



Montréal, Québec
May 29 to June 1, 2013 / 29 mai au 1 juin 2013

Transformer la gestion des équipements avec le BIM : une étude de cas.

Lieu Dao, Daniel Forgues

Résumé : Le succès de l'adoption des technologies associées à la modélisation informatisée du bâtiment dépend de l'intérêt des clients à en exiger l'utilisation pour leur projet. Les clients publics de par l'envergure de leur portefeuille de projets jouent un rôle prépondérant pour conduire ce mouvement. Cependant, ces derniers ne semblent pas saisir la valeur de l'adoption du BIM pour la gestion de leurs actifs immobiliers. Selon des études américaines et australiennes, les coûts de la piètre gestion de l'information en construction coûtent, pour chacun de ces pays, près de 15 milliards US. Les plus fortes pertes (près du deux tiers) se retrouvent chez les propriétaires immobiliers. Le BIM pour la gestion des équipements se concentre plutôt sur le volet technologique et souvent, néglige l'aspect de la gestion du changement requis pour migrer des approches traditionnelles de gestion des équipements vers des processus associés aux technologies BIM. Ce projet de recherche explore le volet organisationnel de l'implantation d'une plateforme BIM dans une municipalité. Il analyse, à l'aide de l'information recueillie à partir d'entrevues, de revues de documents et de cartographies des processus, les contraintes et défis dans l'implantation d'une telle plateforme, autant au niveau de l'harmonisation du transfert d'information des technologies en place que des changements exigés dans la culture et la structure organisationnelle.

1 Introduction

Le BIM (modélisation des informations du bâtiment) est de plus en plus adopté dans l'industrie de la construction comme un outil prometteur favorisant la collaboration et l'intégration des diverses disciplines impliquées dans le projet de construction des bâtiments ou d'infrastructures. Il est vu comme une nouvelle approche pour la conception, la construction et la gestion des installations, dans lesquelles une représentation numérique du processus de construction est utilisée pour faciliter l'échange et l'interopérabilité de l'information dans un format numérique (Eastman et coll. 2008).

Dans la littérature, plusieurs cadres de travail et modèles d'implantation du BIM dans les projets de construction (de toutes sortes d'envergures et de complexités) sont proposés. Cependant, la majorité des travaux se concentrent dans le design et la construction de nouveaux bâtiments. Peu de cas sont recensés et étudiés lorsqu'il s'agit de bâtiments existants et surtout dans la gestion de la maintenance et des opérations du bâtiment livré.

En effet, « plusieurs industries comme celles de l'automobile, de l'aéronautique, de la construction navale et de turbines s'investissent déjà dans l'usage stratégique de la technologie de l'information dans leurs processus d'affaires » (Clark et coll. 1999). Ainsi, ceux-ci on remarqué entre autres, une réduction des coûts d'opérations et une augmentation de la productivité. On peut discerner plusieurs similarités entre ces industries et celle de la construction. De ce fait, le BIM renferme des concepts et des pratiques rappelant celles déjà mises en œuvre dans ces industries.

Une étude sur les coûts de l'interopérabilité du NIST aux États-Unis (Gallaher et coll. 2004) a démontré que la perte en productivité et en efficacité se résulte dans l'interopérabilité inadéquate et la fragmentation dans l'industrie de la construction. En effet, cette étude a démontré que le coût d'une interopérabilité inadéquate se chiffre à 15.8 milliards de dollars (en 2004) et que les deux tiers de ces coûts se rapportent aux opérations et à la maintenance du bâtiment.

L'objectif principal du projet est de développer et proposer un environnement et un flux de travail favorisant l'intégration des données et des processus dans la gestion des immeubles dans une grande municipalité basée sur les principes du BIM en optimisant l'interopérabilité entre les logiciels et les systèmes. Cette étude vise à explorer le volet organisationnel de l'implantation d'une plateforme BIM dans une municipalité. Il analyse, à l'aide de l'information recueillie à partir d'entrevues, de revues de documents et de cartographies des processus, les contraintes et défis autant au niveau de l'harmonisation du transfert d'information des technologies en place que des changements exigés dans la culture et la structure organisationnelle.

2 Problématique

La gestion immobilière et le maintien d'actifs opèrent dans un environnement où l'importance des plans « tels que construits » et des détails de construction est extrêmement grande et l'historique des interventions sur les composantes du bâtiment est primordial. Plusieurs autres facettes de la gestion immobilière requièrent également ces données pour la prévention et la planification des travaux futurs. Le BIM pourrait fournir les données complètes sur les équipements (paramètres de fonctionnement, données d'utilisation, données prévisionnelles, l'historique, les prix de remplacement, les liens avec les fournisseurs) sous une représentation 3D facilitant l'organisation et la visualisation des liens entre les différentes composantes et les données. Ainsi, les gestionnaires d'équipements pourront utiliser le BIM comme un outil pour la cueillette de données d'utilisation, pour la préparation des calendriers de maintenance, pour la gestion des opérations journalières et pour la planification de l'approvisionnement.

Cependant, le manque de compréhension des outils BIM pour la gestion immobilière dans la municipalité est un grand enjeu dans l'implantation d'une plateforme BIM au sein de l'entreprise. En effet, les outils BIM renferment, entre autres, un cadre de travail et de collaboration accrus entre les divers intervenants en gestion immobilière et en gestion des équipements. L'implantation d'une telle plateforme nécessite un grand engagement et un haut niveau de collaboration et de communication de la part de tous les intervenants dans les diverses phases.

Additionnée à cela, la difficulté du propriétaire immobilier à gérer son parc avec des outils traditionnels (tel que les systèmes d'information FM (Facility Management), les systèmes informatisés de gestion de la maintenance (GMAO), des systèmes électroniques de gestion des documents (EDMS), la gestion de l'énergie des systèmes (EMS) et des systèmes d'automatisation du bâtiment (BAS)) fait en sorte que ces données sur le bâtiment sont souvent incompatibles; il est donc difficile d'obtenir une intégration adéquate et une information pertinente et complète.

3 Les bénéfices potentiels du BIM en gestion immobilière

Dans la littérature, plusieurs cas de gestion immobilière et de gestion des équipements ont été recensés afin d'extraire les bénéfices de ce type de gestion en BIM. Le cas de l'Université de Montréal démontre une bonne pratique dans l'intégration et la diffusion des données du bâtiment à travers les divers intervenants. En effet, l'équipe de gestion des immeubles a opté pour une solution intégrée de gestion du bâtiment, de plans et de documents à travers une plateforme BIM basée sur le web. « Cette solution suggère de hiérarchiser les informations en extrayant les données directement des plans CAD. Cette pratique a permis, entre autres, de retrouver rapidement un plan « Maître » et de visualiser ses différentes composantes du bâtiment (composantes électriques et mécaniques, numéro de portes, équipements informatiques) selon les étages et les locaux. De plus, l'accès aux données s'effectue en

ligne, via le web, et est contrôlé par différents niveaux d'accès selon le type d'intervenant » (ArchiDATA, 2013).

Le cas de l'Opéra de Sydney renferme également plusieurs éléments importants dans la gestion immobilière, des équipements et de la planification des activités basée sur la technologie du BIM. « Puisque le bâtiment est complexe et que les informations disponibles, elles, sont en format papier, la conversion des informations en données électroniques a permis d'obtenir l'information intégrée des différentes salles de spectacles, d'aires communes et de ses composantes (superficie et type de finis de plancher et de murs, nombre et types de portes et de fenêtres, visualisation 3D). Un calendrier de maintenance et d'entretien a pu être extrait de ces informations tout en tenant compte des différentes plages horaires de représentations et d'événements culturels » (CRCCI, 2007).

Plusieurs bénéfices de l'utilisation des technologies du BIM en matière de gestion ont été démontrés; entre autres dans l'économie de temps pour la recherche de données et surtout dans l'exactitude des données reliées aux bâtiments et de ses composantes. Cependant, ces solutions requièrent une grande implication et une volonté dans l'organisation et la structure d'une entreprise. Le facteur humain joue un rôle important dans le maintien et le succès d'une telle implantation. La technologie du BIM doit, en premier lieu faciliter le travail des employés, mais aussi ne pas imposer un changement radical dans les manières de fonctionner initiales de l'entreprise et de ses employés. Ainsi, l'entreprise doit favoriser un alignement stratégique (Henderson et Venkatraman, 1993) qui se doit d'élaborer une structure organisationnelle adaptée pour le support à la mise en œuvre d'une implantation TI.

4 Méthodologie

Afin de comprendre le contexte d'affaires de la municipalité, une étude de cas se concentrant principalement sur les activités et processus de deux directions au sein du Service de la Concertation des Arrondissements et des ressources matérielles et roulantes de la municipalité ainsi que la Direction des services administratifs et du greffe au sein de deux différents arrondissements a été effectuée. La triangulation de données : observation, entrevues et revues de documents ont été employées afin de produire et analyser les flux de travail. Une période d'observation d'une durée de 4 mois à concurrence de deux journées par semaine a été effectuée dans les bureaux de la municipalité. Il y a eu l'organisation de 4 « focus groups » d'une durée de 90 minutes impliquant 2 différents intervenants à la fois ainsi que 14 entrevues semi-dirigées d'une durée moyenne de 90 minutes ont été conduites. Un total de 22 personnes ont participé et trois personnes ont refusé notre invitation.

Un questionnaire doté de vingt questions visant à collecter les informations selon divers aspects a permis de comprendre l'environnement de travail actuel tel que :

- (1) L'identification du rôle de chaque intervenant,
- (2) La connaissance de la mission et des objectifs de chaque direction et arrondissement,
- (3) Les besoins,
- (4) Les méthodes et systèmes de gestion de données et de l'information,
- (5) Les liens entre les divers intervenants internes et externes,

Les documents examinés sont les divers répertoires sur le réseau de la municipalité, les différents systèmes mis à disposition des employés, les salles d'archives contenant les plans et devis, les contrats et mandats, les documents d'audit des bâtiments, les différents rapports et études de laboratoire ainsi que les manuels d'entretien.

5 Contexte de la municipalité

5.1 La structure des Directions et la mission

Puisque la municipalité est d'envergure et que son parc immobilier est important, la complexité de la gestion de ce dernier y est accrue. Afin d'illustrer les processus et de comprendre les diverses interactions entre les directions, il est de mise de bien cerner la structure de l'organisation et des différentes missions propres à chaque direction.

La Direction des Stratégies immobilières (DSTI) gère les biens immobiliers de la municipalité (1450 bâtiments). Celle-ci agit à titre de propriétaire (propriétaire usager et propriétaire locateur) du parc et s'occupe principalement des projets de construction d'envergure (les rénovations, les améliorations et les agrandissements touchant les bâtiments existants), analyse les propositions de constructions futures et les planifie. De plus, dans plusieurs cas, cette Direction agit également à titre de locataire. Ainsi, plusieurs types d'activités sont reliés à la gestion du bien immobilier selon le rôle que cette direction détient envers le bâtiment (propriétaire usager, propriétaire locateur et locataire).

La Direction des Immeubles (DI) maintient les bâtiments en exploitation. La mission de celle-ci est de fournir des services immobiliers aux services corporatifs, d'agglomération et aux arrondissements. Elle vise à maintenir et à rehausser la qualité du parc immobilier, à développer et mettre en œuvre des stratégies pour l'entretien, prioriser l'efficacité énergétique, intégrer les pratiques du développement durable et maintenir une expertise spécialisée en exploitation du bâtiment.

La Direction des services administratifs et du greffe (DSAG) regroupe plusieurs activités reliées à la gestion interne de l'Arrondissement. Celle-ci voit à la gestion des documents et à la conservation des archives, la gestion de l'occupation de l'espace et de son aménagement, s'occupe des projets de construction de petites envergures, planifie et effectue les travaux et l'entretien du bâtiment.

Plusieurs processus et méthodes de travail touchant la gestion du bâtiment ont été identifiés au sein de chaque direction. Malgré le fait que ces trois directions opèrent différemment, plusieurs processus identifiés sont semblables. Aux fins d'analyse, le processus illustré à la Figure 1 est similaire pour les trois directions étudiées. Ceci est un exemple de processus renfermant plusieurs étapes et outils concernant les données du bâtiment et de l'ensemble du porte-folio immobilier.

Premièrement, on peut le noter dans ce schéma que la recherche d'informations contient plusieurs étapes superflues afin de trouver une donnée autant générale (l'emplacement du bâtiment) que spécifique (plan d'étage, plan de local, des études de faisabilité, des tests de sol) touchant le bâtiment. Deuxièmement, l'utilisateur doit passer par plusieurs médiums et outils afin de parvenir à obtenir l'information recherchée.

De plus, si l'information est trouvée, il est de mise que la validation de l'information est une étape primordiale dans le traitement de l'information. En effet, selon les résultats des entrevues, lorsque l'information nécessaire est enfin trouvée, elle doit obligatoirement être soumise dans un processus de validation, car l'information est automatiquement considérée comme n'étant pas mise à jour, donc incomplète et parfois, non pertinente.

Lorsque l'information est inexistante, l'usager doit effectuer un relevé in situ afin de recueillir les informations du bâtiment nécessaires à son travail. Cependant, il y a une limite concernant le niveau de détails et la nature des informations; les installations mécaniques et électriques (ce qui se trouve derrière les murs) sont inaccessibles. De plus, lorsque ces relevés sont effectués, ceux-ci ne sont pas systématiquement archivés de manière à ce que cette information soit disponible et connue de tous. Ceci est dû en partie par la structure mise en place où il est difficile, voir quasi impossible d'enrichir les informations déjà présentes.

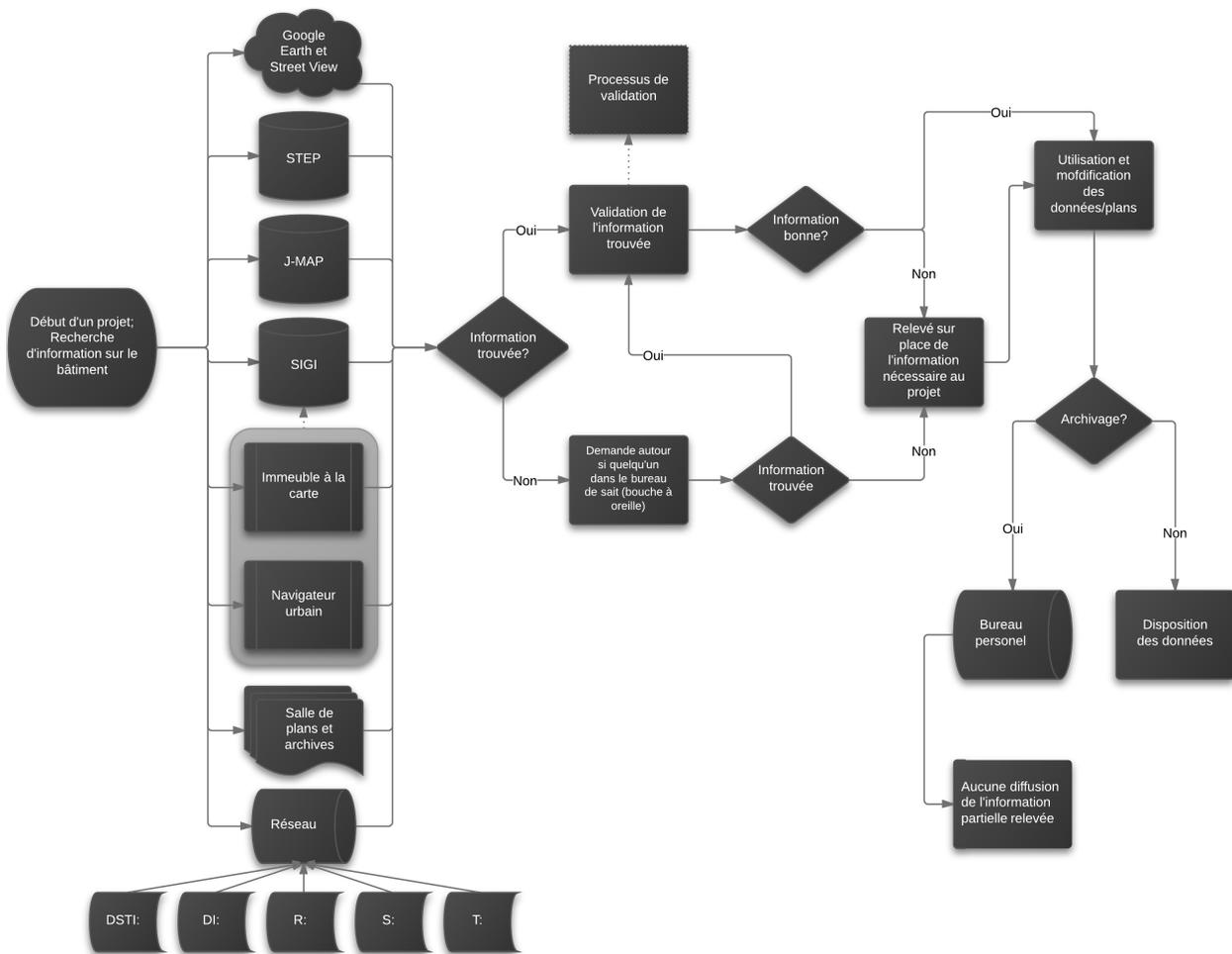


Figure 1 : Processus de recherche de plan/information

5.2 Analyse des besoins et proposition d'une architecture BIM

Tout d'abord, les processus contiennent beaucoup d'étapes et emploient plusieurs outils et systèmes différents pour souvent obtenir le même résultat. Ainsi, les processus sont lourds et redondants à l'intérieur de chaque direction. Les systèmes et les outils employés ne sont pas utilisés à leur pleine capacité et souvent, les utilisateurs s'en lassent et entreprennent de nouvelles avenues pour arriver à leurs fins. Conséquemment, le travail produit et l'information trouvée ne sont pas diffusés à tous les intervenants, nourrissant ainsi la multiplication des documents et des données existantes. De plus, la multitude de systèmes qui sont employés fait en sorte que les étapes dans les processus se multiplient. Cela est dû en grande partie à l'incompatibilité des différents formats de l'information produite et de l'information existante.

Deuxièmement, la production de données et les besoins en matière d'information sont similaires à chaque direction dont l'information reliée au bâtiment et de ses différentes composantes. Cependant, chacune des directions suit ses propres normes et archive ses documents selon ses besoins (travail en silo); les informations produites concernant le bâtiment ne sont que partielles. Le manque de standardisation dans les processus d'archivage et de dessins, entre autres, contribue à la difficulté de rassembler et intégrer les informations sur une même base. De ce fait, la lacune de standardisation des méthodes joue un grand rôle dans la mauvaise communication et diffusion de l'information reliée au bâtiment et ses composantes.

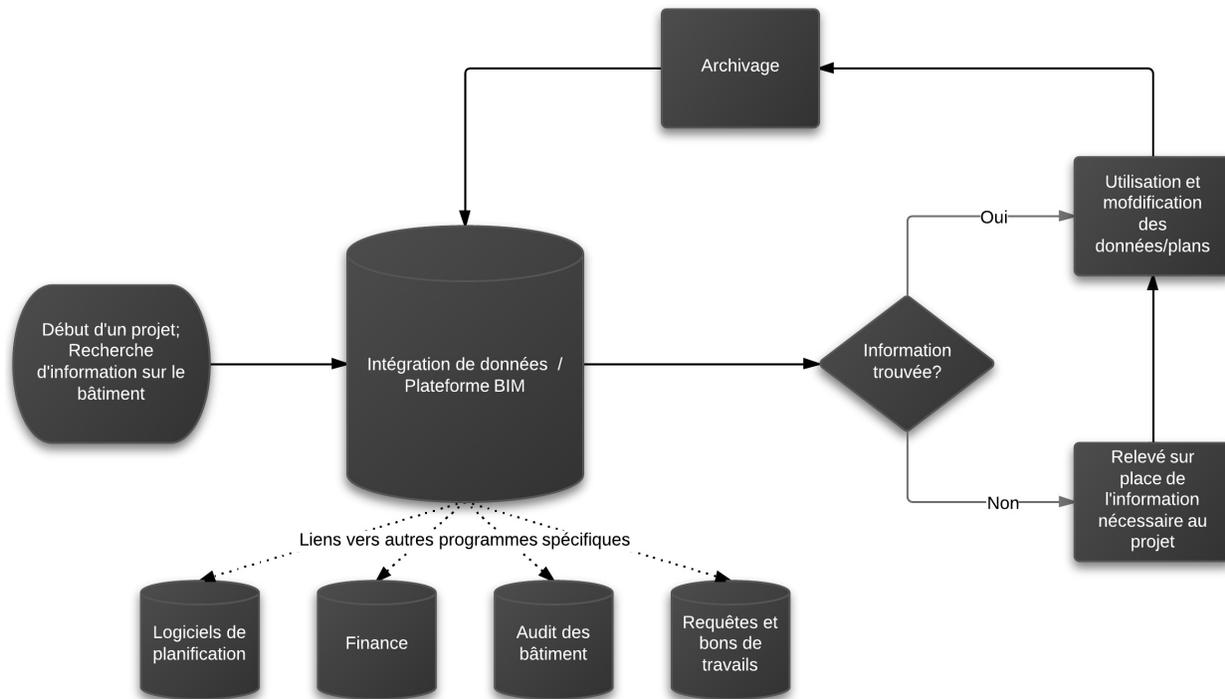


Figure 2 : Processus de recherche de plan/information employant une plateforme BIM

Comme mentionnée plus tôt, une plateforme basée sur le BIM optimiserait les processus liés à la gestion immobilière et à la gestion des équipements. En effet, la figure 2 illustre une diminution des étapes dans la recherche d'informations ainsi que la réduction des outils et systèmes destinés à la classification et la recherche de données. L'étape de la validation n'existera plus, car les données seront fiables et pertinentes. L'archivage sera fait de manière rigoureuse et l'information sera disponible aux personnes concernées et ne sera plus stockée sur les répertoires personnels.

Ainsi, plusieurs besoins touchant différents aspects de la gestion immobilière et la gestion des équipements ont été identifiés dont; (a) un standard de classification et de hiérarchisation (au niveau des sites et de l'ensemble de bâtiment); (b) un standard de nomenclature (des immeubles, des étages, des locaux, des portes et fenêtres); (c) les plans d'étages et d'immeubles à jour (les normes de dessins, la fréquence de mise à jour, le format de stockage); (d) la localisation géo spatiale des bâtiments et de ses composantes; (e) les procédures rigoureuses d'archivage en fin de projet (les plans, les documents, les devis, les manuels de maintenance et d'entretien, les plans de planification, les correspondances, les études et les photos); (f) les spécifications au contrat pour la gestion en BIM et le transfert des modèles BIM; (g) les niveaux d'accès à l'information selon les intervenants; (h) la traçabilité des données; (i) la conservation et le transfert des connaissances; (j) la gestion du changement.

5.3 Les enjeux technologiques, organisationnels et procéduraux

De grands enjeux technologiques, organisationnels et procéduraux sont présents dans l'implantation d'une plateforme BIM dans le Service de la Concertation des Arrondissements et des ressources matérielles et roulantes de la municipalité. Premièrement, l'infrastructure des systèmes informatiques actuels doit être en mesure d'accueillir une telle technologie. Un coût est relié à la modernisation ou à une mise à niveau des systèmes en place afin de rendre possible la production, le traitement, la documentation et l'échange de données reliés au modèle BIM. Il est de mise d'établir de manière concise les types de données et de documents qui seront archivés et ceux qui seront mis à jour périodiquement. De plus, la migration et l'intégration des données du système existant vers cette plateforme doivent se

faire de manière à ce que l'intégrité des données, l'interopérabilité avec les intervenants externes ainsi que les autres services touchant le bâtiment soient conservés. De ce fait, l'enjeu technologique touche non seulement l'environnement interne, mais aussi celui externe de la municipalité dans l'implantation de la plateforme BIM.

Deuxièmement, la structure organisationnelle actuelle du Service de la Concertation des Arrondissements et des ressources matérielles et roulantes de la municipalité doit être modifiée afin que la plateforme BIM soit intègre et fiable. En effet, cette plateforme comportera plusieurs types d'utilisateurs; ceux qui alimenteront la plateforme en données, ceux qui géreront et maintiendront la plateforme à jour et finalement, ceux qui consulteront les informations. La nécessité d'une formation adéquate et façonnée selon les tâches et les responsabilités de chaque type d'utilisateur est primordiale dans l'implantation et le déploiement de cette technologie. Le succès d'une implantation dépend grandement de la capacité et l'habileté de chacun des types d'utilisateurs à utiliser et à exploiter la nouvelle plateforme. Ainsi, une équipe de support ayant l'expertise et la compréhension des modèles et de la plateforme BIM doit être mise en place afin d'assurer sa pérennité. Conséquemment, l'organisation du travail devrait se faire de sorte que les procédures et processus soient suivis afin que les bonnes données soient créées, transmises à la bonne personne et stockées aux bons endroits.

Finalement, les flux de travail et de données doivent être révisés afin de supporter et renforcer la modification dans la structure du Service de la Concertation des Arrondissements et des ressources matérielles et roulantes. En effet, le déploiement de cette technologie du bâtiment touche plusieurs directions dans le Service; ainsi, les différents processus doivent être revus afin de faciliter le flux de données à l'intérieur d'une direction et entre les directions. De plus, les professionnels à l'externe (les architectes et les ingénieurs) doivent également revoir leurs processus en termes de flux de données et travailler avec une plus grande collaboration avec les directions de la municipalité. La remise des modèles et le transfert des informations doivent se faire avec rigueur et ponctualité en fin de projet; le respect des normes et des standards doit être spécifié dans les contrats.

5.4 Les plateformes disponibles sur le marché

Il existe quelques solutions sur le marché nord-américain en matière de gestion immobilière et de gestion des composantes électromécanique. Cependant, la majorité de ces solutions répondent qu'en partie aux besoins cités plus haut. En effet, il existe une multitude de plateformes BIM en construction, toutes intégrées et aptes à être utilisées pour des simulations énergétiques, pour la planification, pour extraire des quantités; ces plateformes renferment donc une multitude de données sur le bâtiment. En revanche, ces données doivent être transférées et utilisables dans les phases d'opération et d'exploitation du bâtiment. De plus, celles-ci ne sont applicables qu'aux nouvelles constructions ou rénovations. Dans le cas de la municipalité, la quasi-totalité de son parc immobilier est existante et la majorité des données sur le bâtiment est en 2D. Le bassin de solutions adaptées au contexte de la municipalité est ainsi beaucoup plus restreint. Des logiciels passerelles comme « Codebook peuvent lire des documents BIM » (CodeBook, 2012) ; cependant, il serait nécessaire de transformer tout le parc immobilier en 3D avec un logiciel de modélisation BIM. Le temps et les ressources nécessaires pour ce type d'implantation seraient pour l'instant trop coûteux pour un retour sur investissement acceptable. Il existe également les services du « Cloud computing » qui faciliteraient les flux de données dans la municipalité et plusieurs logiciels de gestion documentaire pour gérer les documents en lien avec le bâtiment. Un modèle BIM monté à partir des informations 2D comportant des liens vers des plans d'archives et de documents sur un « Cloud » serait une solution viable pour les besoins actuels de la municipalité. Cependant, en ayant un parc immobilier d'envergure, la municipalité se doit de prioriser le type de données à modéliser, à gérer et à mettre à jour en tenant compte de ses capacités actuelles en termes de ressources financières et humaines.

6 Discussion

Malgré que les plus importants bénéfices du BIM soient en gestion immobilière (Gallaher et coll. 2004), une des grandes problématiques actuelles est l'absence ou le peu d'expertise en construction et en gestion immobilière pour accompagner les gestionnaires et les propriétaires immobiliers, ainsi que les donneurs d'ouvrage à effectuer des choix éclairés comme dans les autres industries (ressources en architecture organisationnelle, analyse d'affaires et architecte de système). « Comme le soulignait Winch (2010), la recherche en génie de la construction ne s'intéresse encore que très peu à la dimension « client », pourtant considérée comme essentielle à l'adoption du BIM par l'industrie » (Eastman et coll. 2008).

Les technologies associées au BIM sont de nature disruptive, c'est-à-dire qu'elles exigent de repenser l'organisation du travail autour de ces nouveaux outils. Contrairement aux autres industries, on ne retrouve pas en construction les disciplines reliées à cette problématique (architecte organisationnel, analyste d'affaires, intégrateur informatique). Il existe un besoin réel de générer de nouvelles connaissances pour combler ce vide dans l'intégration des technologies en construction, particulièrement du côté du client.

Ce papier se veut exploratoire. Il a permis de mieux comprendre la complexité et la dynamique des changements d'ordre technologique, organisationnel et procédural présentes chez un grand propriétaire public pour l'adoption du BIM. Plusieurs constats d'ordre sociologique, managérial et structurel ont été identifiés. Cependant, ces problématiques vont au-delà de la portée de ce projet et ne pourront être traitées en profondeur dans le cadre de cette analyse. De plus, lors de la période de collecte de données, un remaniement de poste et une restructuration ont été effectués, chose qui n'est pas étrangère au sein de l'organisation. La cartographie des flux de travail et de données reflète le moment où ces données ont été recensées.

7 Conclusion

Ce projet de recherche visait à explorer le volet organisationnel de l'implantation d'une plateforme BIM chez un grand donneur public afin de dégager les grandes problématiques auxquels ces derniers sont confrontés de manière à prendre la décision d'intégrer le BIM à leur modèle d'affaires. Elle a mis en relief l'envergure et la complexité de prendre une telle décision pour ce type d'organisation. Cependant, cette recherche demeure exploratoire. Des travaux de recherche sont encore nécessaires pour mieux comprendre les dimensions non seulement technologiques, mais aussi organisationnelles et procédurales accompagnant l'intégration du BIM dans les pratiques d'affaires. Il faut aussi justifier et prouver les bénéfices potentiels du BIM pour la gestion immobilière. Le développement de normes et de standards de dessins et de modélisation ainsi que l'ajustement des documents d'appel d'offres et des modes contractuels sont aussi nécessaires pour faciliter l'arrimage des données avec les fournisseurs, les consultants et les professionnels (architectes et ingénieurs).

8 Remerciements

Nous remercions le programme MITACS et la municipalité participante d'avoir supporté financièrement cette recherche.

9 Références

- ArchiDATA, website <http://www.archidata.com>, visited January 2013
- CLARK, Andrew M., ATKIN, Brian L., BETTS, Martin P., SMITH, David A. Benchmarking the use of IT to support supplier management in construction, *ITCon* Vol. 4 1999
- CodeBook, website <http://www.codebookinternational.com>, visited January 2013
- Cooperative Research Centre for Construction Innovation. 2007. *Adopting BIM for Facilities management, Solution for managing the Sydney Opera House*. Cooperative Research Centre for Construction Innovation, Brisbane, Qld, Australia.
- Eastman, C., P. Teicholz, Sacks, R., Liston K., 2008. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, NJ, USA.
- Gallaher, M. P., O'Connor, A. C., Dettbarn, J. L. Jr, Gilday, L. T., 2004. *Cost analysis of inadequate interoperability in the US capital facilities industry*. US Dept. of Commerce, Technology Administration, National Institute of Standards and Technology.
- Henderson, J.C. and Venkatraman, N. 1999. Strategic alignment: Leveraging information technology for transforming organizations. *IBM Systems Journals*, Vol38, Nos 2&3