

# Rapport Coordination 3D

---

*Atelier : 1<sup>er</sup> et 2 septembre 2015*

---

**Atelier sur la formalisation des pratiques de  
collaboration 3D dans les projets «BIM »**

---

# GRIDD

GROUPE DE RECHERCHE  
EN INTÉGRATION ET DÉVELOPPEMENT DURABLE  
EN ENVIRONNEMENT BÂTI

**POMERLEAU**  
**CHAIRE INDUSTRIELLE**

## **Collaboration:**

Société québécoise des infrastructures  
buildingSMART Canada  
Groupe BIM du Québec

## **Auteurs de rapport:**

Souha Tahrani, Ph.D., associée de recherche, ÉTS  
Conrad Boton, Ph.D., chercheur postdoctoral, ÉTS  
Daniel Forgues, Ph. D., professeur titulaire, ÉTS

# CONTENU

---

<b>1. Remerciements .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Sommaire.....</b>	<b>6</b>
<b>3. Introduction .....</b>	<b>8</b>
<b>4. Contexte.....</b>	<b>9</b>
<b>5. Démarche méthodologique.....</b>	<b>13</b>
<b>6. Vers une vision commune de la coordination 3D.....</b>	<b>15</b>
<b>7. Perception des défis liés à la coordination 3D .....</b>	<b>17</b>
7.1 Technologie .....	18
7.2 Processus .....	19
7.3 Organisation .....	20
<b>8. La coordination 3D dans les pratiques émergentes.....</b>	<b>23</b>
8.1 Coordination 3D dans un projet en mode « traditionnel » .....	24
8.2 Coordination 3D dans un projet en mode « Conception- Construction » .....	26
<b>9. Propositions .....</b>	<b>30</b>
<b>10. Évaluation du processus proposé par la SQI .....</b>	<b>33</b>
<b>11. Facteurs critiques de succès .....</b>	<b>35</b>
<b>12. Conclusion .....</b>	<b>36</b>
<b>13. Annexe I : Usage BIM- Coordination 3D .....</b>	<b>37</b>

<b>14. Annexe II : Processus proposé par la SQI .....</b>	<b>38</b>
<b>15. Annexe III : liste des participants .....</b>	<b>39</b>

# 1. REMERCIEMENTS

L'équipe de recherche du GRIDD et la Chaire Pomerleau tient à remercier les organismes collaborateurs : la Société québécoise des infrastructures (SQI), BuildingSmart Canada et le Groupe BIM du Québec. Nous remercions également les entreprises ayant participé à cette étude : Pomerleau, EBC Inc, Aéroport du Québec, Provencher Roy associés architectes inc., GLCRM architectes, Espace vital architecture, PSA, Verreault, Canam et BIM One, SNC-Lavalin, ainsi que toutes les personnes qui nous ont informés, aidés, conseillés et accordé leur temps pour cet atelier.

## 2. SOMMAIRE

Dans le cadre du programme de déploiement du BIM par la Société québécoise des infrastructures (SQI), l'équipe du GRIDD et de la Chaire Pomerleau a organisé un atelier sur un des premiers volets de ce déploiement, soit la coordination 3D. Le but de cette initiative est le développement d'une collaboration entre l'industrie, la recherche, les organisations faisant la promotion du BIM, ainsi que les clients publics pour définir et formaliser les pratiques relatives à chacun des usages.

Ce premier atelier est né de la collaboration entre la Chaire, le SQI, BuildingSmart Canada et le Groupe BIM du Québec. Il s'est tenu simultanément dans le laboratoire GRIDD à l'ÉTS à Montréal et dans les bureaux de la SQI à Québec. Les deux rencontres du 1<sup>er</sup> et 2 septembre ont regroupé 15 participants issus de différentes firmes d'envergure de l'industrie dont la SQI, Aéroport du Québec, Provencher Roy associés architectes inc., GLCRM architectes, Espace vital architecture, PSA, Pomerleau, EBC Inc., Verreault, Canam et BIM One.

Les objectifs de cette rencontre étaient de mieux cerner les enjeux de la coordination 3D durant la phase de la conception et de la construction, de proposer les différents flux de travail intra et inter-firmes répondant aux besoins et exigences des professionnels et d'identifier les outils possibles, les ressources et les compétences requises ainsi que leurs impacts sur le processus de conception-construction. Les participants devaient établir dans cet atelier une vision commune sur la définition de la coordination 3D; à la fois un processus de contrôle de qualité et un processus de détection d'interférences. Ils ont d'abord identifié les défis entourant les pratiques de coordination 3D, notamment durant la phase de conception, en plus de proposer une ébauche d'un processus de coordination durant cette phase. Un représentant de la SQI a ensuite proposé un processus de coordination. L'ensemble des participants a également suggéré des pistes de recommandations pour une amélioration potentielle de ce processus soit : définir des lignes directrices précises pour chacune des étapes, encourager l'utilisation des modèles 3D, favoriser les standards ouverts, arrimer le processus de conception et de construction par l'implication en amont des entrepreneurs, et ajuster la répartition des honoraires pour répondre aux besoins de la coordination 3D.

## LES CONSTATS DE L'ATELIER

1. La coordination 3D est plus que la détection d'interférence à une phase précise, elle représente également une validation visuelle continue tout au long des phases de projet de construction et une coordination spatiotemporelle.
2. La mise en place de l'activité de la coordination 3D nécessite l'élaboration d'un guide de conception qui définit les rôles et les responsabilités, les règles de conception et les exigences d'avancement de l'activité de la coordination 3D.
3. L'optimisation du processus de la coordination 3D nécessite une intégration entre les membres d'approvisionnement et notamment une implication en amont de l'entrepreneur dans le processus.



## 3. INTRODUCTION

L'atelier sur la coordination 3D s'inscrit dans le cadre du mandat de la SQI pour la participation à la préparation du dossier d'affaires sur le déploiement du BIM par le gouvernement du Québec. Il représente une première initiative visant à encourager l'échange et le transfert d'expertises entre des firmes de professionnels, d'entrepreneurs et des chercheurs afin de discuter des meilleures pratiques des usages BIM liés à la « coordination 3D ».

L'objectif principal de l'atelier visait à entamer une formalisation des pratiques entourant la coordination 3D dans les projets BIM. Les objectifs secondaires étaient les suivants :

- Mieux cerner les enjeux de la coordination 3D durant les phases de la conception et de la construction;
- Formaliser dans des diagrammes les différents flux de travail (intra et inter-firmes) répondant aux besoins et exigences des professionnels;
- Identifier les outils possibles, les ressources et les compétences requises et leurs impacts sur le processus;
- Discuter des éventuels enjeux et défis du flux de travail proposés par la SQI en fonction des pratiques actuelles en coordination 3D.

Ce rapport présente les résultats de l'atelier. Le contexte des pratiques autour de la coordination 3D dans les projets de construction et la vision d'ensemble convenue par les participants seront abordés. Les défis rencontrés pour la mise en œuvre de la coordination 3D seront également présentés à travers trois dimensions interdépendantes : la technologie, l'organisation, et le processus. Le rapport démontre quelques exemples de processus de coordination 3D des pratiques actuelles, de même que la proposition des lignes directrices pour un processus global. Le rapport se termine avec une évaluation d'un processus proposé par la SQI et les facteurs critiques de succès.

## 4. CONTEXTE

Selon une étude australienne récente, près de 47% des changements impliquant des coûts supplémentaires ou des délais sont liés à des problèmes de conception (constructibilité, conformité au programme, erreurs ou omissions, coordination entre disciplines et autres). Une des solutions préconisées pour réduire le nombre de changements en chantier est la coordination 3D. L'utilisation de ce type de coordination parmi les usages BIM<sup>1</sup> apporte d'importants bénéfices aux projets de construction. Certains logiciels<sup>2</sup> permettent d'identifier les erreurs ou les conflits en juxtaposant les maquettes 3D provenant de chacune des disciplines, le but étant d'éliminer les conflits majeurs avant et pendant l'exécution des travaux sur le chantier. L'Annexe I : Usage BIM- Coordination 3D, présente une vue d'ensemble sur le contexte de la coordination 3D, ses bénéfices et les ressources requises pour son implantation.

Certains guides et études ont proposé des cartographies de flux ou de processus pour la coordination 3D. Les figures suivantes présentent des exemples de ces propositions. La Figure 1 montre le processus de coordination et collaboration global établi pour un projet avec un mode de livraison « Conception- Construction »<sup>3</sup>. L'activité de la coordination 3D dans ce processus est intégrée à chaque étape de l'avancement de la phase de conception et avant l'émission finale d'une étape à une autre, soit l'esquisse de projet, dossier préliminaire, dossier définitif. Cette cartographie met l'emphase sur les apports et interventions de l'entrepreneur aux différentes étapes de la conception.

---

<sup>1</sup> Les usages BIM proposés par le groupe "CIC" de Penn State University: <http://bim.psu.edu/Uses/>

<sup>2</sup> NavisWorks, Solibri Model Checker, Tekla BIMSight, 360 Glue pour n'en nommer que quelques-uns

<sup>3</sup> Staub-French & Khanzode, 2007. 3D and 4D Modeling For Design and Construction Coordination : Issues and Lessons Learned, *Journal of Information Technology in Construction*, Vol. 12, 381-407

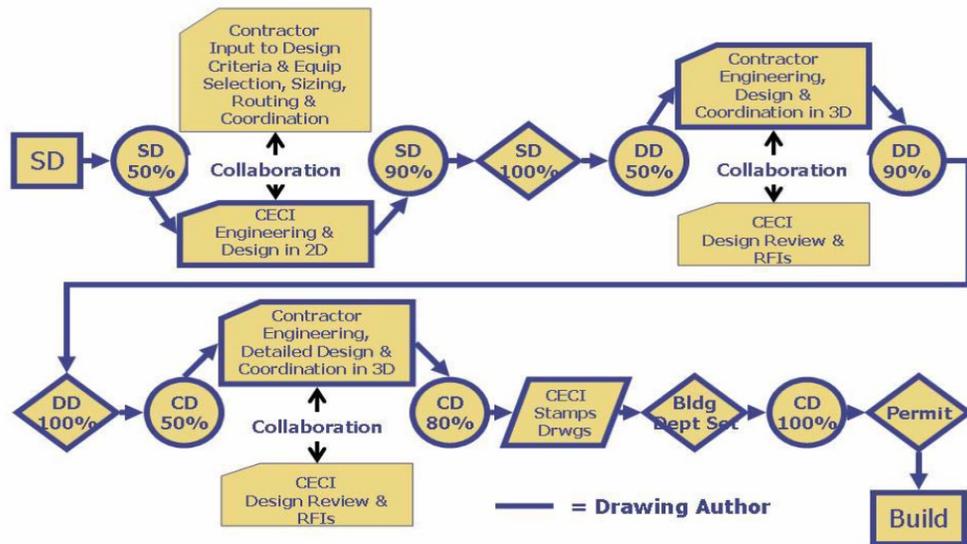


Figure 1: Processus de coordination de la conception établie pour le projet Camino.<sup>4</sup>

La Figure 2 présente une autre perspective, un processus détaillé de l'activité de coordination 3D qui est établi pour un projet avec un mode de livraison IPD<sup>5</sup>. Ici l'emphase est mise sur les responsabilités de chaque intervenant ainsi que les différents documents à partager et le flot de production de ces documents. Le processus passe par deux étapes: 1- La *pré-coordination* qui concerne la préparation de l'activité de coordination, autrement dit, les lignes directrices. Dans cette étape, toutes les disciplines travaillent en collaboration pour définir l'endroit des rencontres de coordination et l'échéancier, les informations requises pour chaque discipline, les zones de coordination et le protocole de résolution des conflits. 2- La *détection d'interférences*, cette étape concerne la préparation du modèle fédéré et l'identification de la solution par toutes les disciplines.

<sup>4</sup> idem 2

<sup>5</sup> Réalisation de projet intégrée (IPD-Integrated Project Delivery): une méthode de livraison du projet basée sur un accord contractuel entre au moins un client, un professionnel de conception, et l'entrepreneur où le risque et la récompense sont partagés et le succès des parties prenantes dépend de la réussite du projet.

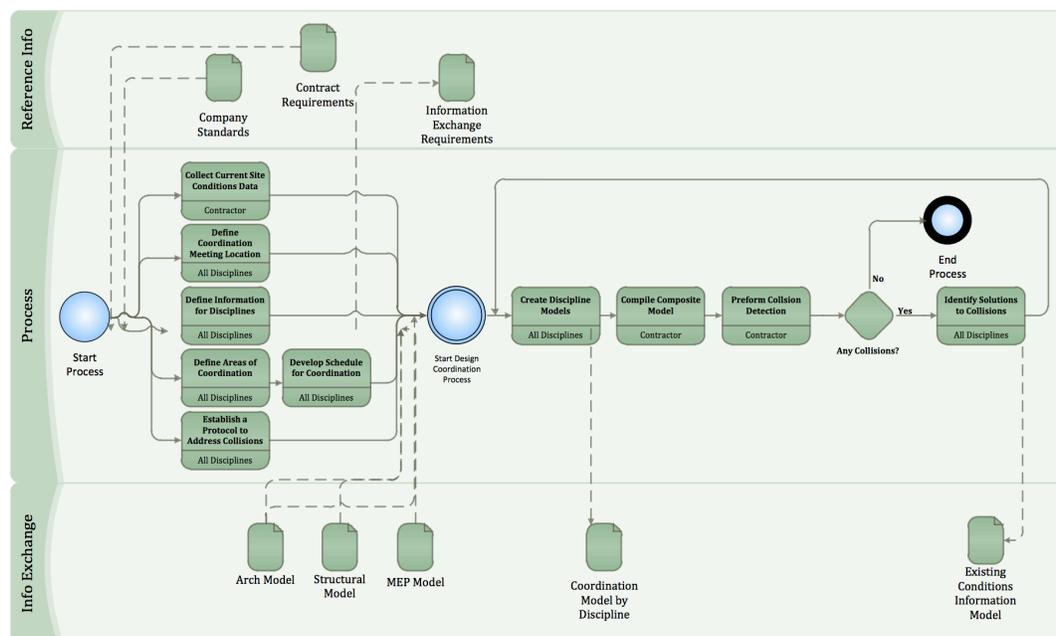


Figure 2 : Processus de coordination durant la phase de conception pour le projet « Millennium Science Complex »<sup>6</sup>

Le point commun à souligner entre ces représentations est l'importance accordée à l'entrepreneur général qui doit être impliqué dès le début du processus de coordination. Un enjeu majeur dans une coordination 3D impliquant seulement les professionnels est la constructibilité des solutions dérivées de cet exercice. Il a été considéré par les praticiens qu'une bonne coordination 3D ne peut se faire sans les intrants de l'entrepreneur sur la constructibilité des solutions émergeant de cette coordination. Aussi, ces représentations demeurent trop conceptuelles pour guider une application pratique dans l'industrie delà coordination 3D. D'où le besoin de conduire un tel atelier.

En effet, la coordination est un processus ancré dans les pratiques des professionnels et effectué continuellement lors de la phase de conception et avant la remise pour la construction. La mise en place de la coordination autour d'un modèle 3D a apporté des changements au processus actuel, dont les bénéfices n'étaient pas toujours clairs pour certains intervenants. Il est donc important d'établir un processus de coordination formel dès le début du projet pour résoudre les conflits et les problèmes identifiés<sup>7</sup>.

<sup>6</sup> Brangan et al .2010. BIM Process Model Review and Procedure: Millennium Science Complex. [https://www.engr.psu.edu/ae/thesis/BIMTeam22010/Tech%20Assignments/BIM\\_PXP.pdf](https://www.engr.psu.edu/ae/thesis/BIMTeam22010/Tech%20Assignments/BIM_PXP.pdf) (consulté le 27 octobre 2015)

<sup>7</sup> idem 2

Cependant, l'organisation de ce processus de coordination 3D entre firmes peut s'avérer complexe et les références pour bien le structurer demeurent limitées. En plus, il n'y a actuellement, pas de guides pour une mise en œuvre de la coordination 3D optimale pour des projets de construction qui s'inscrivent dans un contexte québécois.

---

*« ...Les méthodes de travail des architectes, ingénieurs, consultants sont très différentes, mais elles doivent s'arrimer pour une bonne collaboration. Le problème principal d'arrimage entre les modèles des diverses disciplines est principalement la mauvaise compréhension mutuelle des méthodes et besoins des autres collaborateurs... » -  
Architecte - Firme d'architecture*

---

## 5. DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE

Tel qu'illustré ci-dessus, le but de l'atelier était de réunir différents professionnels (architectes, ingénieurs, entrepreneurs, etc.) afin de partager leurs expériences par rapport à la coordination 3D dans les projets BIM et d'identifier les meilleures pratiques. Notre méthodologie présentée dans la Figure 3 comporte 3 étapes.

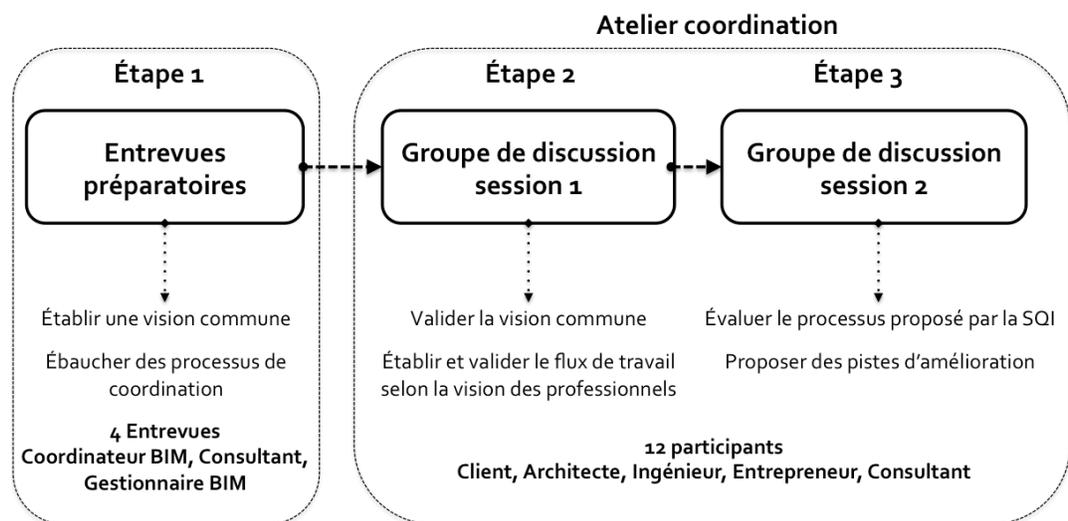


Figure 3 : Démarche méthodologique

### Étape 1 : Entrevues préparatoires

Afin de bien préparer l'atelier, des entrevues préparatoires ont été effectuées avec des professionnels reconnus pour leur expertise en coordination 3D. Ces entrevues avaient pour objectif de bien comprendre les approches adoptées qui pourraient être intéressantes à partager.

Quatre professionnels ont été rencontrés pour des entrevues d'une durée de 45 minutes. Pour assurer la validité de son contenu, les notes des entrevues ont été approuvées par les personnes rencontrées. Les entrevues ont permis de : 1- établir une

## 14 | Méthodologie

vision commune de la coordination 3D à valider durant l'atelier; 2- Documenter des exemples de processus de coordination 3D qui ont été utilisés comme point de départ pour la discussion durant l'atelier.

### **Étape 2 : Groupe de discussion 1 – vision commune**

La première demi-journée de l'atelier avait pour objectif de : 1- compléter et valider la vision commune ressortie des entrevues; 2- établir et valider un flux de travail de la coordination 3D selon la vision des professionnels. Les enjeux liés au processus de coordination ont été également identifiés.

### **Étape 3 : Groupe de discussion 2- proposition et amélioration**

La deuxième demi-journée avait pour objectif de : 1- évaluer le processus de la coordination 3D proposée par la SQI à travers la participation des professionnels; 2- proposer des pistes d'amélioration pour l'arrimer avec leur propre expérience en coordination 3D.



## 6. VERS UNE VISION COMMUNE DE LA COORDINATION 3D

La première partie de l'atelier a été consacrée au partage d'expériences par rapport à la coordination 3D et à l'établissement d'une vision commune partagée par les différents acteurs de la chaîne d'approvisionnement. Pour amorcer le débat, quatre experts ont été invités à partager leur perspective de la coordination 3D<sup>8</sup>. Les participants ont ensuite été invités à exprimer leur vision afin de parvenir à un consensus sur le concept de la coordination 3D dans l'approche BIM.

Selon la littérature, la coordination 3D est définie comme étant une activité dans laquelle un logiciel de détection d'interférences est utilisé pour déterminer les conflits en comparant les maquettes 3D entre chaque discipline. Le but de la détection d'interférences est d'éliminer les conflits majeurs avant et pendant l'exécution des travaux.<sup>9</sup>

D'après les participants, la coordination 3D est un concept complexe qui est souvent représenté par l'activité autour de la détection interdisciplinaire d'interférences. Les participants ont cependant tenu à souligner l'importance de considérer deux niveaux d'intervention en matière de coordination 3D. Ces deux niveaux concernent la validation visuelle et la détection d'interférences, le but étant de produire des documents de qualité et des informations qui devraient être réutilisables d'un projet à un autre :

- **La validation ou la détection visuelle** : L'importance de cet aspect est souvent négligée ou sous-estimée par les professionnels.. C'est un processus de collaboration qui regroupe les professionnels autour d'un modèle 3D pour fournir leurs commentaires et valider certains aspects de la conception. La validation visuelle devrait être utilisée de façon continue dès le début de la phase de conception et jusqu'à la phase de construction.

---

<sup>8</sup> Deux de ces participants ont été préalablement interviewés.

<sup>9</sup> CIC, 2010 - *BIM Project Execution Planning Guide*

- **La détection d'interférences** : est appliquée durant la phase de conception quand le projet commence à devenir complet et complexe et qu'il peut s'avérer difficile de déterminer visuellement les conflits entre les disciplines, notamment, durant le projet préliminaire et le projet définitif.

---

*« ... C'est le processus au complet qui permet d'assurer que les modèles «tels que construits» correspondent aux modèles «tels que conçus». Aussi, il assure la constructibilité de l'œuvre par un processus de résolution de conflits »- Coordinateur BIM- entrepreneur général*

*« ... Un processus pour réaliser des documents de qualité qui seront utilisés dans la phase de conception et construction » - Gestionnaire BIM – firme d'ingénierie*

---



## 7. PERCEPTION DES DÉFIS LIÉS À LA COORDINATION 3D

Un des objectifs de cet atelier est de déterminer les enjeux de la coordination 3D durant la phase de construction et conception. Certains défis ont été identifiés grâce aux entrevues. Afin de compléter les informations recueillies lors des entrevues, un exercice de « *Brainstorming* » a été mis en place. Les participants ont été invités à identifier les enjeux de la coordination durant la phase de conception. Les idées ont été exposées via un système de vote en ligne. Elles ont ensuite été évaluées par les participants selon leurs impacts sur le travail (1 pas d'impact, 5 impact majeur). Le Tableau 1 présente les résultats de cette évaluation.

Tableau 1 : évaluation de l'impact des enjeux identifiés sur l'activité de la coordination 3D

Rang d'importance	Enjeu identifié	Moyenne (/5)
1	<i>Design changeant</i> <sup>10</sup>	3.8
2	Contrats non adaptés	3.7
3	Niveaux variables d'expérience, d'avancement et de compétence des différents intervenants et/ou disciplines	3.5
3	Temps alloué pour réaliser la coordination et rétroaction en mode accéléré	3.5
4	Honoraires insuffisants	3.3
4	Qui est responsable de la coordination?	3.3
5	Suivi des commentaires dans le temps (no, statut, archivage, etc.)	3.2
6	Bon moment pour faire de la coordination	3
6	Niveau de modélisation (modèles en cours)	3
7	Importance d'établir un niveau de détail adéquat, au moment opportun	2.8
7	Itération des modèles fréquents	2.8

<sup>10</sup> Cet enjeu représente la difficulté de valider l'avancement des modèles ou d'identifier les zones modifiées entre les séances de coordination.

7	Planification des bonnes analyses aux moments opportuns, selon l'avancement du projet	2.8
7	Progression de la modélisation (vérifier le travail en cours, comment exclure des choses)	2.8
7	Fiabilité des infos	2.8
8	Flexibilité du processus/évolution du projet	2.7
8	Information insuffisante	2.7
9	Standardisation des processus de conception	2.3
10	Temps de mise en place du processus	2.2
11	Dédoublement des conflits / quantité d'interférences faux-positifs	2
11	Standardisation de la méthode de modélisation	2
12	Compréhension à 100% de ce qu'est la coordination 3D	1.3

Pour bien cerner les défis identifiés lors de l'atelier et des entrevues, nous les avons organisés selon les trois dimensions suivantes: technologie, processus et organisation.

## 7.1 Technologie

La dimension de la technologie est liée à l'aspect technique de l'utilisation du modèle 3D pour la coordination et aux outils qui ont été mis en place. Les défis technologiques identifiés étaient les suivants :

- La gestion et le suivi des conflits
- L'environnement logiciel

### Gestion et suivi des conflits

Présentement, les logiciels utilisés permettent de détecter les conflits entre les maquettes des différentes disciplines. Cependant, ces derniers peuvent identifier une grande quantité de conflits, dont un grand nombre ne représentent pas de vrais conflits (problèmes reliés au dessin par exemple), ou parfois les conflits identifiés correspondent à des erreurs mineures qui ne requièrent pas d'intervention. Le processus d'analyse des conflits peut donc s'alourdir de façon significative en mobilisant le temps d'une ressource pour effectuer cette activité de nettoyage. Une planification soignée de la production et de la coordination des maquettes pour la gestion des conflits intra et interdisciplinaires devient donc cruciale pour la réussite du processus de la coordination 3D.

## Environnement logiciel

Le choix d'outils a un impact important sur les pratiques de coordination 3D. Actuellement, les outils les plus utilisés pour la coordination 3D permettent d'identifier les problèmes et les interférences, mais chaque outil possède des avantages et des limitations. Par exemple, Navisworks présente un outil puissant pour créer des modèles fédérés, effectuer la détection d'interférences et produire des rapports détaillés. Cependant, l'outil n'offre pas une plateforme de partage entre les différents intervenants, ce qui implique le retour à des solutions tiers et rend le processus de coordination 3D complexe et plus long.

L'utilisation d'une plateforme collaborative comme « 360 Glue » permet d'avoir un accès à l'ensemble des intervenants en offrant un flux de travail optimisé et en étant indépendante du format de fichier demeure limitée. Elle est efficace pour la coordination au jour le jour et permet un accès au modèle partagé en tout temps.

Par contre, elle n'offre pas la possibilité de produire des rapports détaillés à transmettre aux différents intervenants.

## 7.2 Processus

---

Les principaux défis liés à la dimension du processus étaient les suivants :

- L'échange et le partage d'information entre les intervenants
- Un écart entre la gestion du projet et l'activité de coordination 3D
- La standardisation des pratiques actuelles

### L'échange et le partage d'information entre les intervenants

Plusieurs défis ont été identifiés par rapport à l'échange d'information. D'un côté, la difficulté de conserver et d'exploiter les mêmes informations chez les professionnels, les entrepreneurs et les sous-traitants. En effet, le modèle « tel que conçu » et le modèle « tel que construit » ont des objectifs différents. Le défi demeure dans la possibilité de transmettre la bonne information au moment opportun. L'information échangée est souvent insuffisante à cause notamment des raisons suivantes : une omission ou un manque de temps pour la mise à jour des modèles; le niveau de détails varie d'une discipline à l'autre ou n'est pas adéquat. La fiabilité du résultat de l'exercice peut dans ce cas être questionné. Autre point, le processus de suivi et de résolution des conflits est souvent mal défini : le point d'arrimage entre les disciplines n'est pas bien identifié et

ceci amène des difficultés à suivre les commentaires des différents partis (nombres de conflits, statut de conflits, archivage, etc.).

---

*« ...Il est bien important de faire comprendre qu'il faut laisser le temps à toutes les parties de faire leur travail, et de travailler pour que la transmission d'information soit optimale entre toutes les étapes... » -  
Directeur BIM- Firme d'architecture*

---

### **Un écart entre le plan de gestion du projet et l'activité de coordination 3D**

On observe un manque d'arrimage entre les rapports de coordination et les échéanciers du projet. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les étapes de la coordination 3D ne sont pas souvent intégrées dans l'échéancier du projet. Les professionnels n'ont pas suffisamment de temps pour régler les problèmes identifiés dans les rapports de la coordination 3D. Enfin, il a été noté que le moment pour faire la coordination 3D ne prend pas en considération le niveau d'avancement entre les disciplines qui est souvent différent d'une discipline à autre. Ceci est particulièrement crucial lorsque le projet est exécuté suivant certains modes de gestion (*fast track*, par exemple ou les dessins d'ingénierie sont produits plus tôt pour lancer les lots d'excavation et de structure). Il faut donc considérer l'impact du choix du mode d'approvisionnement sur la planification, la portée et l'efficacité de la coordination 3D.

### **La standardisation des pratiques actuelles**

On observe dans l'effort de formalisation du processus coordination 3D une absence de considération du niveau et du type d'effort de coordination en fonction de l'avancement du projet ou du mode d'approvisionnement. Le niveau de détails fourni dans ces protocoles est aussi nettement insuffisant : ces derniers devraient permettre de mettre en place des méthodes de modélisation facilitant le travail d'identification des erreurs et des processus de travail flexibles pouvant s'adapter facilement à l'évolution du projet.

## **7.3 Organisation**

---

Les principaux défis liés à la dimension de l'organisation étaient les suivants :

- L'aspect humain
- Le cadre légal et les rôles et responsabilités
- Le niveau de maturité à travers la chaîne d'approvisionnement

### **L'aspect humain**

L'intégration des nouvelles pratiques bouleverse les façons de faire actuelles. L'ouverture d'esprit, le travail collaboratif et la motivation représentent des défis pour l'adoption de ces pratiques chez certains intervenants. Convaincre ces derniers des bénéfices liés à la coordination 3D est une tâche laborieuse. Par exemple, certains chargés de projets chez les professionnels ne voient pas l'intérêt de faire la coordination 3D par leurs équipes en coordination avec le gestionnaire BIM. Pour eux, ce sont des efforts supplémentaires qui ont des impacts sur l'échéancier du projet et le budget prévu.

La formation des compétences représente un obstacle important pour la mise en place de la coordination 3D surtout pour les sous-traitants ou les petites entreprises qui ont du mal à justifier les coûts de formation et de mobilisation de leur personnel pour ces formations.

### **Le cadre légal et les rôles et responsabilités**

Les contrats ne sont pas bien adaptés aux usages BIM, notamment à la (coordination 3D. Les documents faisant office de contrat sont les plans 2D et le devis. Cependant, le modèle des concepteurs est utilisé pour information seulement. Le constructeur qui utilise ce modèle court le risque que le modèle 3D fourni ne reproduise pas fidèlement ce qui se trouve sur les documents contractuels. Le dernier enjeu est lié à une exploitation efficiente des avantages du BIM. Le principal bénéfice du BIM est la réutilisation de l'information. Ce manque de synchronisation entre les maquettes de conception et de construction entraîne du travail supplémentaire et des risques d'erreurs qui effacent partiellement ou entièrement les avantages que l'on peut tirer de l'utilisation du BIM.

Les responsabilités ne sont pas bien définies pour identifier les disciplines responsables de la gestion des rapports de changement. La répartition des honoraires n'est pas équilibrée, et elle ne prend pas en considération les tâches supplémentaires provenant de la gestion des rapports de changement. Le temps alloué pour réaliser l'activité de coordination et régler les erreurs est insuffisant. Il a été noté que l'activité de coordination nécessite plus de temps durant la phase de conception par rapport à la phase de construction. Les rapports de coordination sont souvent produits trop tard dans le processus et les professionnels n'ont pas suffisamment de temps pour régler les problèmes. Ceci demande une révision du contrat et de l'échéancier du projet et leur ajustement pour un meilleur déroulement de l'activité de coordination 3D et les activités consécutives. Enfin, l'absence de l'entrepreneur dans la phase de conception semble

être problématique, les contrats et les modes d'approvisionnements traditionnels n'encouragent pas son implication dès le début du projet.

---

*« ... Le problème est surtout lié au changement du processus global, impliquant plus de temps et de travail en début de conception. La coordination 3D n'est pas un volet qui s'isole du reste du processus, car elle est réalisée continuellement en cours de modélisation. Cependant, la modélisation et la collaboration demandent plus d'efforts, de temps et de mobilisation en début de projet pour permettre une meilleure coordination... » - Architecte*

---

#### **Niveau de maturité à travers la chaîne d'approvisionnement**

Les niveaux variables d'expérience et de compétences par rapport aux usages BIM entre les différents intervenants représentent un défi important pour une mise en place optimale de l'activité de coordination 3D. Ceci pourrait influencer la qualité d'échange et de transfert de l'information entre les intervenants durant la coordination 3D. En plus, il y a l'incompréhension quant à ce qu'est la coordination 3D et quels sont ses bénéfices attendus. Ce manque de clarté rend difficile l'établissement des protocoles et des processus autour de cette activité.

## 8. LA COORDINATION 3D DANS LES PRATIQUES ÉMERGENTES

Les entrevues ont d'abord permis d'identifier les pratiques émergentes en coordination 3D et par la suite de les cartographier sous forme de flux de travail et d'information. Ces diagrammes de flux ont ensuite été présentés aux participants qui ont fait des commentaires et proposé des améliorations<sup>11</sup>.

Cette section présente le résultat de ce travail de formalisation de la coordination 3D. Les figures suivantes présentent des exemples de plusieurs processus de coordination 3D établis pour des projets offrant divers modes de livraison. Ces flux de travail varient d'un projet à un autre selon l'expérience de chaque entreprise et des collaborateurs (professionnels, entrepreneurs et sous-traitants) et selon le mode d'approvisionnement : traditionnel, conception-construction, accéléré, etc.

Nous proposons d'utiliser le terme « validation des intrants » pour illustrer la phase de transition entre la phase de conception et avant la phase de construction, dans laquelle les entrepreneurs interviennent dans le processus de coordination 3D. Cette phase commence à partir de l'octroi des contrats et avant le démarrage des travaux pour vérifier la constructibilité.

---

<sup>11</sup> À noter, les flux de travail et d'information illustrés couvrent principalement la phase de construction ou la conception est très avancée. Pour avoir une image complète de ces flux de travail et d'information et pour mieux préparer les projets en amont de la construction, une étude de ce processus durant la phase de conception serait nécessaire pour la prochaine étape de notre étude.

## 8.1 Coordination 3D dans un projet en mode « traditionnel »

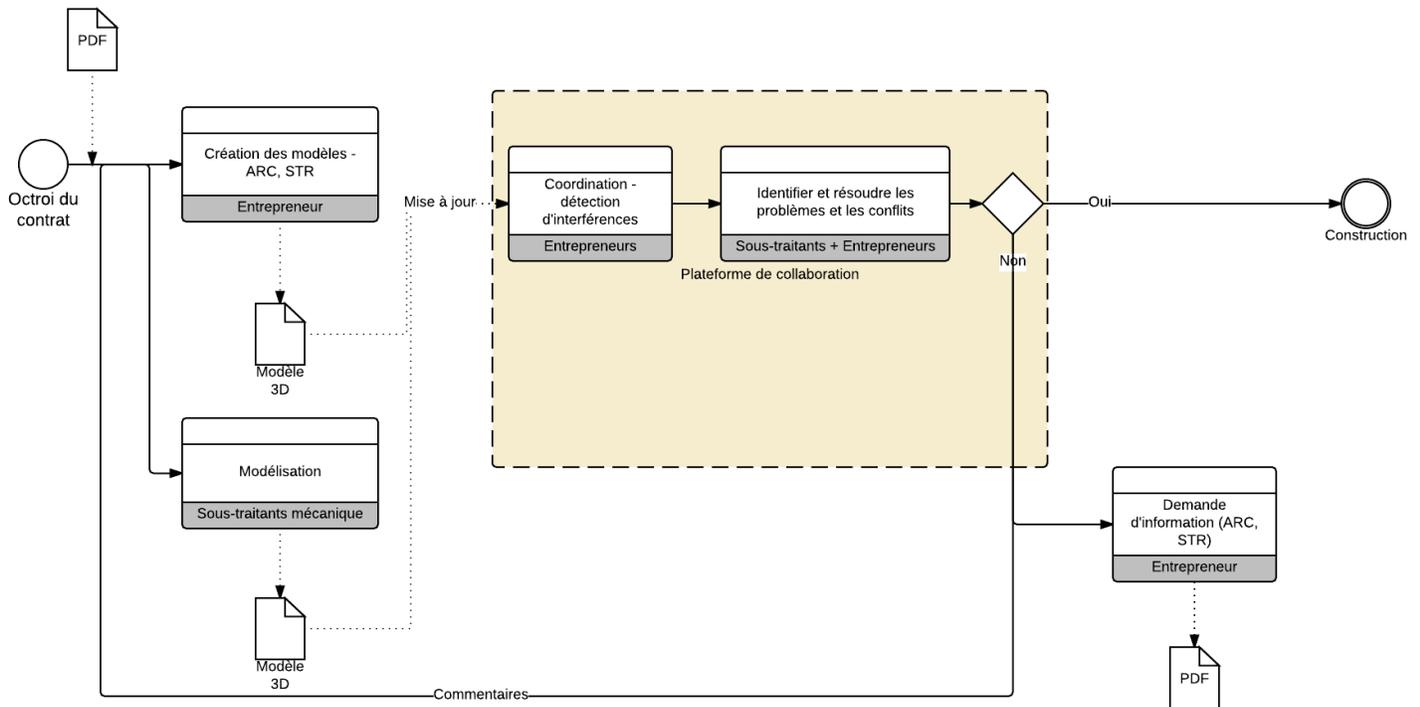


Figure 4 : Exemple 1, la coordination 3D dans un projet en mode « traditionnel »- Phase de validation des intrants

Dans cet exemple (Figure 4), les entrepreneurs reçoivent les modèles 3D des professionnels ou ils créent les modèles 3D à partir des documents PDF. La coordination 3D se fait par les entrepreneurs et les sous-traitants via une plateforme de collaboration. Les professionnels sont informés des changements à apporter suite aux demandes d'information exprimées lors de la session de coordination.

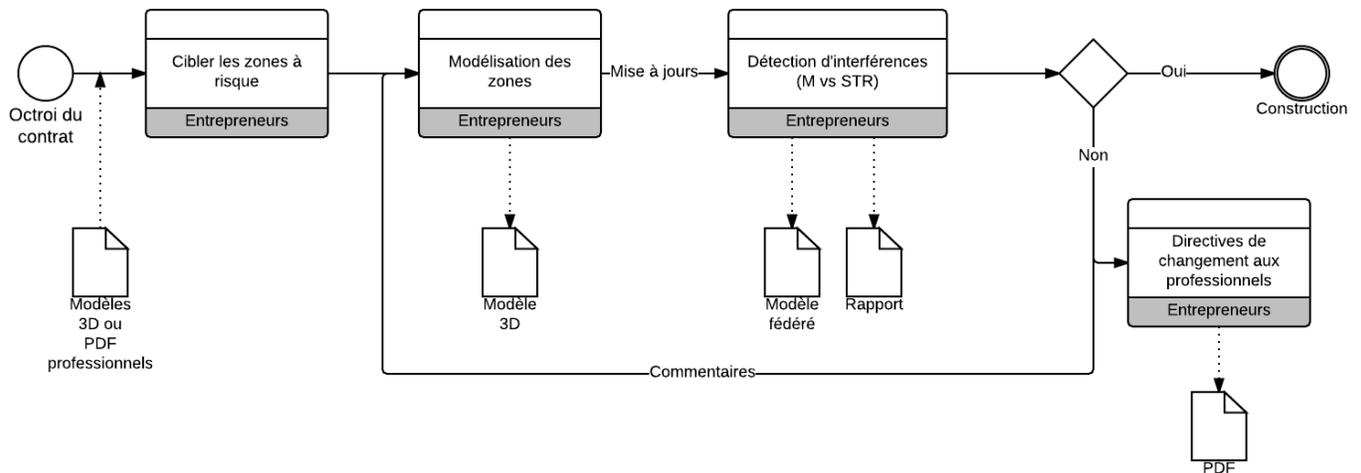


Figure 5 : Exemple 2, la détection d'interférences ciblée dans un projet en mode « traditionnel » - Phase de validation des intrants

Dans cet exemple (Figure 5), les entrepreneurs reçoivent les modèles 3D des professionnels, ou ils créent les modèles 3D à partir des documents PDF. Par la suite, ils ciblent et modélisent les zones à risque pour effectuer la détection d'interférences, notamment entre le système structure et mécanique en utilisant un logiciel précis. Dans ce cas, une ressource de l'entrepreneur général est souvent mobilisée pour intégrer les maquettes des sous-traitants et préparer les sessions de coordination et assurer le suivi.

### Avantages

- Les entrepreneurs et les sous-traitants s'occupent de la coordination 3D et la détection d'interférences. Ils identifient et résolvent les problèmes et les conflits.
- Les modèles sont créés pour répondre aux besoins de construction.

### Défis

- Qui détermine le niveau de détail pour la coordination 3D et la détection d'interférences? Est-ce que les modèles des professionnels répondent à ce besoin?
- Deux modèles sont réalisés, un pour la conception et l'autre pour la construction. Les modèles des professionnels sont utilisés pour information seulement.
- Qui définit les zones de risque?

## 8.2 Coordination 3D dans un projet en mode « Conception-Construction »

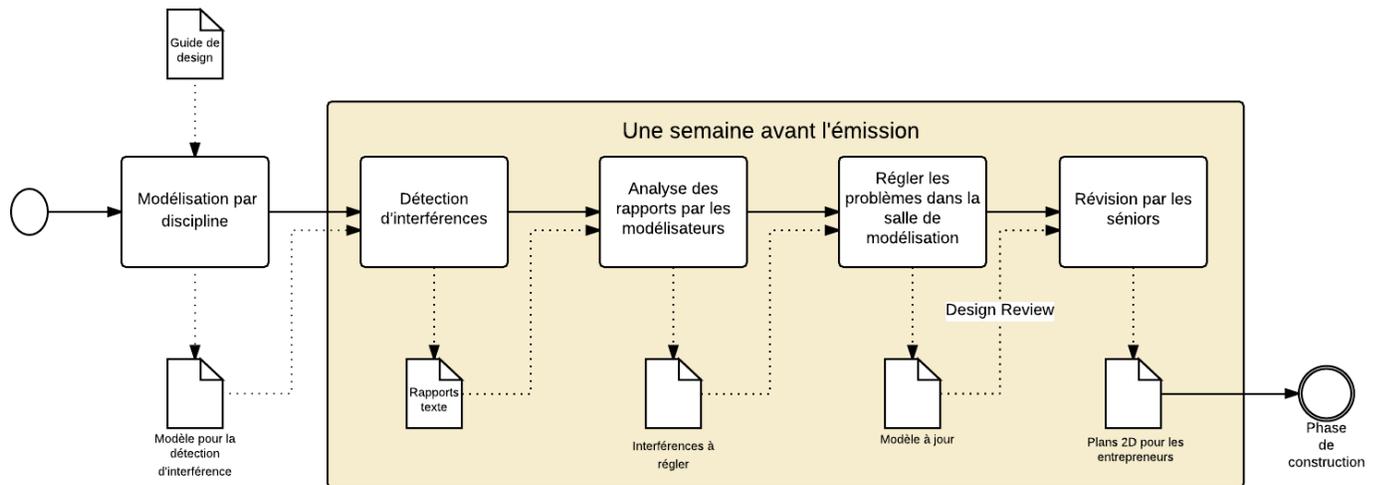


Figure 6 : exemple 3, la détection d'interférences dans un projet en mode « conception-construction » - chez les professionnels

Cet exemple, Figure 6, concerne le processus de détection d'interférences appliqué chez une firme d'ingénierie. Le processus est composé de sept étapes :

1. Établir un guide de conception pour définir des règles sur la division d'espace;
2. Faire la modélisation par discipline;
3. Sortir une version de la maquette pour la détection d'interférences et générer des rapports une semaine avant l'émission;
4. Analyser les rapports par les modélisateurs pour identifier les interférences à régler et éliminer les autres;
5. S'asseoir avec les autres disciplines concernées pour définir la meilleure démarche à faire. Les problèmes sont réglés en direct dans la salle de modélisation;
6. Révision par les professionnels avant l'émission finale;

## 7. Remettre les plans aux entrepreneurs.

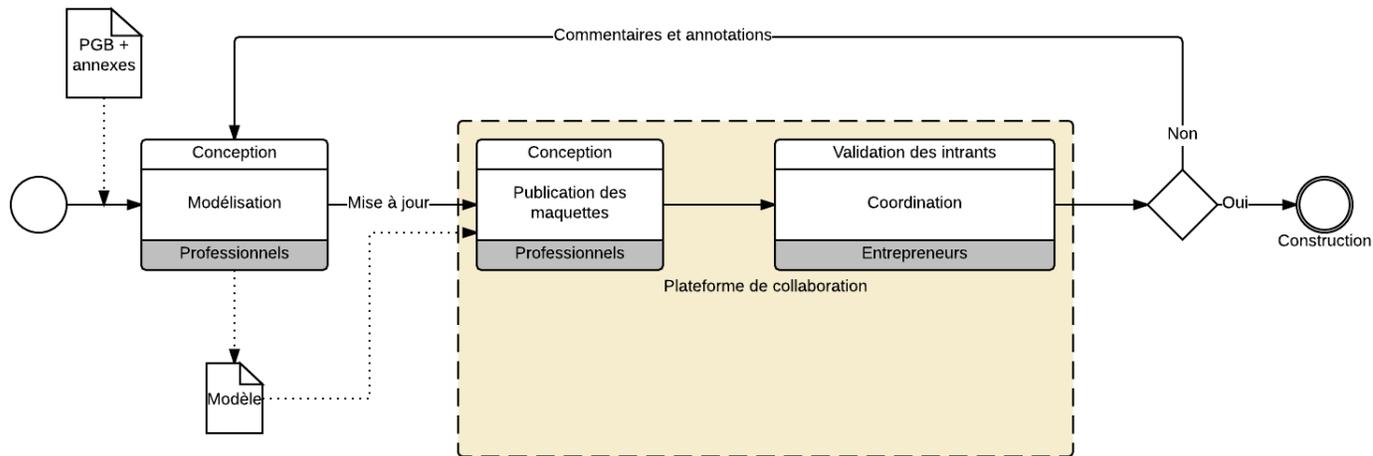


Figure 7: Exemple 4, la coordination visuelle dans un projet en mode « Conception- Construction »

La Figure 7 concerne une coordination générale dans un projet « Conception-Construction ». Les modèles sont créés et publiés par les professionnels. Les entrepreneurs s'assurent de l'intégration des modèles et de la création d'un modèle fédéré et gèrent la coordination en collaboration avec les professionnels. Ces derniers reçoivent les annotations et les commentaires pour la mise à jour de leurs modèles.

## 281 Coordination 3D en pratiques

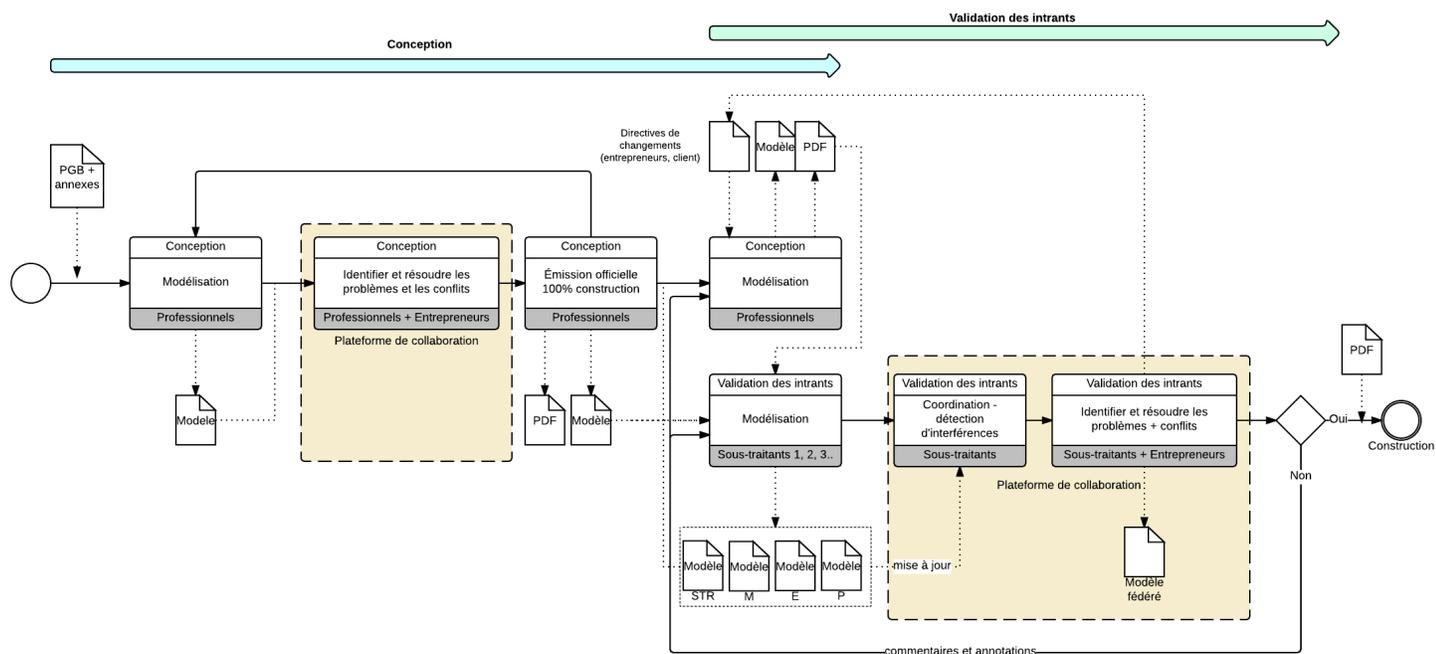


Figure 8 : Exemple 5, la coordination 3D dans un projet en mode « Conception- Construction »

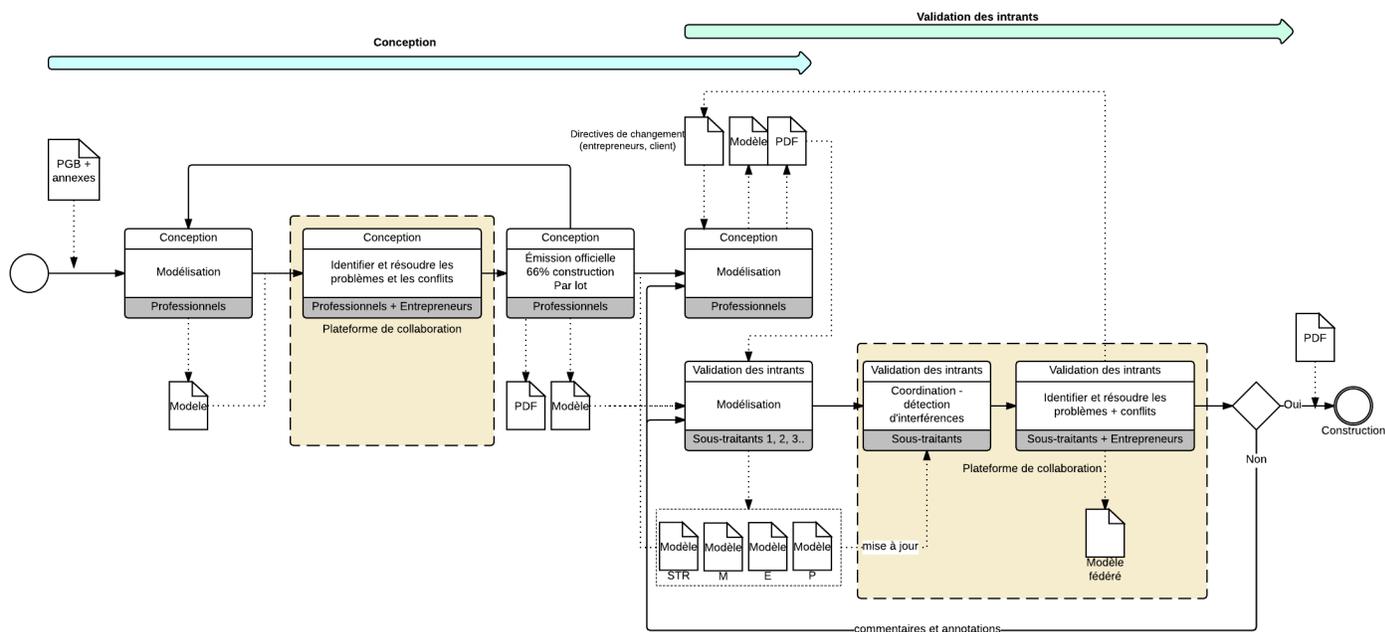


Figure 9 : Exemple 6, la coordination 3D dans un projet en mode « Conception- Construction » accéléré

Ces deux exemples (Figure 8, Figure 9) montrent un cycle complet de l'activité de coordination qui passe par deux phases. La coordination visuelle durant la phase de conception qui implique les professionnels et la détection d'interférences durant la phase de pré-construction qui implique les sous-traitants. Dans ces exemples la coordination se fait par zone selon l'avancement du projet.

### **Avantages**

- Les entrepreneurs sont impliqués dès le début du processus
- L'étude de constructibilité bénéficie de l'expérience des entrepreneurs
- Point de contact unique pour l'activité de coordination

### **Défis**

- Selon l'outil de coordination utilisé, la possibilité de garder le même modèle pour la conception, la coordination et la construction (voir section 7.1- progression du modèle)
- Réduction des quantités de conflits et la gestion du contenu des rapports (voir section 7.1- Gestion et suivi des conflits)
- Nécessité d'avoir une communication continue et fréquente entre le client et l'entrepreneur.

## 9. PROPOSITIONS

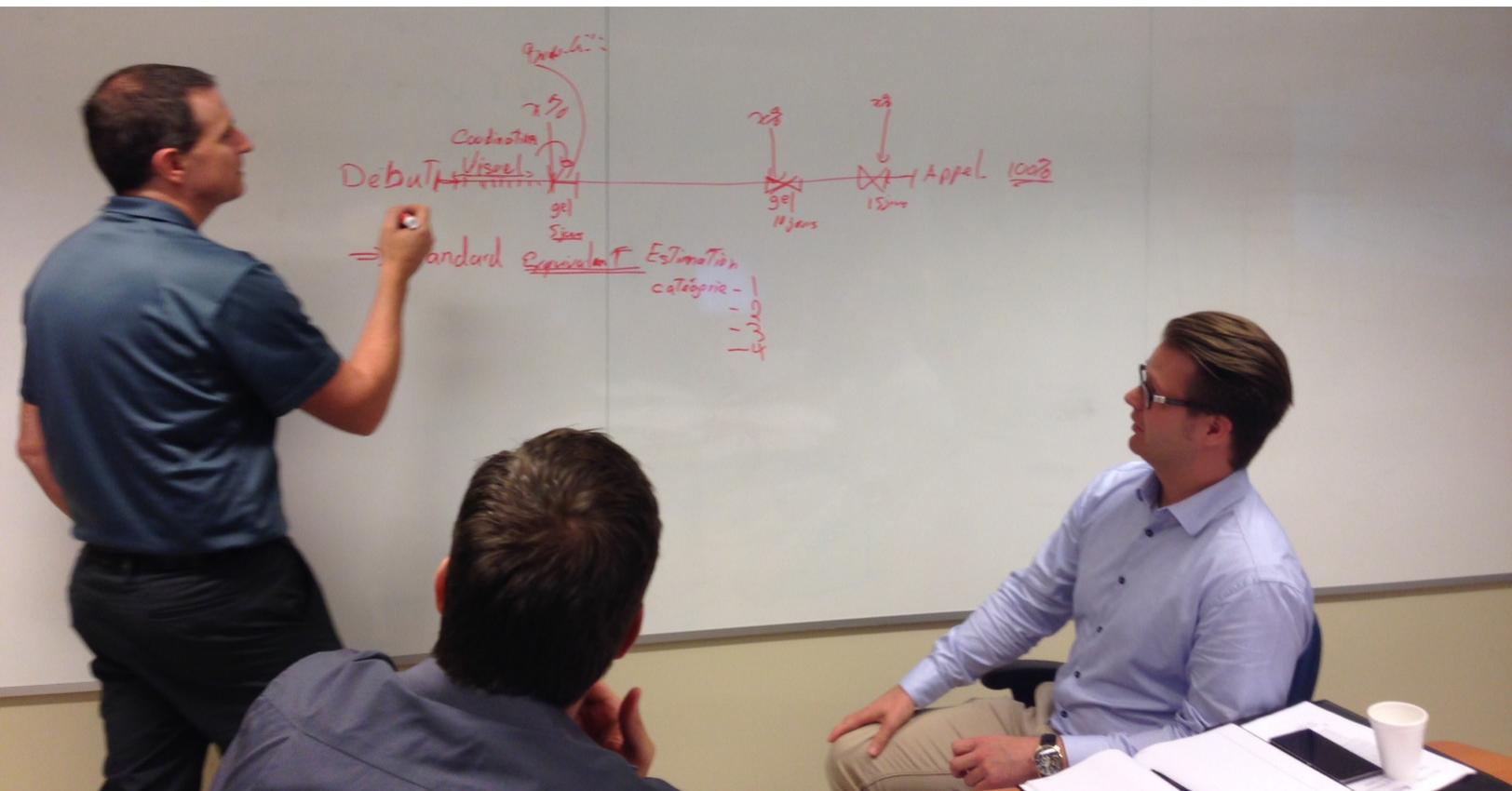
Après avoir identifié les enjeux entourant les activités de la coordination 3D, trois groupes ont été formés pour discuter et proposer un flux de travail de coordination 3D. Les résultats de réflexion de chaque groupe ont été discutés par la suite, ce qui a permis d'identifier les lignes directrices d'un flux de travail et les actions clés pour un processus de coordination 3D optimal. Les actions clés proposées étaient les suivantes :

1. Établir un guide de conception pour définir les exigences d'avancement de l'activité de la coordination 3D, les éléments à modéliser et le niveau de détails souhaité. Ce guide pourrait utiliser des catégories standard qui permettent d'établir un classement des éléments dans le modèle. Par exemple, il a été suggéré d'appliquer la même structure proposée par « Uniformat II » pour organiser les livrables de la coordination 3D.
2. Définir les types d'outils de coordination en fonction des phases de conception. Ex. outil pour la validation ou pour la détection d'interférences.
3. Identifier l'implication des disciplines dans le processus de coordination 3D selon la phase de conception: qui fait quoi et à quel moment? Par exemple, les disciplines impliquées pour la phase des études pré-conceptuelles sont : l'architecture, le génie civil; pour l'esquisse de projet : l'architecture, la structure, et une implication mineure de mécanique; pour le projet préliminaire : toutes les disciplines.
4. Impliquer les entrepreneurs au début de la phase du projet préliminaire.
5. Réaliser la détection détaillée d'interférences à partir du projet préliminaire, avec une possibilité de réaliser une détection d'interférences modérée durant l'esquisse de projet.

La Figure 10 présente une vision macro des lignes directrices proposées pour les pratiques de coordination 3D dès la phase de conception à la phase de construction.

Cette vision est représentée selon les quatre éléments suivants:

- Les documents de coordination 3D selon chaque phase : le guide de conception, le programme fonctionnel et technique, les réglementations, le modèle civil, les modèles 3D fédérés et l'analyse du site;
- Les activités de coordination selon chaque phase : l'analyse de programme et de la réglementation; le blocage de la volumétrie, l'aménagement des espaces et la conformité avec les codes; la coordination (fédération des modèles et la détection d'interférences);
- Le type de coordination selon chaque phase et étape du projet : coordination visuelle, détection d'interférences, coordination spatiotemporelle;
- Les disciplines impliquées.



# 321 Propositions

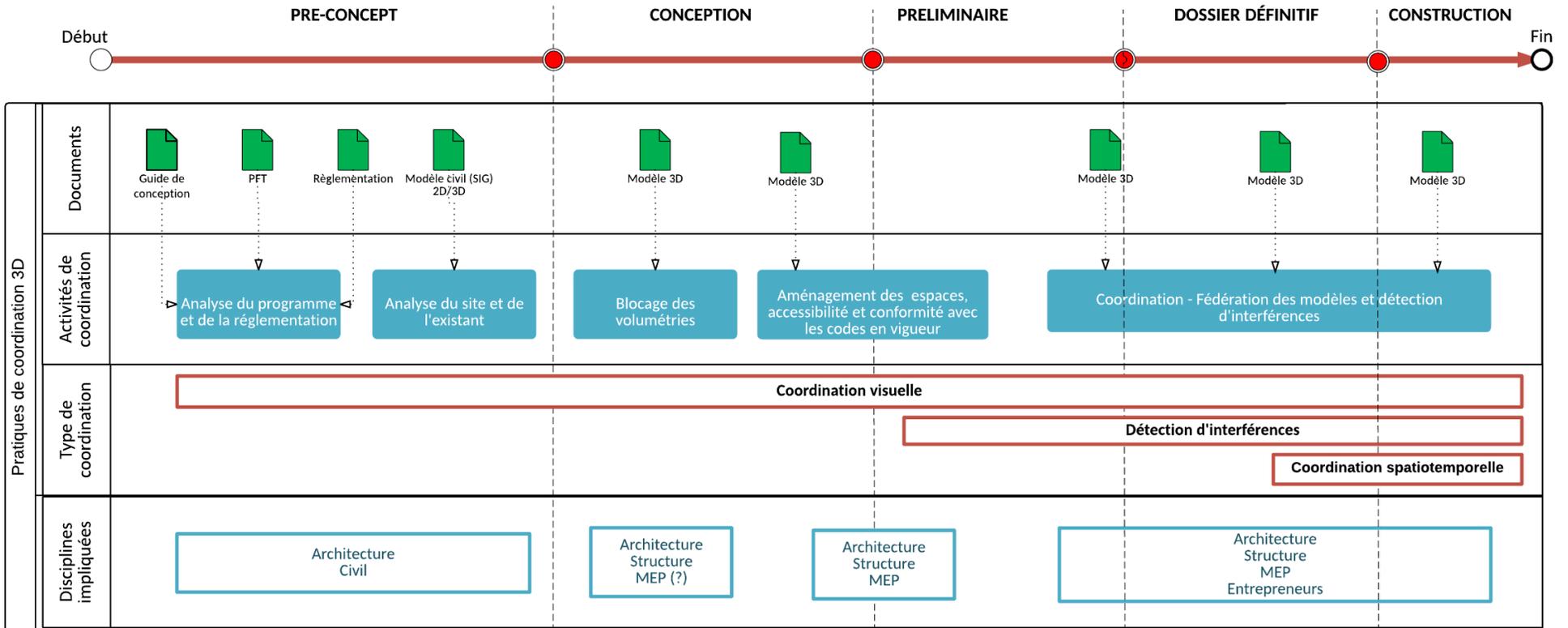


Figure 10 : Les lignes directrices vers un processus de coordination 3D optimal

## 10. ÉVALUATION DU PROCESSUS PROPOSÉ PAR LA SQI

L'objectif de la deuxième journée de l'atelier visait à évaluer et proposer des recommandations au processus de coordination 3D préparé pour les projets de la Société québécoise des infrastructures (SQI) (Annexe II : Processus proposé par la SQI). Deux groupes ont été formés pour évaluer ce processus présenté par un représentant de la SQI. L'ensemble des participants a suggéré des pistes de recommandations pour une amélioration potentielle de ce processus.

1. Définir un guide précis pour chacune des étapes et phases en identifiant : qui fait quoi et comment, le niveau de détails souhaité à chaque étape de transition (ex. le tableau d'échange d'information), le type de coordination (visuelle, détection d'interférences), ainsi que le ou les outils à utiliser.
2. Donner plus d'importance à la modélisation 3D en encourageant l'utilisation des modèles 3D signés et scellés : en révisant et ajustant l'échéancier du projet par rapport au nouveau processus. En début de processus, la phase de conception pourrait être prolongée afin de passer plus de temps sur la coordination.
3. Favoriser les standards ouverts (Open BIM). Le schéma IFC semble assez flexible pour répondre aux besoins de ce genre de spécifications; la question est de trouver l'information (pas juste la géométrie) à inclure dans les modèles.
4. Ajuster la répartition des honoraires des professionnels par rapport aux livrables durant la conception.
5. Arrimer le processus de conception et de construction par l'implication des entrepreneurs dès la phase de conception, et par l'arrimage entre les livrables de conception et construction. Ceci permet de réduire les coûts durant la phase de construction. Il serait possible d'engager l'entrepreneur en tant que conseiller durant la phase de conception. Cette approche a été adoptée par la Défense nationale. Également, plusieurs clients favorisent le mode de réalisation en gérance de construction dans lequel l'entrepreneur a un rôle de conseiller dans le processus de conception intégrée (PCI).

## 34 | Recommandations

6. Établir un flux de travail pour chaque mode de livraison de projet, soit : forfait; gérance de construction; gestion de projet; Conception-Construction; prix maximum- Garantie; partenariat public-privé.

## 11. FACTEURS CRITIQUES DE SUCCÈS

Plusieurs facteurs ont été identifiés pour assurer un meilleur fonctionnement du processus de coordination :

- Utiliser une plateforme collaborative pour assurer une meilleure communication et échange d'information entre les intervenants.
- Adopter un processus bien défini et s'entendre sur les règles à suivre pour la coordination 3D.
- Mettre en place une méthode qui facilite la révision de la quantité des interférences incluses dans les rapports de coordination 3D.
- Mettre les bonnes personnes autour de la table.
- Engager une personne neutre pour diriger la coordination entre les disciplines.
- Volonté de travailler ensemble, d'apprendre et de suivre l'équipe de projet.
- Compréhension du bénéfice de la coordination;
- Travail en complémentarité entre le gestionnaire BIM et le gestionnaire de projet;
- Formation des compétences surtout au niveau des sous-traitants.

## 12. CONCLUSION

Ce premier atelier visant à ouvrir le débat sur l'intégration de la coordination 3D dans les projets de construction de la SQI a démontré l'intérêt de l'ouverture du dialogue entre la recherche, l'industrie et les grands donneurs d'ouvrage publics. Il a fourni l'opportunité de réunir des représentants de l'industrie pour partager leurs expériences. Il a permis de mettre en place une vision commune sur la coordination 3D, d'identifier les enjeux de la coordination au Québec et d'ébaucher les lignes directrices pour un processus global de coordination 3D. Plusieurs recommandations ont été également proposées afin d'améliorer le flux de travail élaboré par la SQI.

Il s'agit d'un atelier exploratoire et une première initiative qui a donné l'occasion d'ouvrir la réflexion sur ce sujet entre les différents intervenants. Un comité de pratique devrait être mis en place pour pousser la réflexion et pour établir un processus global qui pourrait s'adapter aux différents besoins de chaque projet de construction. Les points importants qui sont ressortis de cet atelier :

- La coordination 3D représente à la fois la coordination visuelle et la détection d'interférences;
- La coordination 3D est un élément essentiel qui permet d'améliorer considérablement le processus de conception et de construction;
- La nécessité de définir un guide pour cadrer les pratiques en coordination 3D et de favoriser les processus et les méthodes de conception priorisant la collaboration des professionnels ;
- L'importance d'impliquer les entrepreneurs dès le début du projet. Il est donc important d'établir un arrimage entre les pratiques de coordination 3D et les pratiques intégrées (PCI, IPD) afin de maximiser leurs apports sur le projet.

# 13. ANNEXE I : USAGE BIM- COORDINATION 3D

**Définition** Un processus dans lequel un logiciel de détection d'interférences est utilisé pendant le processus de coordination pour déterminer les conflits en comparant les maquettes 3D de chaque discipline entre-elles. Le but de la détection de collision est d'éliminer les conflits majeurs avant et pendant l'exécution des travaux.

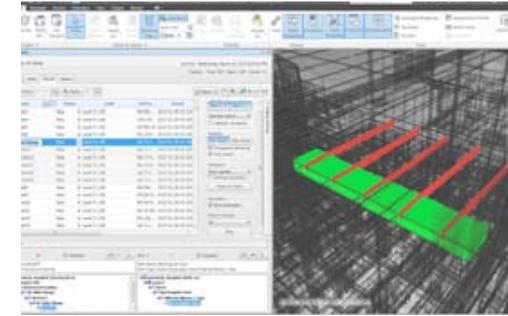
**Contexte** 10-15% de coûts de construction engendrés par une documentation de projet déficiente et de l'information manquante

**Objectifs**

- Coordonner tous les éléments d'un projet afin d'éliminer les conflits en chantier
- Assurer que toute l'information nécessaire à l'exécution des travaux soit disponible au moment opportun

**Bénéfices**

- Meilleure coordination interdisciplinaire
- Réduction et élimination des conflits sur le terrain; ce qui réduit la demande d'information (RFI) de façon significative par rapport à d'autres méthodes
- Visualisation de la construction
- Augmentation de la productivité notamment sur le chantier
- Réduction du coût de la construction; réduction des requêtes de modification
- Diminution du temps de construction
- Dessins "Tel-que-construit" plus précis
- Meilleure intégration de la préfabrication dans le projet



**Ressources requises**

- Logiciel de conception (ex. Revit, Tekla Structures)
- Logiciel de révision (ex. Navisworks, Solibri, Tekla BIMsight)

**Compétences requises**

- Fort sens de la coordination. Comprendre les rôles et les responsabilités des membres de l'équipe
- Capacité de manipuler, de naviguer, et examiner un modèle 3D
- Connaissance des applications de modélisation BIM
- Connaissance des systèmes de construction et leur intégration

**Indicateurs objectivement vérifiables**

- Réduction de la quantité d'ordres de changement, d'instruction de chantier et de requêtes d'information
- Diminution de la variabilité des coûts finaux (conception, construction)
- Augmentation de la qualité de la construction du projet final (réduction de nombre de déficiences, réduction du pourcentage des coûts de remédiation, etc.)

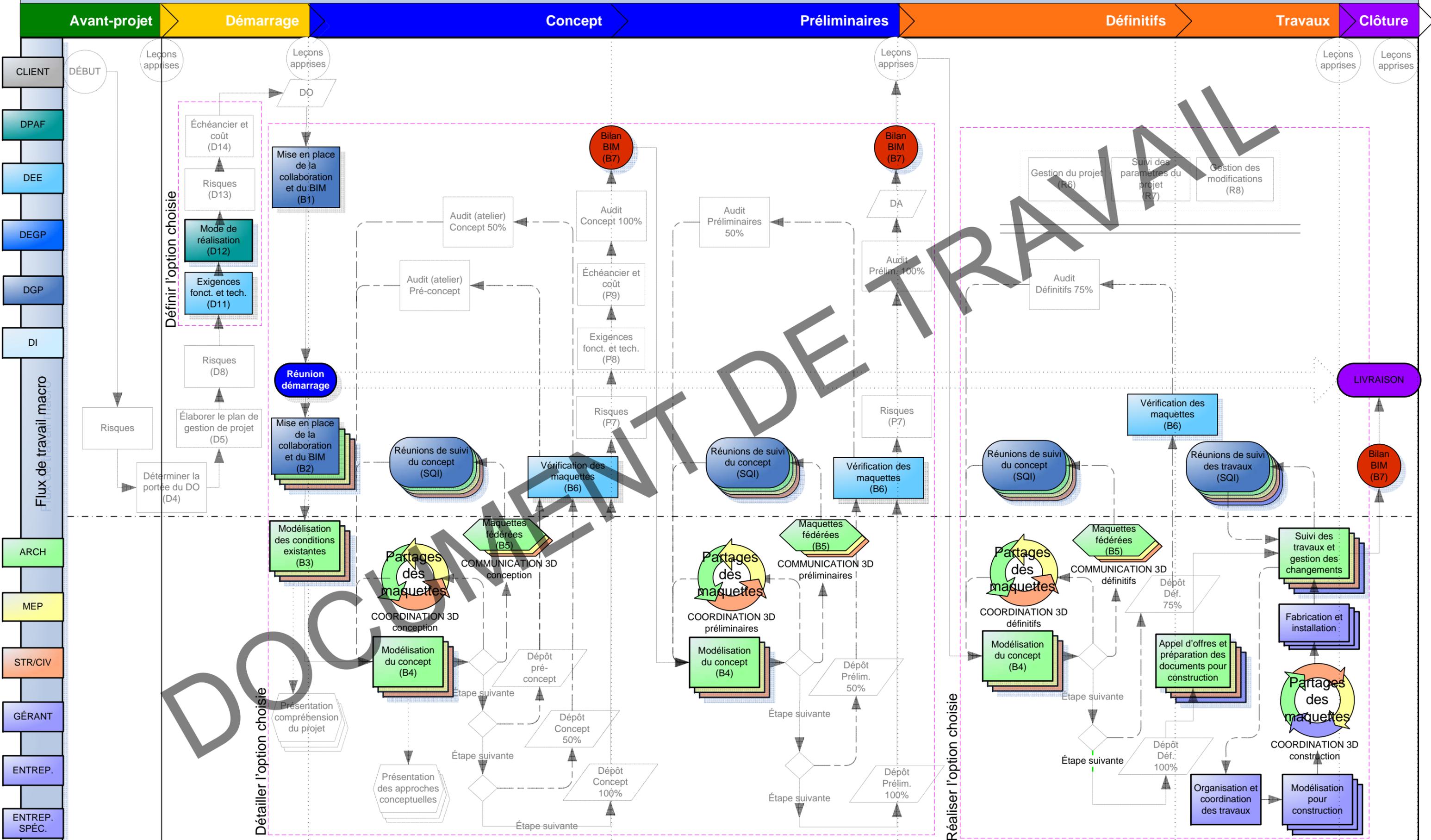
**Références**

BIM Handbook- Eastman et al. 2011  
 CIC, 2010 - BIM Project Execution Planning Guide  
 COBIM volume 6

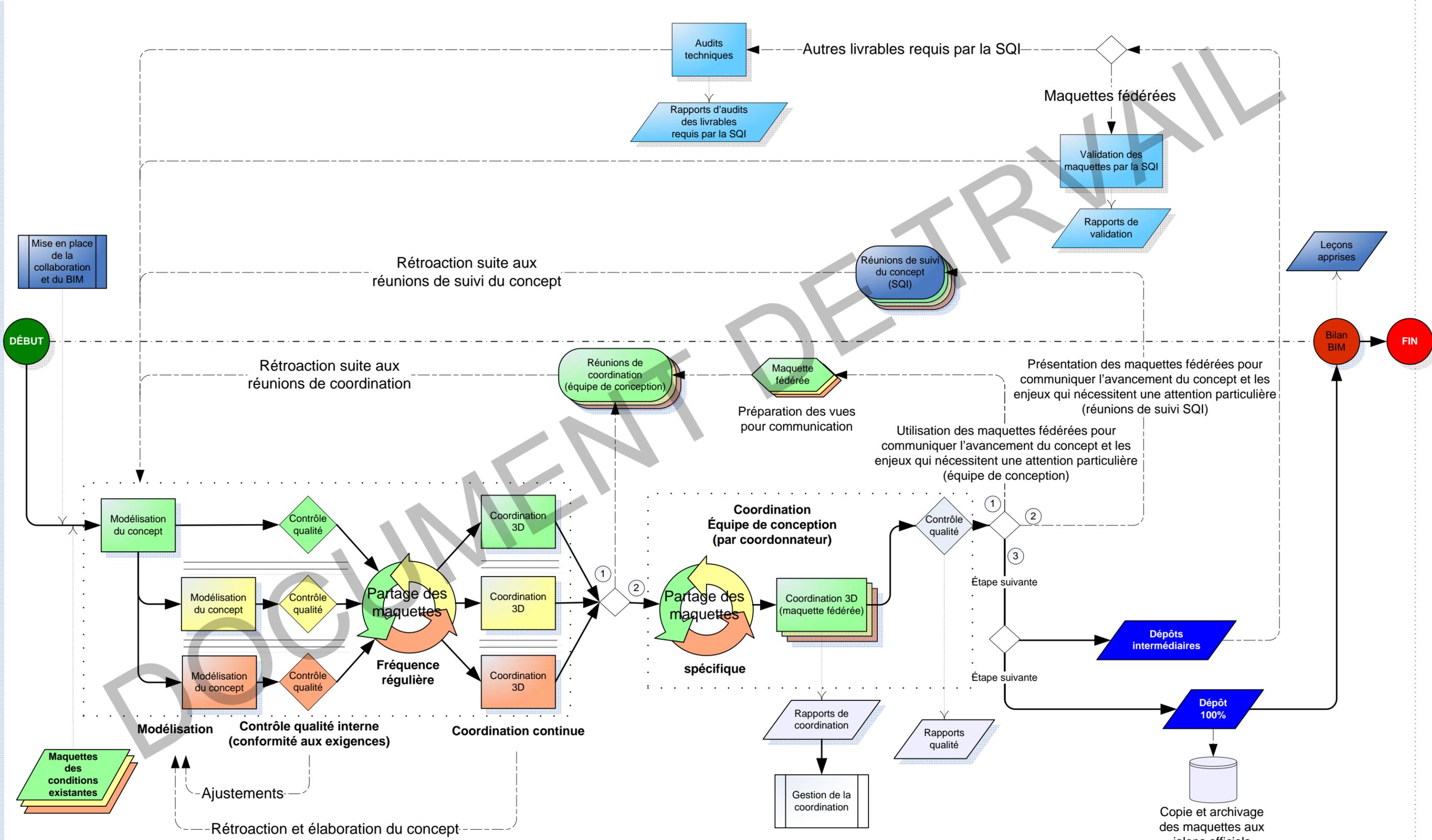
Planification	Conception	Réalisation	Gestion
	Visualisation des systèmes Revue de conception Planification 3D Coordination multidisciplinaire de la conception	Coordination de systèmes constructifs en 3D	

## **14. ANNEXE II : PROCESSUS PROPOSÉ PAR LA SQI**

Flux de travail proposé – Coordination et suivi de la conception - Étapes Planification et Réalisation



- CLIENT
- DPAF
- DEE
- DEGP
- DGP
- DI
- Processus micro
- ARCH
- MEP
- STR/CIV
- GÉRANT
- ENTREP.
- ENTREP. SPÉC.



# 15. ANNEXE III : LISTE DES PARTICIPANTS

<b>Participants Invités</b>		<b>GRIDD/Chaire Pomerleau</b>
Carl Veillette	BIM One / Groupe BIM du Québec	Conrad Boton
Christian Glaude	À l'époque chez Verreault	Daniel Forgues
Christian Proulx	AQi	Souha Tahrani
Daniel Barbeau	Canam	
Dominick Lamontagne	Espace vital architecture	
Franck Murat	Provencher Roy/ Groupe BIM du Québec	
François Dionne	PSA	
Ivanka Iordanova	Pomerleau	
Maxime Sanschagrin	Pomerleau (anciennement chez Verreault)	
Nicolas St-Pierre	EBC Inc.	
Shirley Gagnon	GLCRM architectes	
Steve Beaulieu	Canam	
Steve Tremblay	SQI	