans les faibles taux de productivité de l'industrie. Les technologies de l'information sont vues depuis longtemps comme étant la solution au problème (Howard *et al.*, 1989), mais sans grand succès en matière de taux d'adoption par l'industrie.

Les développements technologiques récents dans l'approche BIM sont pleins de promesses. En fournissant un modèle tridimensionnel comme élément central des projets de construction, l'approche BIM donne à l'industrie de la construction les outils dont elle a besoin pour mieux gérer sa dualité de processus et de produit (Boton et Forgues, 2017). Mais, avec la mise en œuvre de l'approche BIM, la gestion de l'information semble prendre de plus en plus d'importance et se positionner comme une perspective centrale de la gestion de projet de construction au même titre que la perspective traditionnelle orientée activités. Dans cette nouvelle perspective informationnelle (Winch, 2010) de la gestion de projet, les flux d'information ne semblent pas se cristalliser (comme le font les flux d'activités) autour des gestionnaires de projet qui ne semblent pas suffisamment équipés pour la gérer, les outils de base actuels de gestion montrant leurs limites.

Ainsi, de nouveaux rôles de spécialistes BIM (gestionnaire BIM, coordinateur BIM, modelleur BIM, facilitateur BIM, etc.) émergent dans les projets de construction afin de compléter le rôle des gestionnaires de projet. De même que le *Project Management Body Of Knowledge* (PMBOK) (Project Management Institute, 2013), des guides apparaissent également pour fournir des directives et des processus pour une implémentation réussie de l'approche BIM. Ces guides sont généralement connus sous l'appellation de plan de gestion BIM ou plan d'exécution BIM. Mais, il semble que les responsabilités des spécialistes BIM, qui étaient uniquement techniques dans le passé, ont évolué vers des responsabilités plus managériales (Davies et Wilkinson, 2017 ; Boton et Forgues, 2015). Typiquement, d'importants chevauchements apparaissent entre le rôle des gestionnaires de projet et le rôle de certains spécialistes BIM (notamment les gestionnaires BIM), ce qui laisse supposer plusieurs scénarios possibles quant à l'évolution et à la coexistence de ces rôles au sein des projets de construction dans l'avenir. Certains travaux de recherche ont abordé la compréhension de ces nouveaux rôles sur un plan purement théorique, sans toutefois aborder la question de leur positionnement par rapport aux rôles traditionnels en gestion de projet ni comment les gestionnaires de projet et les spécialistes BIM se positionnent par rapport aux processus génériques proposés dans les guides d'implémentation BIM.

Sur la base d'une étude de cas exploratoire, cet article examine comment les spécialistes du BIM et du projet perçoivent l'écart entre la mise en œuvre BIM telle que planifiée et les processus réels utilisés dans un projet. L'article est organisé en trois sections principales. La première section fait une revue de l'évolution du rôle des gestionnaires dans un projet de construction. Cette revue de la littérature est suivie d'une description de la méthodologie de recherche. Les principaux résultats de l'étude de cas sont ensuite présentés.

1. Revue de la littérature : rôles des gestionnaires BIM et de projet

1.1 Des changements majeurs en cours dans la construction

Considérée pendant longtemps comme étant un secteur réfractaire aux technologies de l'information, l'industrie de la construction a accusé un grand retard en matière de productivité et d'automatisation, comparativement à d'autres industries comme l'aéronautique et l'automobile (Teicholz, 2013). Face à un urgent besoin d'amélioration et à des exigences de plus en plus pressantes de développement durable et d'industrialisation, la construction a récemment amorcé une transition numérique avec de grands bouleversements dans les pratiques (Kubicki et Boton, 2014 ; T. Froese, Han et Alldritt, 2007). Un des changements majeurs observés concerne l'essor de l'approche BIM de modélisation des données du bâtiment (Eastman *et al.*, 2011). Cette approche, qui consiste à organiser l'ensemble des activités d'un projet de construction autour d'une maquette numérique tridimensionnelle, a reçu une attention considérable ces dernières années de la part aussi bien des chercheurs que des professionnels de l'industrie (Reina, 2013 ; Kreider, Messner et Dubler, 2010 ; Hosseini *et al.*, 2016). Son succès grandissant semble avoir ouvert la voie à une grande vague de « digitalisation » et « d'industrialisation » de la construction.

Mais dans la lignée de l'industrie 4.0, un nouveau concept commence à faire son apparition avec la promesse de fédérer l'approche BIM avec les autres grands enjeux et approches liés au changement de paradigme en cours dans la construction. Il s'agit de la construction 4.0. En tant que nouveau concept fédérateur, la construction 4.0 ici ne devrait pas être comprise comme une simple instanciation dans la construction de « l'industrie 4.0 » (Oesterreich et Teuteberg, 2016), mais plutôt comme un concept innovant prenant en compte les défis majeurs auxquels fait face l'industrie de la construction.

Ainsi, la construction 4.0 devrait se situer à l'intersection de trois grandes dimensions : la transition numérique, l'industrialisation de la construction et la construction durable. Comme il est dit plus haut, la transition numérique est liée non seulement à l'utilisation des technologies BIM, mais aussi d'autres technologies complémentaires comme l'Internet des objets (IoT), le *cloud computing*, l'impression 3D, l'utilisation des capteurs intelligents, de la réalité augmentée, des technologies mobiles et le *Big Data* (Botton *et al.*, 2015). L'essor des technologies mobiles et d'Internet a également rendu possibles plusieurs applications, incluant par exemple l'économie de partage qui consiste en un accès à des biens et services basé principalement sur le partage d'informations entre utilisateurs à travers des applications mobiles (Uber, Airbnb, etc.). Cette tendance atteint aussi l'industrie de la construction et les premières applications dédiées commencent à émerger. Ainsi, sur le même modèle qu'Uber et Airbnb, l'application Kwipped propose de louer directement du matériel de construction entre professionnels de la construction et Shltr permet une « mutualisation » du recrutement de main-d'œuvre pour les chantiers de construction. Quant à elle, l'industrialisation de la construction vise à trouver des voies et des moyens pour réduire les déchets dans la chaîne d'approvisionnement de la construction et d'améliorer l'efficacité sur les chantiers de construction afin d'augmenter la productivité dans l'industrie. Cela comprend, sans s'y limiter, des approches telles que le *Lean* ou le *Last Planner*, mais aussi, et surtout, la préfabrication multidisciplinaire et la construction hors site. L'aspect durable de la construction est lié aux trois piliers du développement durable, y compris les défis économiques, écologiques et sociaux, mais également les enjeux liés à la nécessaire transformation des modes d'approvisionnement, la conception intégrée, etc.

Si la construction 4.0 et « l'ubérisation » de la construction demeurent embryonnaires en comparaison avec d'autres industries, il n'en est pas de même pour l'approche BIM dont le niveau d'adoption semble avoir atteint le point de non-retour (Forgues *et al.*, 2014). De plus en plus implémentée par les principales firmes d'architecture, d'ingénierie et de construction, l'utilisation de l'approche BIM a même été rendue obligatoire par plusieurs gouvernements et agences gouvernementales à travers le monde (États-Unis, Royaume-Uni, Singapour, etc.) et une directive de l'Union européenne (directive 2014/24/EU) encourage fortement les pays membres à aller dans ce sens. Au Québec, la Société québécoise des infrastructures (SQI) a récemment publié une feuille de route pour l'intégration de l'approche BIM, et le gouvernement du Québec a lancé plusieurs initiatives afin de faciliter la transition

numérique dans la construction. Il convient de souligner que plusieurs études ont démontré la valeur ajoutée significative que l'approche BIM peut apporter à la construction (Nath *et al.*, 2015 ; Kreider, Messner et Dubler, 2010). Mais, ces études montrent également qu'il s'agit avant tout d'une technologie de rupture qui implique des changements structurels majeurs sur l'organisation et le fonctionnement des projets (Eastman *et al.*, 2011). L'utilisation de modèles tridimensionnels comme base de données principale et vecteur d'échange pendant le cycle de vie du bâtiment augmente considérablement le besoin d'intégration dans le partage d'informations. De plus, les nouvelles technologies associées au BIM rendent possible une vision du projet qui ne se limite plus au début de la vie de l'ouvrage, mais s'étend à tout son cycle de vie, y compris son utilisation (Wilkinson et Jupp, 2016) et sa fin de vie (Won et Cheng, 2017). Face à ces changements, les compétences traditionnelles des professionnels ou des gestionnaires de projet ne semblent plus suffisantes pour gérer la nouvelle perspective informationnelle de gestion des projets de construction (Boton et Forgues, 2015). Des nouvelles compétences deviennent nécessaires, incarnées par de nouveaux rôles (gestionnaires BIM, coordonnateurs BIM, modeleurs BIM, gestionnaires de l'information, etc.) qui prennent de plus en plus d'importance dans les projets de construction.

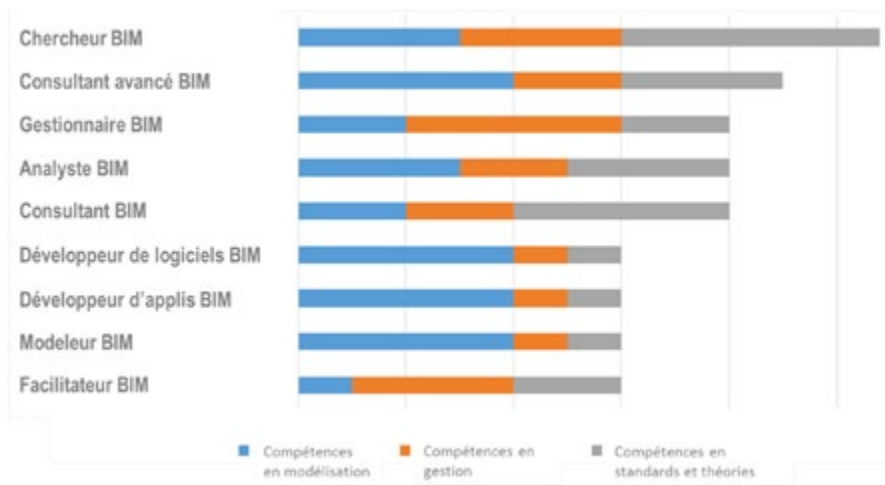
1.2 Les rôles émergents de gestionnaires, coordinateurs et champions BIM

En supposant que les changements induits par la mise en œuvre des approches technologiques telles que BIM ne sont pas purement techniques, Froese (2010) a établi la nécessité de changements dans les processus de gestion. En effet, l'approche BIM peut être un catalyseur pour les gestionnaires de projet dans la réingénierie de leurs processus afin de mieux intégrer les différentes parties prenantes impliquées dans les projets de construction modernes (Bryde, Broquetas et Volm, 2013). Froese (2010) a identifié trois principaux types d'impact sur la gestion des projets de construction, à savoir : 1) la nécessité de gérer de manière explicite les systèmes d'information et de documentation des projets ; 2) la nécessité de reconnaître, de représenter et de gérer plus explicitement les interdépendances causées par le degré élevé d'intégration et de collaboration entre les tâches d'un projet ; et 3) la nécessité pour l'équipe de projet de recourir ensemble à des prototypes virtuels complets comme éléments centraux pour la conception et la gestion du projet.

La gestion BIM implique différents niveaux de responsabilité et d'expertise technique qui nécessitent non seulement de nouveaux rôles dans l'utilisation de la technologie et des normes de modélisation, mais aussi dans la coordination des contextes de mise en œuvre BIM (Barison et Santos, 2010). L'un des nouveaux rôles les plus souvent cités est celui du gestionnaire BIM, qui est loin d'être une simple substitution du gestionnaire CAO habituel (Day, 2013).

Figure 1

Nouveaux rôles et compétences spécifiques à l'approche BIM
(Botton, Forgues et Halin, 2017)



Barison et Santos (2010) ont proposé un inventaire des nouveaux rôles et responsabilités liés à l'approche BIM. Ces nouveaux rôles et une distribution du poids relatif des compétences spécifiques à l'approche BIM, attendues des différents spécialistes, sont illustrés dans la figure 1. Un résultat intéressant du travail de Barison et Santos (2010) est que ces rôles ne sont pas simplement liés à des compétences techniques. Ils impliquent également des aspects liés à l'intégration et au leadership. Récemment, Davies et Wilkinson (2017) ont proposé une revue des définitions des rôles des différents spécialistes BIM, comme cela est proposé dans la plupart des guides BIM existants. Ce travail a montré des résultats significatifs, notamment la manière dont ces rôles sont développés de façon « non coordonnée ». Selon Davies et Wilkinson (2017), tous ces rôles peuvent être classés en quatre groupes principaux

dont deux rôles de projet (gestionnaire du projet BIM et coordinateur BIM) et deux rôles organisationnels (modélisateur BIM et gestionnaire interne BIM). Dans le cadre de notre recherche et dans la suite de cet article, nous nous intéresserons aux rôles de projet. Sauf mention spécifique, nous utiliserons le terme « gestionnaire BIM » comme terme générique pour désigner les deux rôles de projet : gestionnaire de projet BIM et coordinateur BIM.

Bien que les inventaires proposés par Davies et Wilkinson (2017), et par Barison et Santos (2010) semblent très intéressants, ils sont limités par le fait qu'ils sont uniquement basés sur la littérature et qu'ils ne fournissent pas d'indices pour comprendre ces responsabilités du point de vue du projet et des spécialistes du BIM eux-mêmes. De plus, la manière dont ces rôles coexistent dans des méthodes de livraison de projet particulières (telles que le projet accéléré) ne semble pas encore claire. Pour bien comprendre les différents rôles et enjeux associés aux pratiques BIM actuelles, il est nécessaire d'aller plus loin et d'analyser un véritable projet BIM dans lequel les différents rôles sont impliqués.

2. Méthodologie de recherche

2.1 Approche de recherche : l'étude de cas exploratoire

Selon Gerring (2004), une étude de cas est une étude intensive d'une seule unité dans le but de comprendre une plus grande classe d'unités (similaires). Les études de cas sont plus généralement définies comme empiriques et offrent une description riche d'un phénomène dans des cas particuliers, généralement basés sur une variété de sources de données (Gerring, 2004). Des propositions et des constructions théoriques peuvent être créées en utilisant des preuves basées sur des cas. La méthode de l'étude de cas peut utiliser à la fois des preuves quantitatives et qualitatives (Yin, 1981). Cette information peut provenir d'observations, d'enregistrements verbaux et de travaux de terrain, avec de multiples méthodes de collecte de données, y compris des ethnographies, des observations de participants, etc. (Yin, 1981). Les études de cas représentent donc une stratégie de recherche (Yin, 1981) et la méthode de l'étude de cas est alors définie comme une manière de définir les cas, et non une façon d'analyser les cas ou de modéliser les relations causales (Gerring, 2004). L'étude de cas pourrait être descriptive, explicative ou exploratoire (Yin, 2013).

L'étude de cas exploratoire vise à approfondir la compréhension des phénomènes sociaux considérés comme complexes (Ogawa et Malen, 1991). Elle est utilisée comme une première étape saine et sensée lorsque de vastes recherches empiriques n'ont pas encore été consacrées au sujet d'intérêt (Ogawa et Malen, 1991). L'utilisation d'une telle approche peut être justifiée lorsque le terrain est peu connu ou que des vues stéréotypées sont imposées (Letrilliart *et al.*, 2009). Dans ces cas, il est possible de mieux définir un problème, de suggérer des hypothèses à vérifier plus tard, de générer des idées de nouveaux services, de recueillir des réactions sur un concept émergent, ou de prétester un questionnaire (Letrilliart *et al.*, 2009).

2.2 Recueil de données

L'étude de cas exploratoire présentée dans cet article est liée à l'agrandissement d'un aéroport canadien dont l'objectif principal était d'étudier comment l'approche BIM a été mise en œuvre dans le projet. Elle a été réalisée au cours du premier semestre 2015 et l'approche méthodologique reposait sur quatre principaux outils de collecte de données : un examen de la documentation du projet, un sondage, des entrevues semi-structurées et des observations.

L'examen de la documentation concernait les documents de projet mis à la disposition des chercheurs : plan d'exécution BIM, organigramme de projet, arborescence et nomenclature des objets BIM, protocole de transfert de fichiers, processus de gestion des conflits et interférences, plan de contrôle qualité, guide des sphères de conflit, processus de communication collaborative basé sur BCF, fichier de spécifications des niveaux de développement (LOD), etc.

Le sondage comprenait trois parties correspondant aux trois dimensions généralement utilisées pour étudier la mise en œuvre du BIM : la technologie, l'organisation et les processus. Le questionnaire n'a été envoyé qu'aux acteurs impliqués avec des rôles de gestion dans ce projet particulier. Il s'agit en l'occurrence des gestionnaires BIM et des gestionnaires de projet des firmes d'architecture, de mécanique, électricité et plomberie, de structure, de l'entrepreneur général et du client. Dix réponses ont été reçues dont huit complètes.

Des entretiens semi-directifs ont ensuite été menés pour approfondir divers aspects de la mise en œuvre du BIM dans ce projet. Au total, neuf personnes ont été interrogées. En utilisant des méthodes de recherche ethnographique, les chercheurs ont finalement observé les pratiques du projet et la documentation sur le site.

3. Principaux enseignements

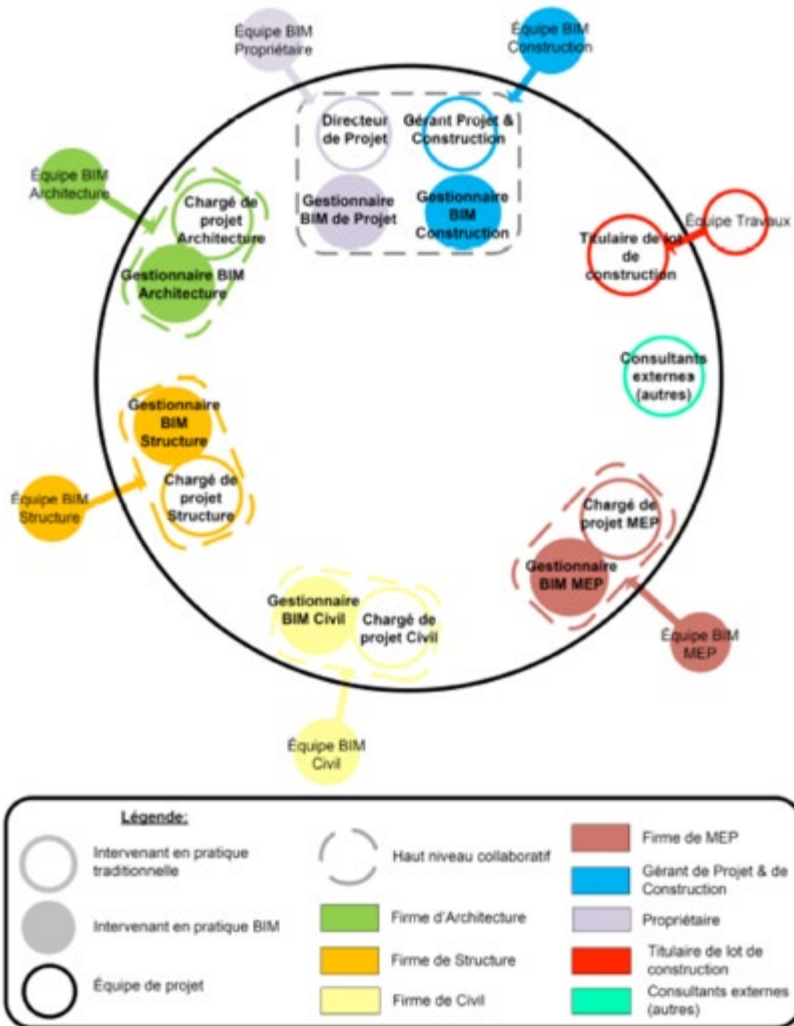
3.1 Le contexte

L'entreprise gestionnaire d'un aéroport canadien veut stimuler sa croissance en élargissant son portefeuille immobilier. L'objectif à long terme est d'offrir des vols long-courriers vers des destinations à l'extérieur du Canada. Pour maximiser la croissance de l'aéroport, sa nouvelle infrastructure doit répondre à des exigences élevées en matière de qualité et de fonctionnement. La société de gestion a décidé d'utiliser l'approche BIM pour ce projet d'expansion aéroportuaire, car elle a identifié la nécessité d'améliorer la coordination pendant les phases de conception et de construction, et d'optimiser la gestion des équipements.

À partir de l'expérience du client et des recommandations d'une société de conseil, un plan d'exécution BIM a été défini, basé sur le guide proposé par l'Université d'État de Pennsylvanie (Computer Integrated Construction Research Program, 2012). Entre autres, l'objectif principal du client est de réussir la mise en œuvre de l'approche BIM pendant les phases de conception et de construction ainsi que d'intégrer les informations BIM dans son système de gestion des équipements existant à des fins futures. Pour assurer une bonne compréhension des défis, un processus itératif a été mis en place pour étudier en détail les besoins du projet. Bien que ce fût une étape très importante, ce processus a induit un retard important. Pour cette raison et d'autres, une approche accélérée (*fast-track*) a été adoptée pour la réalisation du projet. Un projet accéléré est un projet dont la durée peut être réduite jusqu'à près de 70 % par rapport à la durée d'un projet traditionnel similaire (Williams, 1995).

3.2 Les rôles de gestion dans le projet

Le projet est géré par un gestionnaire de projet désigné par le propriétaire, assisté de consultants externes. Cinq métiers principaux sont impliqués : l'architecture, l'ingénierie structurelle, le génie civil, l'ingénierie MEP (mécanique, électricité et plomberie) et l'entrepreneur général. L'équipe dédiée au projet incluait un gestionnaire de projet et un gestionnaire BIM par discipline (voir la figure 2).

Figure 2**Diagramme des rôles et responsabilités tels que prévus dans le projet**

Source : documentation du projet

Chaque entreprise utilise sa propre hiérarchie et sa propre organisation, mais le plan d'exécution BIM met un accent particulier sur les responsabilités des gestionnaires BIM. D'un point de vue théorique, ces responsabilités sont

principalement liées à la gestion du contenu des modèles, au contrôle qualité et à la coordination 3D. En pratique, l'agence d'architecture et la firme MEP ont désigné des acteurs dédiés (autres que le gestionnaire de projet) pour occuper ce rôle dans leur organisation. Le gestionnaire BIM désigné par la société d'ingénierie structurelle semble avoir un rôle plus général qui peut être assimilé à celui d'un gestionnaire de projet. Il est assisté par un coordinateur BIM qui est responsable de la gestion interne du modèle BIM.

En pratique, les rôles des gestionnaires BIM ne sont pas vraiment similaires d'une discipline à l'autre. Le gestionnaire BIM désigné par le cabinet d'architecture a des rôles à la fois techniques et de gestion. Il est responsable du téléchargement hebdomadaire des modèles architecturaux et de leur intégration avec les autres modèles. Il définit à l'avance les éléments à vérifier pour la détection de collisions intra et interdisciplinaire. Il s'assure également que chacun des concepteurs effectue son contrôle de qualité interne sur le modèle architectural après y avoir travaillé pendant la semaine.

La firme de MEP a une hiérarchie unique en raison de la nature complexe et composée de son activité. Le gestionnaire BIM désigné est couplé à un administrateur BIM dédié à chaque branche (mécanique, électricité, plomberie, etc.) avec qui il organise le travail pour l'ensemble de l'équipe. Il effectue des inspections visuelles des modèles MEP. En plus de s'assurer que les techniciens MEP vérifient la qualité de leur modèle, le gestionnaire BIM effectue le travail important de gestion et de correction des avertissements dans le logiciel Revit. L'objectif est de produire des modèles ayant le moins d'erreurs possible.

Le gestionnaire BIM désigné par la firme d'ingénierie structurelle joue un rôle plus général que dans les deux autres disciplines. Il travaille avec le gestionnaire de projet pour planifier et pour organiser le travail à effectuer par les ingénieurs en structure. Il assure également la qualité du rendu conceptuel 2D fourni par ses concepteurs, sans avoir de réelle responsabilité sur le contenu des modèles 3D. Ce rôle appartient au coordinateur BIM chargé des contrôles de qualité sur les modèles. Le rôle de coordinateur BIM ici est assez similaire au rôle de gestionnaire BIM dans les autres firmes.

L'entreprise générale a également désigné deux gestionnaires BIM sur le projet, mais leur rôle est plus spécifique à des aspects techniques reliés à la modélisation 4D (phasage et ordonnancement) et 5D (gestion des coûts).

3.3 L'applicabilité des processus proposés dans le plan d'exécution BIM

Dans l'idéal, la préparation d'un plan d'exécution BIM est collaborative. Les gestionnaires BIM agissent comme facilitateurs pour aider l'équipe à développer un plan partagé et à élaborer une stratégie cohérente pour la production des modèles au cours du projet. Le plan est alors censé être entièrement réaliste et applicable, et les processus proposés devraient être proches de ceux qui seront mis en œuvre.

Dans la réalité du terrain, les processus détaillés dans le plan d'exécution BIM n'ont pas été strictement appliqués. Ils ont plutôt été considérés comme des lignes directrices pour guider les professionnels dans leur travail. Il est « difficile [d'appliquer les processus proposés] parce que nous ne faisons finalement qu'un travail de modélisation au lieu d'un travail de production », a commenté un praticien dont l'entreprise n'utilisait pas l'approche BIM avant ce projet. Globalement, un quart des répondants (huit au total) pensent que les processus recommandés sont suffisamment précis et détaillés et la même proportion pense le contraire. L'autre moitié semble avoir une position neutre.

Lorsqu'on essaie d'estimer les écarts entre les processus du plan d'exécution BIM et les processus réels, les opinions des répondants diffèrent. Sur une échelle de 1 (pas d'écart) à 10 (écart très important), 50 % d'entre eux notent « seulement quelques écarts », tandis que la même proportion indique des « écarts moyens et significatifs ». Pour mieux comprendre les écarts entre les processus dans le plan d'exécution BIM (et d'autres documents du projet) et les processus réellement déployés, il est utile d'étudier comment les différents processus sont perçus par les praticiens. Trois principaux groupes de processus ont été utilisés dans le projet : les processus d'échange et de synchronisation d'information, les processus de coordination 3D et de détection d'interférence, et les processus de contrôle de qualité. La déviation est perçue comme moyenne pour les trois groupes de processus. Cependant, alors que la proportion de personnes qui indiquent que les processus utilisés sont totalement conformes à ceux recommandés dans le plan d'exécution BIM est la même pour les trois groupes de processus, il semble que les écarts sont moins importants pour les processus de synchronisation (25 % ont choisi « écart faible » au lieu de 12,5 % pour les autres processus).

Au cours des entretiens semi-dirigés, conduits durant le premier semestre de l'année 2015, tous les participants interrogés ont estimé que les processus recommandés par le plan d'exécution étaient trop théoriques, trop généraux et n'étaient pas adaptés au projet. « Les processus dans le plan d'exécution BIM restent très théoriques, et il n'y a pas un grand nombre de personnes qui utilisent ces documents pour travailler quotidiennement, malgré le fait que les processus recommandés montrent les grands principes du projet », a déclaré un gestionnaire BIM. En général, les processus proposés sont considérés comme difficiles à appliquer et pas assez proches de la réalité du projet. « C'est un grand effort d'avoir décrit les processus à suivre, mais ils sont naturels et trop évidents. [...] Idéalement, il aurait été utile de montrer les exigences d'information à certains moments donnés, ici rien n'est assez détaillé », a déclaré un autre gestionnaire BIM. Au-delà des questions de formalisation, l'une des principales critiques formulées par les praticiens au sujet du plan d'exécution est que ce dernier ne tient pas compte du besoin particulier d'un projet accéléré pour que différentes disciplines se coordonnent les unes avec les autres. « Nous avons essayé d'appliquer les processus proposés dans le plan d'exécution BIM, mais le projet accéléré n'est pas linéaire », a noté un coordinateur BIM. En effet, l'entreprise d'ingénierie structurelle a dû émettre ses premiers résultats très rapidement, avant les autres entreprises, tout en tenant compte de l'évolution des modèles architecturaux et MEP. En collaboration avec les autres parties prenantes, il a finalement été décidé que les délais ne seraient appliqués aux ingénieurs et aux architectes MEP que sur les parties du modèle nécessaires à la production des modèles structurels. À ce sujet, l'étude a noté quelques besoins particuliers de coordination entre les architectes et la structure, pour lesquels les deux firmes ont adopté l'échange de croquis manuscrits. Ces croquis représentent un moyen rapide et efficace de transmettre des informations précieuses des architectes à l'entreprise de structure afin que cette dernière puisse adapter ses modèles, et préparer ses livrables avec la qualité et dans les délais requis. « Les architectes utilisent largement ce moyen pour communiquer rapidement leurs idées, nous pouvons ensuite mettre à jour notre modèle à partir de ces croquis, c'est un moyen rapide et efficace de transmettre des informations de dernière minute quand cela est nécessaire. »

De plus, les problèmes liés aux processus de contrôle de la qualité ont été notés par plusieurs praticiens. Pour l'entreprise d'ingénierie structurelle, trop de processus de contrôle de qualité décrits dans le plan d'exécution n'étaient pas adaptés à leur situation. Les praticiens croient qu'un contrôle de

qualité efficace tel que décrit prendrait trois semaines complètes, ce qui est totalement impensable pour un tel projet accéléré où les modèles évoluaient continuellement. Les participants ont adopté l'idée collective d'avancer les modèles et d'effectuer la détection des interférences aux moments planifiés lorsque les éléments appropriés ont été modélisés correctement. Un autre aspect du contrôle de la qualité est lié à l'entrepreneur qui, selon le processus du plan d'exécution, avait la responsabilité de vérifier les modèles et leur conformité au système de classification Unifomat. Ce processus, planifié pour être géré par l'entrepreneur, a soulevé des questions de responsabilités contractuelles. Bien qu'il n'ait pas été possible de valider ces affirmations au cours de la période d'observation, certains gestionnaires BIM ont estimé que les responsables BIM devraient être responsables du contrôle de qualité interdisciplinaire.

3.4 L'utilisation par l'ensemble de l'équipe de projet d'un espace physique commun

Une particularité intéressante de ce projet réside dans le fait que tous les membres de l'équipe du projet devaient partager un espace physique commun fourni par l'entreprise gestionnaire à proximité du site de construction durant toute la durée du projet. L'idée ici est similaire au concept de *Big Room* et vise à favoriser des synergies de collaboration entre les disciplines. Le concept de *Big Room* vient des théories du *Lean Construction* et consiste à réunir « sous un même toit des équipes interfonctionnelles pour explorer les problèmes » (Forbes et Ahmed, 2010).

L'un des objectifs de l'étude est de comprendre comment les répondants perçoivent l'impact sur l'efficacité du projet et les difficultés potentielles émergeant du travail dans un espace commun avec d'autres disciplines. Comparé à une configuration de projet traditionnelle, travailler dans le même espace physique au cours d'un projet semble avoir un impact très positif sur la communication, la collaboration et la confiance entre les parties prenantes ainsi que sur l'échange d'informations et de données. « Le bureau du projet s'est focalisé sur ce projet spécifique, aucun autre projet n'est susceptible de monopoliser l'esprit, ici toutes les équipes sont mobilisées pour ce projet », a déclaré un coordinateur BIM. « L'espace commun est très utile, il rassemble le propriétaire et les autres disciplines, il sert d'intégrateur, l'information est mieux partagée, les petites réunions succinctes sont très efficaces », ajoute le chef de projet. Cette proximité physique contribue à une synergie commune, au sentiment de travailler autour d'un objectif commun à tous, simplifie la

phase de conception, accroît l'efficacité de la prise de décision et contribue à la compréhension des processus BIM spécifiques d'un projet. «Au stade préliminaire, il y a environ une réunion BIM par mois, cela semble suffisant, étant donné que l'espace de travail est propice à parler directement aux personnes concernées en cas de problème», a déclaré un gestionnaire BIM. Un autre gestionnaire BIM a ajouté : «Nous avons un grand avantage à être dans un espace physique commun, ce qui offre des solutions rapides : il n'y a pas de perte de temps ou d'information lors de l'interaction avec d'autres professionnels.» De plus, une très grande proportion des répondants étaient très positifs quant à leur désir de travailler dans de telles configurations dans le futur.

4. Discussions

Si les résultats de l'étude sont difficiles à généraliser du fait du caractère exploratoire de l'étude, ils mettent néanmoins en évidence un certain nombre de points de discussion sur les difficultés rencontrées par les professionnels dans la mise en œuvre de l'approche BIM. Nous proposons de discuter des éléments selon deux aspects : la cristallisation des sous-processus d'information autour du gestionnaire BIM et la fiabilité des processus BIM pour une collaboration efficace.

4.1 Cristallisation du sous-processus d'information autour du gestionnaire BIM

L'étude de cas montre une cristallisation du sous-processus d'information autour des gestionnaires BIM, créant deux pôles de leadership distincts dans le projet. Le premier est lié au plan de projet incarné par le chef de projet. Il est basé sur la gestion des activités du projet selon une structure de découpage du travail. Le second système de gestion, lié au plan d'exécution BIM, est réalisé par le gestionnaire BIM et repose principalement sur la gestion de l'information du projet.

Le flux d'information, avec le flux de matière, est l'un des deux principaux flux apparaissant dans la chaîne d'approvisionnement typique dans l'industrie de la construction (Vrijhoef et Koskela, 2000) et correspond au sous-processus d'information identifié par Björk (1999). Même si le sous-processus d'information est moins tangible que le sous-processus matériel, il est crucial pour le succès des projets de construction, car l'information est, avec le matériel et l'énergie, la troisième composante fondamentale des systèmes

sociotechniques (Mélèse, 1990). Avec l'approche BIM, la gestion des projets de construction est plus que jamais une question d'information (Winch, 2010) et la cristallisation du flux d'information autour du gestionnaire BIM, rôle qui prend de plus en plus d'importance dans les projets de construction, en est une bonne illustration. L'on peut raisonnablement prévoir que la distance entre les rôles de gestionnaire de projet et de gestionnaire BIM va se réduire considérablement dans l'avenir. Tout au moins, les gestionnaires de projet devront acquérir des compétences en BIM et les gestionnaires BIM devront augmenter leurs connaissances en gestion de projet. Éventuellement, ces deux compétences pourraient fusionner en un rôle unique capable de gérer une perspective informationnelle de la gestion de projets de construction.

4.2 L'applicabilité des processus BIM proposés pour une collaboration efficace

Comme expliqué plus haut, la définition de processus de collaboration clairs est très importante dans le secteur. Une grande partie des professionnels signalent un écart moyen entre les processus BIM prévus et les processus BIM réels utilisés dans le projet. L'approche BIM est censée améliorer la collaboration dans l'industrie, et les processus sous-jacents BIM doivent être fiables. Les processus linéaires génériques proposés dans les plans d'exécution BIM et les lignes directrices ne semblent pas adaptés à certains projets complexes comme celui décrit dans cette étude. Un des avantages de la recherche récemment présentée par de Blois *et al.* (2016) réside dans les théories de l'approche systémique auxquelles elle se réfère pour aborder la complexité de l'interaction entre les structures et les processus du projet. De même, l'approche BIM pourrait bénéficier d'une meilleure compréhension de la nature systémique de l'industrie de la construction afin d'améliorer les processus de collaboration. Les tendances actuelles d'amélioration de la collaboration en matière de construction reposent sur les bonnes pratiques d'autres industries, telles que l'aérospatiale et l'automobile. L'utilisation de l'approche systémique pour aborder l'industrie de la construction a été également préconisée par divers chercheurs (Botton et Forgues, 2017; Fernández-Solís, 2008).

Conclusion

Sur la base d'une étude de cas exploratoire, cet article a discuté des rôles des spécialistes BIM par rapport à ceux des gestionnaires de projet, de la façon

dont le sous-processus d'information se cristallise autour du gestionnaire BIM et de l'applicabilité des processus BIM proposés pour une collaboration efficace. Le premier défi soulevé est lié aux nouveaux rôles requis par un projet BIM, y compris celui du gestionnaire BIM. Le chef de projet ne semble plus être l'unique acteur central du projet : le gestionnaire BIM apparaît et agit désormais comme un nouvel acteur majeur, avec quelques responsabilités de gestion. La cristallisation du sous-processus d'information autour des gestionnaires BIM révèle l'importance de la gestion de l'information dans les projets BIM et la nécessité de redéfinir clairement les connexions et les interactions entre le flux de travail et le flux d'information. Il semble que l'approche centrée sur l'information proposée par Winch (2010) pour la gestion des projets de construction sera très utile à l'avenir. Le dernier défi est lié à la capacité des processus BIM actuels (préconisés dans les plans d'exécution BIM ou les directives) à accompagner avec succès l'utilisation de l'approche BIM dans les projets de construction. Ces processus semblent trop génériques et ne prennent pas vraiment en compte toute la complexité de la dynamique de l'industrie de la construction.

Les travaux futurs se concentreront sur la modélisation des nouvelles dynamiques de collaboration et de la chaîne d'approvisionnement des projets BIM.

—

Bibliographie

Barison, Maria Bernardete et Eduardo Toledo Santos. 2010. «An Overview of BIM Specialists», dans Walid Tizani (dir.), *Proceedings of the International Conference on Computing in Civil Engineering*, The University of Nottingham, 30 juin au 2 juillet 2010.

Björk, Bo-Christer. 1999. «Information Technology in Construction-Domain Definition and Research Issues», *International Journal of Computer Integrated Design And Construction*, 1, 1: 1-16.

Blois, Michel de, Gonzalo Lizarralde et Pierre De Coninck. 2016. «Iterative Project Processes Within Temporary Multi-Organizations in Construction: The Self-, Eco-, Re-Organizing Projects», *Project Management Journal*, 47, 1: 27-44. <<https://doi.org/10.1002/pmj>>.

Boton, Conrad. 2009. «Gestion de l'information au sein des projets de construction : de l'expérience luxembourgeoise à la proposition d'un modèle de système d'information pour l'Afrique», Université Senghor d'Alexandrie.

Boton, Conrad et Daniel Forgues. 2015. «BIM Projects. Is It the End for the Construction Project Manager?», dans *Proceedings of Asia-Pacific Researchers in Organisation Studies, APROS/EGOS Conference*. Sydney, Australia.

Boton, Conrad et Daniel Forgues. 2017. «The Need for a New Systemic Approach to Study Collaboration in the Construction Industry», *Procedia Engineering*, 196: 1043-1050. <<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.060>>.

- Boton, Conrad, Daniel Forgues et Gilles Halin. 2017. « Les enjeux liés à l'intégration de l'approche BIM de modélisation des données du bâtiment à l'enseignement universitaire: cas d'une école d'ingénierie », *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire*, 14, 2 : 5-23. <<https://doi.org/10.18162/ritpu-2017-v14n2-01>>.
- Boton, Conrad, Gilles Halin, Sylvain Kubicki et Daniel Forgues. 2015. « Challenges of Big Data in the Age of Building Information Modeling: A High-Level Conceptual Pipeline », dans Y. Luo (dir.), *Lecture Notes in Computer Science*, volume 9320. Springer Berlin Heidelberg : 48-56. <<https://doi.org/10.1007/978-3-319-24132-6>>.
- Boton, Conrad, Sylvain Kubicki et Gilles Halin. 2013. « Designing Adapted Visualization for Collaborative 4D Applications », *Automation in Construction*, 36 : 152-167. <<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.09.003>>.
- Bryde, D., M. Broquetas et J. Marc Volm. 2013. « The Project Benefits of Building Information Modelling (BIM) », *International Journal of Project Management*, 31, 7 : 971-980. <<https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.12.001>>.
- Computer Integrated Construction Research Program. 2012. « BIM Planning Guide for Facility Owners », The Pennsylvania State University, University Park.
- Davies, Kathryn et Suzanne Wilkinson. 2017. « A Review of Specialist Role Definition in BIM Guides and Standards », *Journal of Information Technology in Construction*, 22 : 185-203.
- Day, Martyn. 2013. « BIM Is Not CAD », *AEC Magazine*, 2013. <<http://aecmag.com/technology-mainmenu-35/531-bim-is-not-cad>>.
- Demian, Peter et David Walters. 2014. « The Advantages of Information Management through Building Information Modelling », *Construction Management and Economics*, 32, 12 : 1153-1165. <<https://doi.org/10.1080/01446193.2013.777754>>.
- Eastman, Chuck, Paul Teicholz, Rafael Sacks et Kathleen Liston. 2011. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. 2^e édition, John Wiley & Sons.
- Fernández-Solís, José L. 2008. « The Systemic Nature of the Construction Industry », *Architectural Engineering and Design Management*, 4, 1 : 31-46. <<https://doi.org/10.3763/aedm.2008.S807>>.
- Forbes, Lincoln H et Syed M Ahmed. 2010. *Modern Construction: Lean Project Delivery and Integrated Practices*. Boca Raton, CRC Press.
- Froese, Thomas, Zonghai Han et Michael Alldritt. 2007. « Study of Information Technology Development for the Canadian Construction Industry », *Canadian Journal of Civil Engineering*, 34, 7 : 817-829. <<https://doi.org/10.1139/I06-160>>.
- Froese, Thomas M. 2010. « The Impact of Emerging Information Technology on Project Management for Construction », *Automation in Construction*, 19, 5, 531-538. <<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2009.11.004>>.
- Gerring, John. 2004. « What Is a Case Study and What Is It Good For? », *The American Political Science Review*, 98, 2 : 341-354.
- Hosseini, Reza, Saeed Banihashemi, Nicholas Chileshe, Mehran Oraee Namzadi, Chika Udaaja, Raufdeen Rameezdeen et Tammy McCuen. 2016. « BIM Adoption within Australian Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs): An Innovation Diffusion Model », *Construction Economics and Building*, 16, 3 : 71-86. <<https://doi.org/10.5130/AJCEB.v16i3.5159>>.

- Howard, H. C., Raymond E. Levitt, B. C. Paulson, Jens G. Pohl et C. B. Tatum. 1989. «Computer Integration: Reducing Fragmentation in AEC Industry», *Journal of Computing in Civil Engineering*, 3, 1: 18-32.
- Kreider, Ralph, John Messner et Craig Dubler. 2010. «Determining the Frequency and Impact of Applying BIM for Different Purposes on Building Projects», dans *Proc., 6th International Conference on Innovation in Architecture, Engineering and Construction (AEC)*, 1-10.
- Kubicki, Sylvain et Conrad Boton. 2014. «IT Barometer Survey in Luxembourg: First Results to Understand IT Innovation in Construction Sector», dans *Computing in Civil and Building Engineering. Proceedings of the 2014 International Conference on Computing in Civil and Building Engineering*. <<https://doi.org/10.1061/9780784413616.023>>.
- Letrilliart, Laurent, Isabelle Bourgeois, Anne Vega, Jacques Cittée et Matthieu Lutsman. 2009. «Un glossaire d'initiation à la recherche qualitative», *Exercer, La Revue française de médecine générale*, 20, 88 : 106-112.
- Mélèse, Jacques. 1990. *Approches systémiques des organisations. Vers l'entreprise à complexité humaine*. Paris, Les Éditions d'Organisation.
- Nath, Tushar, Meghdad Attarzadeh, Robert L. K. Tiong, C. Chidambaram et Zhao Yu. 2015. «Productivity Improvement of Precast Shop Drawings Generation through BIM-Based Process Re-Engineering», *Automation in Construction*, 54 : 54-68. <<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.03.014>>.
- Oesterreich, Thuy Duong et Frank Teuteberg. 2016. «Computers in Industry Understanding the Implications of Digitisation and Automation in the Context of Industry 4.0: A Triangulation Approach and Elements of a Research Agenda for the Construction Industry», *Computers in Industry*, 83 : 121-139. <<https://doi.org/10.1016/j.compind.2016.09.006>>.
- Ogawa, Rodney T. et Betty Malen. 1991. «Towards Rigor in Reviews of Multivocal Literatures: Applying the Exploratory Case Study Method», *Review of Educational Research*, 61, 3 : 265-286. <<https://doi.org/10.3102/00346543061003265>>.
- Pekuri, Aki, Harri Haapasalo et Maila Herrala. 2011. «Productivity and Performance Management. Managerial Practices in the Construction Industry», *International Journal of Performance Measurement*, 1 : 39-58.
- Project Management Institute. 2013. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide). Fifth Edition*. <<https://doi.org/10.1002/pmj>>.
- Reina, P. 2013. «U.K.s BIM Mandate Driving Major Shift in Digital Tools Adoption», *ENR (Engineering News-Record)*, 271, 25.
- Teicholz, Paul. 2013. «Labor-Productivity Declines in the Construction Industry: Causes and Remedies (Another Look) (Accessed on 29 of July, 2014)», *AECbytes Viewpoint*, 67.
- Vrijhoef, Ruben et Lauri Koskela. 2000. «The Four Roles of Supply Chain Management in Construction», *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 6, 3-4 : 169-178. <[https://doi.org/10.1016/S0969-7012\(00\)00013-7](https://doi.org/10.1016/S0969-7012(00)00013-7)>.
- Wilkinson, Sara J. et Julie R. Jupp. 2016. «Exploring the Value of BIM for Corporate Real Estate», *Journal of Corporate Real Estate*, 18, 4 : 254-269. <<https://doi.org/10.1108/JCRE-11-2015-0040>>.
- Williams, Gareth Vaughan. 1995. «Fast Track Pros and Cons: Considerations for Industrial Projects», *Journal of Management in Engineering*, 11, 5 : 24-32. <[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0742-597X\(1995\)11:5\(24\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0742-597X(1995)11:5(24))>.

Winch, Graham M. 2010. *Managing Construction Projects : An Information Processing Approach*. Seconde édition. Hoboken, Blackwell Publishing.

Won, Jongsung et Jack C. P. Cheng. 2017. « Identifying Potential Opportunities of Building Information Modeling for Construction and Demolition Waste Management and Minimization », *Automation in Construction*, 79 : 3-18. <<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.02.002>>.

Yin, Robert K. 2013. *Case Study Research: Design and Methods*. Thousand Oaks, SAGE Publications.

Yin, Robert K. 1981. « The Case Study Crisis: Some Answers », *Administrative Science Quarterly*, 26 : 58-65.