



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

Formalisation et analyse du processus de détection d'interférences spatiotemporelles

Daniel Forgues, Michael Leonard

Abstract: Les projets de construction deviennent de plus en plus complexes tout en étant sujets à des échéanciers toujours plus serrés et des espaces de travail restreints. Ces conditions favorisent l'apparition d'interférences. Ces derniers constituent un enjeu majeur en construction dans la mesure où un conflit survenant sur chantier risque de déclencher une spirale de problèmes qui peut affecter dramatiquement un projet tant au niveau coût que temps. Il a été estimé que le coût individuel moyen d'un conflit de conception est d'environ 17 000 dollars. L'émergence du Building Information Modeling (BIM) apporte de nouvelles perspectives en termes de coordination. La possibilité de représenter virtuellement un projet dans l'espace (3D) et dans le temps (4D) avant sa construction permet d'analyser et prévoir les éventuels problèmes avant même qu'ils ne surviennent. L'étude a consisté à analyser le contexte d'utilisation de la détection d'interférences en vue d'en dégager les problématiques et de proposer des solutions. Ainsi, la réalisation d'un modèle 4D expérimental a permis de cartographier et standardiser le processus de détection d'interférences spatiotemporelles. À partir de ces résultats, une méthodologie a été proposée en vue de planifier l'exécution des 3 phases constitutives d'une détection d'interférences qui ont pu être dégagées. Puis l'analyse d'un cas réel a mis en lumière les différentes contraintes, notamment technologiques et sociotechniques, relatives à la détection d'interférences sur un projet multiresidentiel en mode traditionnel.

1 Introduction

Les conflits sur chantier constituent l'un des principaux problèmes rencontrés sur un projet de construction. Des dépassements de coûts, des baisses de productivité et de qualité et des retards importants peuvent être occasionnés par les ordres de changement qui découlent de ces conflits qui peuvent ultimement déboucher sur des litiges entre les partis. La meilleure stratégie à adopter serait d'attaquer le problème à la source en évitant que des conflits ne surviennent pendant la construction. La détection des interférences et leur correction dès les phases de conception constitue par conséquent un point clé au sein de projets de construction toujours plus élaborés et impliquant des intervenants issus de corps de métiers multidisciplinaires. De nombreux outils et approches ont été développés pour faire face à ce problème et l'émergence du Building Information Modeling constitue une avancée importante dans ce sens. Néanmoins, la mise en œuvre de cette technologie, et en particulier de la détection d'interférences, se heurte à différentes contraintes d'ordres techniques et sociotechniques.

L'objectif de cette recherche est de cartographier le processus de détection d'interférences, d'en dégager les problématiques et de proposer des pistes de solutions. Elle contribue aux connaissances en matière de gestion de projets et de coordination interdisciplinaire.

2 BIM 4D et interférences spatiotemporelles : revue de la documentation scientifique

2.1 Les interférences en construction

Catégories de conflits et d'espaces en construction

D'après Pena-Mora et al. (2007), un conflit peut être défini comme toute action ou circonstance résultant de besoins incompatibles ou opposés. Les interférences dans un projet de construction peuvent être classées en deux catégories. 1) les interférences dans un cadre réel, qui vont impliquer des espaces (espace de travail, espace à risque, espace protégé, composante du bâtiment, structures temporaires). Les catégories d'interférences vont résulter des combinaisons de conflits entre ces espaces, on distingue les conflits de conception, les risques de sécurité, les risques de dommage et les congestions (Akinci et al. 2000, Wu and Chiu 2010). Ces événements sont qualifiés de spatio-temporels dans la mesure où ils ne se produisent qu'à un moment spécifique et à un endroit donné durant la phase de construction. 2) les interférences dans une maquette numérique qui, au stade de développement des outils actuels, vont uniquement impliquer les composantes du bâtiment (Akinci et al. 2000).

Coûts des interférences

Évaluer le coût d'une interférence peut s'avérer complexe en raison des multiples paramètres qui entrent en jeu, tels que le coût de la main d'œuvre, la perte économique engendrée par le retard, le coût de la correction, l'impact sur les tâches subséquentes, etc. La quantité importante de conflits survenant durant un projet de construction, qui peut atteindre des centaines voire des milliers, rend la tâche d'estimer les interférences au cas par cas encore plus fastidieuse. Peu de données évaluant les conséquences économiques des interférences dans le contexte canadien sont disponibles. La quasi-totalité des chiffres recueillis émanent de sources américaines : 1) Rapporté par vicosoftware (2010), le BIM manager d'un entrepreneur américain a relevé que sur 10 projets majeurs, le coût moyen pour un ordre de changement était de 17 000 \$-. Sur un de ses projets, il a identifié plus de 450 ordres de changement qui ont pu être évité à travers le processus de coordination, ce qui représentait plus de 6.7 millions de dollars d'économies pour le client; 2) Riley and Horman (2001) ont analysé les données de 14 projets de taille et d'envergure similaire afin de dégager un intervalle de coût pour les conflits. Le coût individuel des conflits variait entre 1 500 et 60 000 \$; 3) Riley et al. (2005) ont compilé les données collectées sur plusieurs projets de MEP (Mécanique, Électricité, Plomberie). L'étude a permis de dégager une classification des conflits dus aux problèmes de coordination entre les équipes en fonction de la sévérité de leur impact : les conflits du premier groupement se produisent tôt dans la réalisation, comptent pour environ 88% des conflits et ont un faible impact économique (0-5000\$). À l'inverse, les conflits du groupe 2 surviennent tardivement dans l'avancement du projet, sont moins nombreux que les conflits de types 1 et 2 (17%) mais ont un impact majeur (3000 -30 000\$). Les problèmes doivent ainsi être résolus le plus tôt possible dans le projet pour éviter des surcoûts désastreux.

Évolution des techniques de détection d'interférences

À l'origine, la détection de conflits était réalisée manuellement avec des dessins 2D et consistait à utiliser des plans papiers 2D et une table à dessin lumineuse. Elle est généralement réalisée par des professionnels disposant d'une expérience solide de la discipline. Cette approche est toutefois lente, coûteuse, source d'erreurs et dépend de l'utilisation de plans à jour (Leite et al. 2009). Ensuite, les progrès informatiques ont permis d'utiliser un modèle 3D simple, mais les détections d'interférences dans ces cas retournaient un nombre important d'interférences vides de sens (Van den Helm et al. 2010), par exemple un cube en collision avec une sphère, sans informations sur la nature de ces objets. Si les objets 3D ne sont pas des solides, l'outil de détection ne pourra repérer les interférences entre objets encapsulés dans d'autres objets. Il ne détectera que les interférences entre les surfaces.

2.2 Les avantages significatifs apportés par le BIM

Un modèle BIM se démarque par l'information qu'il contient. La détection géométrique d'interférences peut être combinée aux données paramétriques pour reporter des conflits structurés et pertinents (Eastman et al. 2011). Une détection d'interférence BIM peut utiliser la classification des composantes en différents systèmes (électricité, structure, etc.) pour faire des analyses efficaces de conflits Durs (« hard clash ») ou de Tolérances (« soft clashes »). Les outils BIM actuels peuvent réaliser des détections d'interférences statiques (entre objets statiques) ou dynamiques (entre objets statiques et dynamiques, ou deux objets dynamiques). L'automatisation de l'analyse réduit l'erreur due au facteur humain lors de l'inspection.

Les bénéfices du BIM dépassent toutefois la seule détection d'interférences. Plusieurs facettes gravitant autour de la détection d'interférences sont touchées et améliorées par cette nouvelle technologie, soient en termes de : 1) Visualisation : la possibilité de représenter et simuler digitalement un projet avant sa construction à travers une maquette numérique représente un aspect critique du BIM 4D en permettant d'améliorer la visualisation, l'intégration et l'analyse (Koo and Fischer 1998, Kymmell 2008, Collier and Fischer 1995) . 2) Collaboration : le BIM sert de plate-forme permettant une étroite coordination entre les acteurs de la construction. Une collaboration accrue entraîne une chute dramatique du nombre d'interférences sur chantier (Eastman et al. 2011, Riley and Horman 2001, Luiten and Fischer 1995).

Cependant les problématiques de la fragmentation inhérente à l'industrie de la construction, de la répartition des tâches en matière de modélisation et de coordination ainsi que les lignes directrices pour mener à bien une détection d'interférences BIM ne sont pas abordées dans la littérature.

3 Méthodologie

Pour conduire cette étude une approche dérivée des méthodes de recherche constructive (Lukka 2003) et de science de la conception (March et al. 1995) a été suivie, qui consiste, à partir de l'analyse du contexte et de la littérature de développer et expérimenter un construit et de le valider par une application industrielle. La méthodologie de recherche peut être condensée dans les deux points suivants:

- I) Une étude expérimentale comprenant la modélisation et l'analyse d'une maquette 4D. Les objectifs étant les suivants: 1) Comprendre et cartographier la séquence de tâches associées à l'élaboration d'un modèle 4D à travers la modélisation d'une partie d'un projet commercial existant; 2) Capturer les contraintes et les problèmes pouvant survenir pendant la réalisation d'un modèle 4D et lors de la détection d'interférences ; 3) Identifier des possibilités d'amélioration dans ce processus ; 4) Développer d'une stratégie pour la gestion et la correction des interférences spatio-temporelles.
- II) L'expérimentation sur un projet réel. Les objectifs étant les suivants : 1) Expérimenter les résultats de l'analyse du construit sur un cas concret: une telle étude constitue une occasion de participer au processus de détection d'interférences dans un contexte industriel. 2) Calibrer et ajuster la structure pour répondre aux contraintes existantes dans l'industrie : le modèle expérimental et la structure de détection ont été réalisés en silo c'est-à-dire sans interactions actives avec les intervenants d'un projet. D'où l'importance d'étudier un projet réel pour capturer les contraintes et les problèmes pouvant survenir lors d'une mise en œuvre, et ce afin d'enrichir le plan développé.

3.1 Réalisation du modèle

Bien que la modélisation avec les outils BIM actuels soit plus aisée et simplifiée comparée aux logiciels de CAO, le processus de modélisation 3D n'en reste pas moins extrêmement chronophage. C'est la raison pour laquelle seulement une partie d'un projet commercial existant a été modélisée pour les fins de l'expérimentation.

Les systèmes du bâtiment modélisés comprennent les composantes structurales (les poutres, poteaux, voiles et dalles en béton), les composantes architecturales (murs intérieurs, murs rideaux, portes, fenêtres) les composantes MEP (système de chauffage, ventilation et climatisation, la plomberie, la

protection incendie, les composantes électriques). Les composantes du modèle tridimensionnel ont par la suite été liées à chaque tâche de l'échéancier pour constituer le modèle 4D
 Une série d'analyses d'interférences a ensuite été menée sur la maquette obtenue, dont les approches sont compilées dans le tableau 1.

Tableau 1: Approches de détection selon les types de problèmes dans le modèle 4D

Types de conflits		Description	Approche de détection
Conflit de conception	Dur	Objets en collision	Automatique
	Tolérance	Objets trop rapprochés l'un de l'autre	Automatique
	Cohérence de l'échéancier	Problème de logique ou d'oubli dans l'échéancier	Visuelle
Congestion		Espace de travail plus ou moins encombré	Visuelle
Sécurité		Objet entrant dans un espace à risque	Visuelle
Dommages		Objet entrant dans un espace protégé	Visuelle

On peut constater à partir de ce tableau que, d'une part, il existe une importante quantité de problèmes potentiels dans un modèle 4D et que, d'autre part, la majorité de ces problèmes nécessitent, à l'heure actuelle, une analyse visuelle de la part de l'utilisateur, ce qui peut augmenter les risques d'oubli et d'erreurs liés au facteur humain.

3.2 Interférences et contraintes relevées

Les résultats collectés au cours de ce processus sont présentés dans ce qui suit. Ces résultats concernent, d'une part, les données relatives aux interférences dans le modèle et, d'autre part, les problèmes et les contraintes rencontrés lors de la modélisation.

Interférences détectées

Une quantité importante de conflits (plus de 1500) a été reportée. Toutefois, ces chiffres se basent sur des volumes bruts retournés par l'outil d'intégration qui comprennent majoritairement des conflits liés à la modélisation. Après le processus d'analyse, de tri et de classification réalisée sur ces conflits, on ne peut en dégager qu'une poignée qui peut réellement représenter une menace pour le bon déroulement du projet. Les conflits pertinents identifiés sur la portion du bâtiment étudié sont les suivants : 1) Conflit de conception critique entre un mur porteur et un conduit au niveau du RDC; 2) Conflit de conception au niveau de la plomberie : entre deux tuyaux suffisamment larges pour pouvoir représenter un conflit significatif sur chantier, localisés au sous-sol; 3) Conflit de conception entre le fond d'une conduite de ventilation et les conduits de protection incendie au Rez-de-Chaussée; 4) Conflit spatiotemporel de type congestion lors de la mise en place des AHU (air handling unit) et des appareils électriques au niveau du sous-sol. Des changements au niveau de l'échéancier sont nécessaires pour ré-ordonner les activités des sous-traitants;

Problèmes liés aux aspects 3D et 4D

Niveaux de détails hétérogènes : Lors de l'analyse du modèle expérimental, plusieurs problèmes liés aux niveaux de détail ont été décelés. Deux cas peuvent survenir : 1) Une « Sur-modélisation » : causés par une modélisation trop poussée de certains éléments, par exemple, en rajoutant inutilement des détails au niveau des façades alors que cela n'est pas nécessaire pour l'usage désiré du modèle. Cette sur-modélisation consomme pourtant un temps précieux du modéleur; 2) Une « Sous-modélisation » : causés par un niveau de détail insuffisant faisant en sorte que les résultats du sondage de la maquette sont incomplets. En effet, l'outil d'intégration ne peut pas détecter les interférences liées à des objets absents ou manquants de détail.

Limitations liées à l'analyse d'un modèle 4D : L'analyse visuelle d'un modèle 4D nécessite un effort d'attention important de la part de l'observateur pour en dégager les problèmes éventuels. De plus, il doit disposer d'une expertise suffisante au niveau de la mise en œuvre des composantes, des processus de construction et du déroulement du projet. Par ailleurs, le recours au facteur humain fait courir le risque d'oubli, d'inattention ou d'erreurs d'appréciation.

Manque de références pour la modélisation : Les processus de modélisation 3D, 4D puis de détection d'interférences sont extrêmement fastidieux et longs. Un volume important de tâches complexes a dû être réalisé entre le début du processus, c'est-à-dire la réception des plans 2D des professionnels, et l'identification de conflits critiques pour le projet. Le besoin de documents et d'une structure de références pour accompagner et guider dans ce cheminement a ainsi été perçu.

La rétrospective du processus suivi et la considération des problèmes rencontrés permet de se rendre compte que la détection d'interférences ne devrait pas être vue comme un événement ponctuel dans le temps. La modélisation et la détection d'interférences ne devraient pas être perçues comme deux processus indépendants et déconnectés. Idéalement, on devrait donc inclure une phase de « pré-détection », qui commencerait dès le montage du modèle 3D et qui consisterait à préparer la détection d'interférences à venir. Par ailleurs, une importante quantité d'informations est générée durant le processus de modélisation et de détection. Il serait intéressant de capturer et stocker cette information après que la détection d'interférences ait été complétée, ce qui permet d'identifier une troisième phase, la phase de « post détection ».

4 Proposition d'un processus de détection d'interférences

Au vue de l'analyse expérimentale réalisée, une structure de détection d'interférences a été avancée, dont les grandes lignes sont décrites sur la figure 1. Une description de chaque phase constitutive de cette structure est présentée dans ce qui suit, comprenant la formulation du problème identifié puis de la solution proposée.

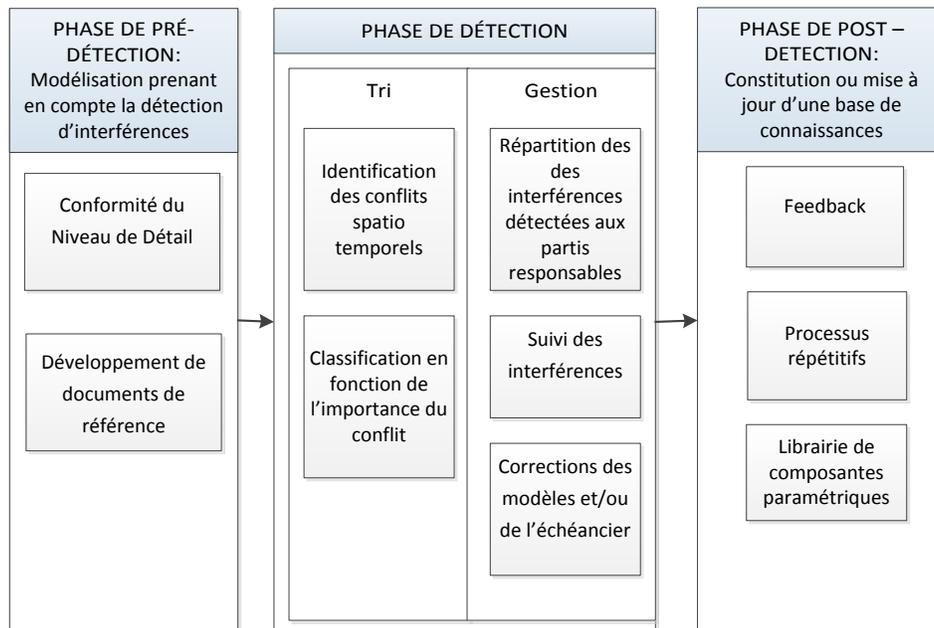


Figure 1: Structure de détection d'interférences proposée

4.1 Phase de pré-détection:

Conformité aux niveaux de détails:

Afin de d'éviter l'hétérogénéité des composantes du modèle 3D et le manque de consistance du modèle par rapport à l'usage qui en est attendu, il est nécessaire de prendre en compte le niveau de détail. Pour ce faire, les documents suivants, développés par l' American Institute of Architects (2008) peuvent servir de guides et de références lors de la modélisation :

- La description des niveaux de détail: pour fournir des références en fonction des phases du projet
- La progression du modèle: Basé sur la structure de classification Unifomat II (ASTM 1989), ce tableau fournit une description précise du détail requis pour chaque composante du bâtiment.

Développement de documents de références

Des documents de références tels qu'un BIM Plan corporatif ou des checklists de modélisation peuvent garantir la qualité et l'intégrité du modèle. De tels outils permettraient de s'assurer de la conformité d'un modèle en vue de l'analyse d'interférences. Les checklists pourraient comprendre par exemple une liste de points à vérifier, tels que des interférences récurrentes qui surviennent souvent mais qui peuvent être négligée (par exemple, des instructions sur la modélisation des conduits). Ces données relatives aux connaissances pourraient être intégrées directement dans les outils de conception. Les informations et les connaissances internes de l'entreprise seraient directement accessibles au modèleur.

4.2 Phase de détection :

Tri et Classification des conflits

Les données brutes délivrées par les rapports de l'outil d'intégration utilisé nécessitent qu'un processus de tri doive être amorcé pour raffiner et classifier les problèmes et ainsi dégager ceux qui représentent un risque réel pour le projet. Les niveaux d'importance suivants ont été identifiés pour être affectés à chaque conflit: 1) Majeur : pouvant occasionner un impact élevé sur le projet (baisse de productivité et pertes économiques importantes engendrées par le conflit); 2) Moyen : pouvant occasionner un impact moyen (baisse de productivité et pertes économiques moyennes engendrées par le conflit); 3) Faible : Ne représentant aucun risque pour le projet (problème dû à la modélisation ou mineur)

Traitement des conflits

Les rapports générés automatiquement par Navisworks (Autodesk 2012) contiennent de l'information brute et non valorisée. Il serait intéressant de compiler les conflits selon la classification proposée précédemment afin de dégager rapidement les conflits majeurs. Un autre format de rapport a été pensé pour véhiculer rapidement les résultats d'une détection de conflit entre les différents acteurs concernés, comprenant entre autres une présentation des conflits selon la classification ci-dessus et une description des fichiers utilisés avec leurs dates de dernière mise à jour.

4.3 Phase de Post détection : Constitution d'une base de connaissances

Cette partie du plan est le fruit d'une réflexion par rapport à l'usage possible de l'importante quantité d'information qui a été générée pendant les phases de pré-détection et de post-détection. Elle vise également à créer des liens entre la détection d'interférences virtuelle et les interférences réelles sur chantier.

Feedback

Un feedback devrait être réalisé pour évaluer et mesurer l'efficacité du processus de détection réalisé sur un projet. Le but est de tirer des leçons si des erreurs ou des lacunes ont été commises. Il est important de se constituer une base de connaissances interne suite à la détection d'interférences réalisée durant un projet et ce aussi bien du côté des concepteurs que des constructeurs : 1) Pour les concepteurs (architectes – ingénieurs) : collecter les leçons apprises lors de la réalisation du modèle 3D : constitution

ou enrichissement de gammes de familles d'objets internes et développement ou amélioration de protocoles de modélisation et de détections internes. 2) Pour les constructeurs (entrepreneur général, sous-traitants) : développement de processus internes pour la modélisation 4D et la détection de conflits spatio temporels.

Une telle base de connaissances peut améliorer substantiellement la qualité des détections sur des projets similaires dans le futur et peut également permettre de réaliser des gains de coûts, notamment grâce aux économies sur les heures de travail consacrées à la modélisation.

Stockage de procédures répétitives

Navisworks offre la possibilité de sauvegarder les tests réalisés sur un modèle 4D. Ces tests peuvent être stockés pour qu'ils puissent être réutilisés sur d'autres projets, plus particulièrement les tests répétitifs. Par exemple, il serait recommandé de sauvegarder un test qui détecte toutes les interférences entre les tuyaux d'un diamètre donné avec le modèle si un entrepreneur donné rencontre souvent des conflits entre ces composantes.

Mise en place d'une librairie de composantes paramétriques

Il serait intéressant de tirer profit des possibilités de la représentation paramétrique inhérente au BIM pour faciliter et améliorer la détection de conflits. Il serait ainsi judicieux de créer, développer et mettre à jour ses propres familles d'objets dans la mesure où l'efficacité d'une détection d'interférences va en grande partie dépendre de la qualité de la modélisation des éléments. Disposer d'une gamme de familles d'objets préétablie va faciliter cette modélisation. Les assemblages et les objets aux formes géométriques complexes devraient prioritairement être rajoutés.

Conflits non détectés survenus sur chantier

Des conflits qui n'ont pas été détectés par les outils d'analyse peuvent survenir sur chantier. De tels conflits devraient être documentés et stockés afin qu'ils puissent être pris en compte et rectifiés dans des projets similaires futurs. A supposer que ces conflits n'aient pas été trouvés en raison d'un manque de modélisation (par exemple en raison d'un détail insuffisant, ou d'un élément manquant dans le modèle, etc.), ils peuvent apporter des informations pour savoir ce qui devrait être amélioré dans la modélisation de la maquette BIM.

5 Expérimentation sur un projet de construction domiciliaire

5.1 Contexte

Le projet sur lequel a porté l'expérimentation consiste en un édifice multi-résidentiel à 6 étages sur la rive Sud de Montréal. Ce projet présentait comme intérêt majeur d'utiliser un système novateur pour l'édification de bâtiments en hauteur visant à créer un environnement contrôlé et automatisé. L'étude de ce projet s'inscrit dans le cadre d'une recherche plus large sur les problématiques de l'adoption du BIM dans les PME conduite pour le Centre National de Recherche.

Les intérêts du BIM4D et de la détection d'interférences dans ce contexte sont les suivants: 1) Le BIM 4D et la détection d'interférences ont été identifiés comme étant des facettes du BIM pouvant apporter une plus-value importante pour un projet réalisé avec un nouveau système de construction en améliorant la planification et la visualisation des activités dans ce système; 2) Une simulation 4D pourrait mettre en évidence les problèmes de flux (matériaux, main d'œuvre et équipements) prenant place dans l'environnement confiné créé, d'une part, par le nouveau système de construction, et, d'autre part, par les dimensions restreintes de l'édifice étudié; 3) La détection d'interférences dynamiques jouerait un rôle important pour identifier les conflits potentiels entre les composantes mobiles du système de construction (système de levage, transporteur, ascenseur) et les composantes du bâtiment ou les espaces de travail.

5.2 Problématiques relevées

L'expérimentation industrielle a souligné plusieurs points qui peuvent potentiellement compromettre la mise en œuvre de la détection d'interférences et, d'une manière générale, du processus BIM:

- **Résistance au changement** : Malgré les bénéfices évidents du BIM, son adoption se heurte parfois à une barrière psychologique, principalement de la part des professionnels expérimentés. La prise en compte du facteur humain est par conséquent primordiale dans toute implémentation d'une nouvelle technologie. Dans le cas d'un projet utilisant la détection d'interférences dans un environnement BIM par exemple, des stratégies doivent être dressées pour motiver, d'une part, les personnes à effectuer la transition vers ces nouvelles pratiques et, d'autre part, à maintenir et développer ces pratiques si elles ont déjà été adoptées.
- **Difficultés à maintenir un modèle à jour** : En raison de la nature dynamique des plans du fait que la conception se déroule en parallèle, les plans parvenant au modelleur peuvent être datés. Des difficultés peuvent être éprouvées pour maintenir un modèle qui reflète les derniers développements. Par ailleurs, cette tâche de mettre à jour le modèle est fastidieuse car elle doit se faire de manière continue. Cette situation fait en sorte que des conflits identifiés et rapportés peuvent ne plus être d'actualité si leurs causes ont été corrigées dans les dernières versions des plans. Bien que l'organisation et les intervenants varient en fonction des projets, ces problèmes peuvent être adressés en intégrant adéquatement le modelleur dans le processus de conception. Ainsi, lors de la phase de pré-détection, des moyens doivent être mis en place pour assurer la disponibilité de l'information auprès des ressources chargées de maintenir la maquette numérique (fournir au modelleur les contacts des personnes-clés, motiver la coopération des concepteurs, etc.)
- **Manque de détails des plans et de l'échéancier**: les plans 2D fournis par les professionnels peuvent montrer de l'information manquante ou incohérente laissant au modelleur le choix de les interpréter. Chercher ou confirmer cette information auprès de la personne responsable peut s'avérer difficile. Il en résulte que le modèle généré peut ne pas refléter totalement la réalité. De même, l'échéancier ne dispose pas toujours d'un niveau de détail adéquat qui permettrait de monter une simulation 4D reflétant le processus de construction du bâtiment. Il y a ainsi un besoin d'homogénéité entre les niveaux de détail de l'échéancier et du modèle 3D. Il est nécessaire d'uniformiser ces niveaux de détails en fixant dès le début de la modélisation 3D les objectifs attendus de la 4D. Ceci afin de garantir que toutes les activités dans l'échéancier correspondent à une composante du modèle 3D et vice versa.

6 Conclusion

Accomplir un projet avec zéro interférence peut sembler utopique en raison de l'environnement restreint en construction couplé à la densité des équipes sur le terrain et à la complexité croissante des composantes et des systèmes des bâtiments. Néanmoins, une approche structurée de détection d'interférences axée autour du BIM 4D permettrait de réduire considérablement les conflits sur chantier, d'améliorer la coordination entre les partis, d'accroître la productivité des équipes, et ultimement de réduire le coût final du projet et l'échéancier.

Le développement et l'étude d'un construit ont permis de dégager les flux de travail associés aux BIM 3D et 4D. De nombreux problèmes et contraintes ont été identifiés et les solutions trouvées pour y remédier ont permis de jeter les bases d'une structure méthodologique pour la détection d'interférences. Les professionnels de la construction ont parfois une mauvaise représentation de la détection d'interférences en ce sens qu'ils la limite à simplement appuyer sur un bouton qui leur générera une liste de conflits identifiés dans leur modèle. Cependant, pour traiter efficacement ce problème et pour tirer pleinement partie des avantages offerts par le BIM, la détection d'interférences devrait être abordée méthodiquement. Suite à l'approche empirique adoptée, le processus a été analysée et subdivisé en trois phases distinctes: 1) Phase de pré-détection: Il est ressorti que la détection d'interférences se prépare dès la conception du modèle BIM et qu'une modélisation structurée devrait être entreprise. La problématique des niveaux de détails est particulièrement critique à ce stade; 2) Phase de détection : Une approche de gestion et de correction a été présentée afin d'identifier, trier et classifier les multiples types d'interférences puis de s'assurer qu'ils soient pris en compte efficacement et qu'ils soient

totalemment éliminés du modèle; 3) Phase de post-détection: Une importante quantité d'information est générée pendant les deux premières phases. Cette phase vise à capturer, traiter et stocker ces données de manière à se constituer ou à mettre à jour une base de connaissances relative aux différents aspects du BIM touchés lors de l'analyse d'interférences.

L'étude d'un projet pilote a permis une expérimentation de la structure proposée, principalement au niveau phases de pré-détection et de détection touchant les aspects relatifs au développement du modèle et à l'identification de problèmes. Elle a permis d'évaluer le potentiel du BIM 4D en matière d'analyse et visualisation dans un espace restreint mais également de constater les contraintes relatives à l'utilisation du BIM dans un contexte réel avec les problèmes organisationnels et humains qui en découle. Le modèle expérimental a en effet été réalisé en silo, sans interactions avec les professionnels et l'industrie. Les données et la méthodologie avancée pourraient être appuyées, étoffées et calibrées par l'entremise d'autres projets.

Références :

- Akinci, B., Fischer, M., Levitt, R. & Carlson, R. 2000. 'Formalization and automation of time-space conflict analysis.'
- American Institute of Architects 2008. 'AIA E202 - 2008: Building Information Modeling Protocol Exhibit'.
- ASTM 1989. 'Uniformat II.'
- Autodesk 2012. *Navisworks Manage 2012 User Guide*.
- Collier, E. & Fischer, M. 1995. 'Four-Dimensional Modeling in Design and Construction.'
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. & Liston, K. 2011. *BIM Handbook: a guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. Wiley.
- Koo, B. & Fischer, M. 1998. 'Feasibility Study of 4D CAD in Commercial Construction.'
- Kymmell, W. 2008. *Building Information Modeling: Planning and Managing Construction Projects With 4D CAD and Simulations*. McGraw Hill.
- Leite, F., Akinci, B. & James Garrett, J. 2009. 'Identification of Data Items Needed for Automatic Clash Detection in MEP Design Coordination.'
- Luiten, G. T. & Fischer, M. 1995. 'Opportunities for Computer-Aided Design for Construction.'
- Lukka, K. 2003. 'The constructive research approach.' *Case study research in logistics*: 83-101. Turku School of Economics and Business Administration.
- March, T. S. & Smith, G. F. 1995. 'Design and natural science research on information technology.' *Decision Support Systems*, 15, 251-66.
- Pena-Mora, F., Tamaki, T. & Ng, H. 2007. 'Dynamic Conflict Management in Large-Scale Design and Construction Projects.' *Journal of Management in Engineering*, 23:2, 52-66.
- Riley, D. & Horman, M. 2001. 'The Effects of Design Coordination on Project Uncertainty.'
- Riley, D. R., Varadan, P., James, J. S. & Thomas, H. R. 2005. 'Benefit-Cost Metrics for Design Coordination of Mechanical, Electrical, and Plumbing Systems in Multistory Buildings.' *Journal of Construction Engineering and Management*, 131:8, 877-89.
- Van den Helm, P., Böhms, M. & Van Berlo, L. 2010. 'IFC-based clash detection for the open-source BIMserver.'
- vicosoftware 2010. 'Vico Office Constructability Manager.'
- Wu, I.-C. & Chiu, Y.-C. 2010. '4D workspace conflict detection and analysis system.' *10th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality*.