

L'application de l'ingénierie de collaboration sur le projet architectural - Phase projet d'exécution.

The Application of Collaborative Engineering in the Architectural Project - Execution Phase

Hana Rezgui¹, Hassan Ait Haddou², Guy Camilleri³,

¹ Doctorante, LIFAM-IRIT, ENSA Montpellier, 179 rue de l'Esperou, F-34093 Montpellier Cedex 5, France.

² Pr EVCAU, École nationale supérieure d'architecture de Paris Val-de-Seine, 3 quai Panhard et Levassor 75013 PARIS, France

³ MCF, IRIT, 2 rue Charles Camichel 31071 Toulouse Cedex 7, France

Résumé. Tout au long du processus d'un projet architectural BIM, de sa conception jusqu'à sa démolition, divers acteurs interviennent, chacun apportant ses compétences et son expertise spécifiques pour contribuer à sa réalisation. La collaboration et la coopération entre ces parties prenantes revêtent une importance cruciale pour garantir le succès global du projet. Cet article propose l'application d'une méthode d'ingénierie de la collaboration à une phase particulière du projet architectural BIM, visant à favoriser une communication fluide et une collaboration efficace entre les intervenants. Cette étude se focalise sur l'identification des activités collectives entre les différents acteurs de la construction, mettant particulièrement l'accent sur l'aspect pratique du Building Information Modeling (BIM), notamment sur la collaboration autour de la Maquette numérique BIM au sein des agences lors de la phase de projet d'exécution.

Mots clés. Acteurs de la construction, Activité collaborative, BIM, Ingénierie de la collaboration.

Abstract. Throughout the process of a BIM architectural project, from its conception to its demolition, various stakeholders are involved, each of them bringing their own specific skills and expertise to contribute to its realisation. Collaboration and cooperation between these stakeholders are crucial to the overall success of the project. This article proposes the application of a collaborative engineering method to a particular phase of the BIM architectural project, with the aim of fostering fluid communication and effective collaboration between the stakeholders. This study focuses on the identification of collective activities between the

various construction stakeholders, with particular emphasis on the practical aspect of Building Information Modelling (BIM), and in particular on collaboration around the BIM digital model within agencies during the execution project phase.

Keywords. BIM, Collaborative activity, Collaborative engineering, Construction industry stakeholders.

1 Introduction

Cet article présente un travail de recherche axé sur la gestion du travail collaboratif entre les parties prenantes de la construction dans le cadre d'un processus BIM (Modélisation des Informations du Bâtiment) lors de la phase de projet d'exécution, en utilisant une méthode d'ingénierie de la collaboration. Le BIM a profondément transformé le secteur de la construction, suscitant des débats entre ses partisans et ses détracteurs. Malgré cela, son implémentation rencontre encore des obstacles, notamment en raison de la résistance persistante de certaines agences traditionnelles. À partir d'une analyse bibliographique approfondie et de deux expériences professionnelles menées dans deux agences en France, un bureau de maîtrise d'œuvre et une entreprise générale de construction, nous avons constaté que les lacunes en communication et en collaboration entre les parties prenantes constituent l'un des principaux obstacles à l'adoption du BIM au sein de ces structures [1].

L'objectif de cette recherche est de définir les points de collaboration entre les acteurs du projet et de proposer des scénarios de collaboration en appliquant une méthode d'ingénierie de la collaboration. En partant des objectifs, des sources/entrées et des produits de la phase de projet d'exécution, nous identifions les parties prenantes intervenant dans ce processus. Ensuite, nous proposons des modèles organisationnels du travail aux acteurs de la construction. À partir de ces modèles, nous définissons les points de collaboration entre les parties prenantes et proposons des scénarios de collaboration.

1.1 Le travail collectif dans le processus BIM

Dès les premières phases du processus de construction, la conception architecturale intègre une multitude de domaines d'expertise, tels que l'ingénierie, l'écologie, l'ergonomie et la sociologie [2]. Les architectes et les ingénieurs collaborent de manière continue et interactive tout au long du processus de conception, travaillant à la fois en groupe et de manière individuelle. Parfois, ils doivent travailler en équipe, tandis que d'autres fois, ils se concentrent sur des tâches spécifiques en fonction de leurs rôles, compétences et connaissances. Comme le souligne Picon, "*la collaboration entre architectes et ingénieurs constitue un enjeu essentiel des mutations conceptuelles et organisationnelles de la fabrique du projet architectural*" [3].

Dans le cadre d'un projet BIM, la collaboration est l'objectif principal, c'est une approche qui consiste à intégrer les différentes disciplines, les professionnels de divers domaines, qui travaillent collectivement pour créer une maquette numérique complète du bâtiment. Cette maquette numérique BIM contient des informations détaillées sur la conception, la structure, les systèmes mécaniques, électriques, etc. En travaillant ensemble de manière coordonnée, les professionnels impliqués peuvent réduire les erreurs, optimiser la

planification et la coordination, et livrer des projets de construction de manière plus efficace. La collaboration est le résultat d'un travail préalablement organisé, qui s'inscrit dans le travail de gestion qui a toujours existé dans le processus de conception et construction architecturale. Pour que le BIM soit efficace, il est essentiel que les acteurs du projet travaillent ensemble de manière collaborative et coopérative. La réussite d'un projet BIM dépend fortement de la collaboration efficace entre tous les acteurs du projet y compris la maîtrise d'ouvrage.

Dans un projet BIM, la collaboration est un pilier fondamental. Cela vise à intégrer les diverses disciplines et les professionnels de différents domaines qui travaillent de concert pour élaborer une maquette numérique exhaustive du bâtiment. Cette maquette BIM renferme des informations détaillées sur la conception, la structure, ainsi que les systèmes mécaniques et électriques, entre autres. En travaillant de manière coordonnée, ces professionnels peuvent réduire les erreurs, optimiser la planification et la coordination, et réaliser des projets de construction de façon plus efficace [4]. La collaboration découle d'une organisation préalable du travail, s'inscrivant dans le cadre de la gestion inhérente au processus de conception et de construction architecturale. Pour que le BIM produise des résultats optimaux, il est essentiel que tous les acteurs du projet travaillent de manière collaborative et coopérative. Le succès d'un projet BIM repose largement sur une collaboration efficace entre tous les intervenants du projet, y compris la maîtrise d'ouvrage.

Plusieurs éléments peuvent impacter la productivité dans le cadre d'une démarche BIM en architecture, le manque de collaboration et communication est bien documenté dans plusieurs études. Une collaboration insuffisante mène souvent à une fragmentation des données entre les différentes parties prenantes, entraînant des incohérences et des erreurs dans les modèles BIM, nécessitant des rectifications répétées, ce qui ralentit le processus global et augmente les coûts [5]. Oraee et al [6] dans leurs recherches confirme que sans une collaboration étroite, les équipes dupliquent souvent les efforts, travaillant de manière isolée sur des aspects similaires du projet, ce qui gaspille du temps et des ressources et diminue la productivité globale. Une faible collaboration peut également entraîner une perte de traçabilité des décisions et des modifications apportées au modèle BIM, compliquant la gestion et la coordination des tâches[5], [6]. De plus, le manque de communication efficace entre les équipes peut provoquer des malentendus et des retards dans la prise de décision, prolongeant ainsi les délais des projets et augmentant les coûts en raison de la nécessité de refaire des travaux ou de corriger des erreurs tardives [6]. En conclusion, pour maximiser les avantages du BIM, il est crucial de promouvoir une collaboration étroite et continue entre toutes les parties prenantes du projet. Une bonne gestion de la collaboration peut améliorer significativement la productivité et la qualité des projets de construction, pour le faire nous avons choisi comme solution l'application d'une méthode d'ingénierie de la collaboration.

1.2 L'ingénierie de la collaboration

L'ingénierie de collaboration représente une approche méthodique largement utilisée dans divers domaines afin de concevoir et de mettre en œuvre des processus spécifiques favorisant la collaboration entre les membres d'une organisation. Ces processus sont conçus pour être exécutés de manière autonome par les professionnels impliqués dans les activités de l'organisation, sans nécessiter l'intervention d'un facilitateur externe. L'objectif principal de l'ingénierie de collaboration est de se concentrer sur les tâches récurrentes qui ont un

impact significatif sur les résultats. Ces méthodes sont caractérisées par leur réutilisabilité et leur prévisibilité[7], ce qui réduit les investissements nécessaires en termes de formation des praticiens. Du fait de la nature récurrente des tâches et de leur facilité d'adoption, cette approche offre de meilleures perspectives de réussite au sein des organisations. Elle est plus aisément adoptée et maintenue en tant que dispositif de soutien à la collaboration[8].

1.3 Problématique et question de recherche

En France, ainsi que dans plusieurs autres pays, le Building Information Modeling (BIM) n'a pas encore atteint son plein potentiel. Selon Hochscheid [9], "la France n'est pas considérée comme un pays leader dans le domaine du BIM". Plusieurs études ont été menées pour comprendre les raisons de sa faible adoption dans les agences, ce qui a incité le gouvernement à initier plusieurs projets, notamment le Plan de Transition Numérique du Bâtiment (PTNB), qui a évolué par la suite pour devenir le Plan BIM 2022. Malgré ces initiatives, l'adoption du BIM par les acteurs de la construction reste un défi non résolu, en raison de divers obstacles. D'un point de vue technique, des problèmes persistent, tels que l'interopérabilité entre les différents formats des outils BIM, ainsi que l'inachèvement du format IFC, ce qui entraîne une perte d'informations lors des échanges entre les logiciels. De plus, la définition des niveaux de détail des maquettes pour les différentes phases du projet constitue un défi supplémentaire [10]. Sur le plan juridique et réglementaire, des préoccupations subsistent concernant les responsabilités des intervenants, la définition des livrables et la protection de la propriété intellectuelle des informations intégrées dans la maquette numérique [9]. Enfin, ce que nous abordons dans cette recherche sont les défis pratiques liés à la mise en œuvre du BIM.

Dans cette étude, nous avons examiné la problématique de la collaboration entre les parties prenantes d'un projet, en mettant l'accent sur les pratiques du Building Information Modeling (BIM). Notre recherche se concentre spécifiquement sur la collaboration des acteurs autour de la Maquette numérique BIM pendant la phase d'exécution du projet, en utilisant la méthode d'ingénierie de la collaboration du modèle de 7 niveaux de collaboration de Briggs [11]. Notre objectif est de répondre à la question de recherche suivante : comment assurer une collaboration efficace et de structurer le travail collaboratif des acteurs de la construction grâce à l'ingénierie de la collaboration ?

2 Méthodologie

Ces recherches s'appuient sur une **étude bibliographique** approfondie sur les problèmes et lacunes de la non application du BIM par les intervenants de la construction, ainsi que sur les **retours d'expérience** de l'observation (dans deux agences d'architecture PME). L'objectif est d'analyser le comportement et les relations entre intervenants en agence d'architecture dans le bureau et sur chantier, et définir les outils de travail collaboratifs utilisés, identifier les intervenants à chaque étape de projets de constructions, la définition besoins et objectifs de chaque phase de projet sur des projets d'habitations et équipements recevant du publique ERP. L'objectif principal de cet article est de mettre en lumière les aspects pratiques et relationnels entre les acteurs de la construction pendant la phase de projet d'exécution, en laissant de côté les considérations juridiques, réglementaires et techniques.

Dans notre article, nous avons adopté la méthode à sept niveaux de collaboration proposée par Briggs [11], une structure organisatrice qui facilite l'intégration et l'organisation de divers concepts, mesures, théories et meilleures pratiques dans le domaine de l'ingénierie de la collaboration [12]. Les choix de conception effectués à un niveau supérieur du modèle

ont une influence sur les choix de conception aux niveaux inférieurs, ce qui permet une structuration cohérente des activités de conception en ingénierie de la collaboration. Un principe clé de cette approche est la séparation des préoccupations de conception, visant à réduire la charge cognitive des ingénieurs de collaboration en décomposant la conception en éléments distincts à différents niveaux d'abstraction. Cette démarche contribue à améliorer l'exhaustivité de la conception des processus de collaboration [12].

La description des niveaux de collaboration de Briggs [9] :

1. Objectif : Est le résultat ou bien la finalité du travail, il peut être un objectif du groupe ou bien individuel
2. Produit : Est un résultat tangible ou intangible produit par le travail du groupe.
3. Activités : Sont des sous-tâches qui une fois terminées génèrent les produits satisfaisant l'objectif du groupe.
4. Modèles de collaboration : Sont des régularités observables de comportement et de résultat qui émergent au fil du temps dans le travail du groupe.
5. Technique (Thinklets) : Une technique de collaboration est une procédure réutilisable pour invoquer des interactions utiles entre les personnes travaillant à la réalisation d'un objectif de groupe.
6. Outils : Les outils de collaboration sont des artefacts ou des appareils utilisés pour effectuer une opération pour déplacer le groupe vers ses objectifs.
7. Scripts /scénario : Un script/scénario décrit tout ce que les membres de l'équipe disent et font au travers de leurs outils pour progresser vers l'objectif du groupe. Les scripts peuvent être internes ou externes, tacites ou explicitement capturés comme.

Tout d'abord, bien que la méthode d'ingénierie de la collaboration que nous proposons ait été utilisée et validée dans plusieurs domaines depuis plus de 15 ans [13], elle n'a jamais été appliquée auparavant dans le domaine spécifique de la construction et du BIM. Contrairement aux méthodes existantes, notre approche intègre une collaboration plus étroite et continue entre tous les acteurs d'un projet, y compris ceux qui ont souvent des difficultés à accéder à des outils payants ou complexes. En répondant aux besoins spécifiques des projets de construction BIM, cette méthode améliore la productivité, la collaboration et la coordination sans obstacles financiers ou techniques.

L'objectif principal de notre article consiste à identifier les points de collaboration essentiels entre les divers acteurs impliqués dans la construction. Pour ce faire, nous débutons par l'application des trois premiers niveaux de collaboration de la méthode en sept niveaux élaborée par Briggs [11]. Cette démarche nous permet de définir de manière précise les différents intervenants ainsi que leurs responsabilités respectives. Ensuite, nous procédons à la modélisation de leurs activités à travers des schémas organisationnels, ce qui nous permet de cerner les points d'activités communes entre eux.

Par la suite, nous étendons notre analyse en appliquant les quatre niveaux restants de la méthode de Briggs. Cette approche nous permet de formuler des techniques, également appelées "Thinklets", ainsi que de proposer des scénarios de collaboration entre les intervenants.

Notre démarche de recherche est structurée en plusieurs étapes clés :

1. Définition des objectifs, des sources/entrées et des produits pour cette phase de recherche.
2. Identification des différents acteurs impliqués dans cette étape du projet de construction.

Pour pouvoir :

- Détermination des points de collaboration entre ces différents acteurs tout au long de cette phase.
- Proposition de techniques de collaboration (Thinklets) en utilisant la méthode à sept niveaux de Briggs et ses collaborateurs [11].

3 Expérimentation de la solution

Ce travail de recherche se concentre spécifiquement sur la phase de projet d'exécution en raison de la diversité des intervenants impliqués, offrant ainsi une opportunité d'étudier les différentes formes d'activités collectives entre eux.

Notre approche débutera par l'application **des trois premiers niveaux** de la méthode de Briggs [11], à savoir les objectifs, les produits et les activités. L'objectif de cette démarche est de développer un modèle organisationnel du travail des acteurs de la construction dans cette phase de projet.

Dans un premier temps, nous procéderons à l'identification des objectifs, des sources/entrées et des produits de la phase de projet d'exécution. Cette étape nous permettra de définir clairement les objectifs à atteindre et les produits finaux attendus. Ensuite, nous passerons à la détermination des intervenants impliqués dans cette phase, et nous représenterons leurs activités au sein d'un modèle organisationnel.

En appliquant cette approche méthodologique, nous visons à mieux comprendre les dynamiques de collaboration et les interactions entre les différents acteurs de la construction lors de la phase de projet d'exécution.

3.1 Etape 1 : Définition des objectifs, des sources/entrées et des produits pour la phase projet d'exécution

Dans le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, nous avons défini les objectifs, les entrées et les produits de la phase de projet d'exécution en nous appuyant sur les travaux de référence tels que le livre "BIM et architecture" de Hoyet et ses collaborateurs [14] ainsi que le guide de recommandations à la maîtrise d'ouvrage sur le BIM et la maquette numérique[15].

Tableau 1 : Objectifs, des sources/entrées et des produits pour la phase projet d'exécution.

| Phases | Objectifs, produits et entrants | Niveau de détails de la MN |
|--------------------|---|----------------------------|
| Projet d'exécution | Objectifs Définition précise et le renseignement de tous les éléments du projet dans la Maquette numérique. Coût définitif et calendrier de réalisation des travaux. Signature des marchés travaux Sources/entrants La maquette numérique niveau APD ; Les observations du maître d'ouvrage sur l'APD ; Les informations transmises par les disciplines techniques et le second œuvre. Détails des objets à partir des catalogues des fabricants. Produit L'étude des détails particuliers Un dossier de consultation entreprises | LOD 300 |

| | | |
|--|--|--|
| | Estimation définitive du coût prévisionnel et un calendrier de réalisation Maquette numérique d'exécution qui contient Le calcul et les dimensionnements de tous les objets de la structure aux fluides Les composants des objets sont intégrés dans la MN à partir des catalogues des fabricants | |
|--|--|--|

3.2 Etape 2 : Intervenants de la construction à l'ère du BIM en phase projet d'exécution

Pour identifier les intervenants de la construction à l'ère du BIM, nous nous sommes référés au livre "BIM et architecture" de Hoyet et ses collaborateurs [14], où nous avons catégorisé tous les acteurs qui participeront au projet architectural BIM. En plus des métiers traditionnels de la construction, de nouveaux métiers ont émergé pour répondre aux besoins du BIM [16]:

- **Manager BIM** : Chargé de concevoir et d'appliquer les méthodes et les processus nécessaires à la création de modèles numériques de projets.
- **Coordinateur BIM** : Responsable du processus BIM et de son intégration au sein de l'équipe de modélisation chargée de créer la maquette numérique du projet.
- **Modeleur BIM** : Individu utilisant un logiciel de modélisation BIM pour créer différentes parties de la maquette. Sous la supervision d'un manager BIM et d'un coordinateur BIM, certains modeleurs BIM se spécialisent dans divers domaines. De nombreux bureaux d'études d'ingénierie et entreprises de construction font appel à leurs propres modeleurs BIM pour faciliter l'intégration de leurs objets dans la maquette numérique.

Il est à noter que les intervenants et le début de leurs interventions peuvent varier en fonction du type et de la taille du projet. Cependant, dans cette étude, nous avons inclus tous les intervenants en prenant en compte un cas général.

Le Tableau 2 présente les intervenants de la construction dans un projet BIM au cours de la phase projet d'exécution. Pendant cette phase, les acteurs échangent des données et des informations sur une plateforme collaborative et interviennent sur la maquette numérique BIM, que ce soit au bureau ou sur le chantier. Il s'agit de l'étape où la plupart des acteurs interviennent et où les interactions entre eux sont les plus nombreuses.

Tableau 2 : Intervenants de la construction en phase projet d'exécution

| Phases de projet | Intervenants |
|---------------------|--|
| Projet d'exécution. | <ul style="list-style-type: none"> • Le maître d'ouvrage (publique ou privé) L'utilisateur s'il est connu Le chargé d'opération • L'AMO BIM (L'assistant à maîtrise d'ouvrage BIM), Le responsable de maintenance ou l'exploitant, Le programmeur, Le contrôleur technique. • Le maître d'œuvre : l'architecte, L'ingénieur de structure, Le paysagiste, L'hydraulicien, L'économiste, L'acousticien, Le thermicien, Les ingénieurs en génie climatique, L'ingénieur fluides, énergies, réseaux, environnement, Ingénieur électricité • Les entreprises de constructions et industriels : Service étude (met en place une MN d'exécution), Service travaux (conducteur de travaux/ chef d'équipe...). • BIM Management (BIM manager, BIM Coordinateur, BIM Modeleur). |

4 Résultats

À partir des éléments précédents, notamment les objectifs, les produits et activités (Tableau 1) et les intervenants de la construction (Tableau 2), nous avons élaboré un modèle organisationnel qui représente les activités et les interactions entre les différents acteurs impliqués. Ce modèle (Fig 1) vise à fournir une structure claire pour la coordination et la collaboration efficaces tout au long de la phase de projet d'exécution. Nous avons représenté les objectifs, produits et activités de chaque tâche en intégrant les intervenants de chaque activité et en utilisant la légende ci-dessous.

Légende :

Objectifs 

Produit 

Activités 

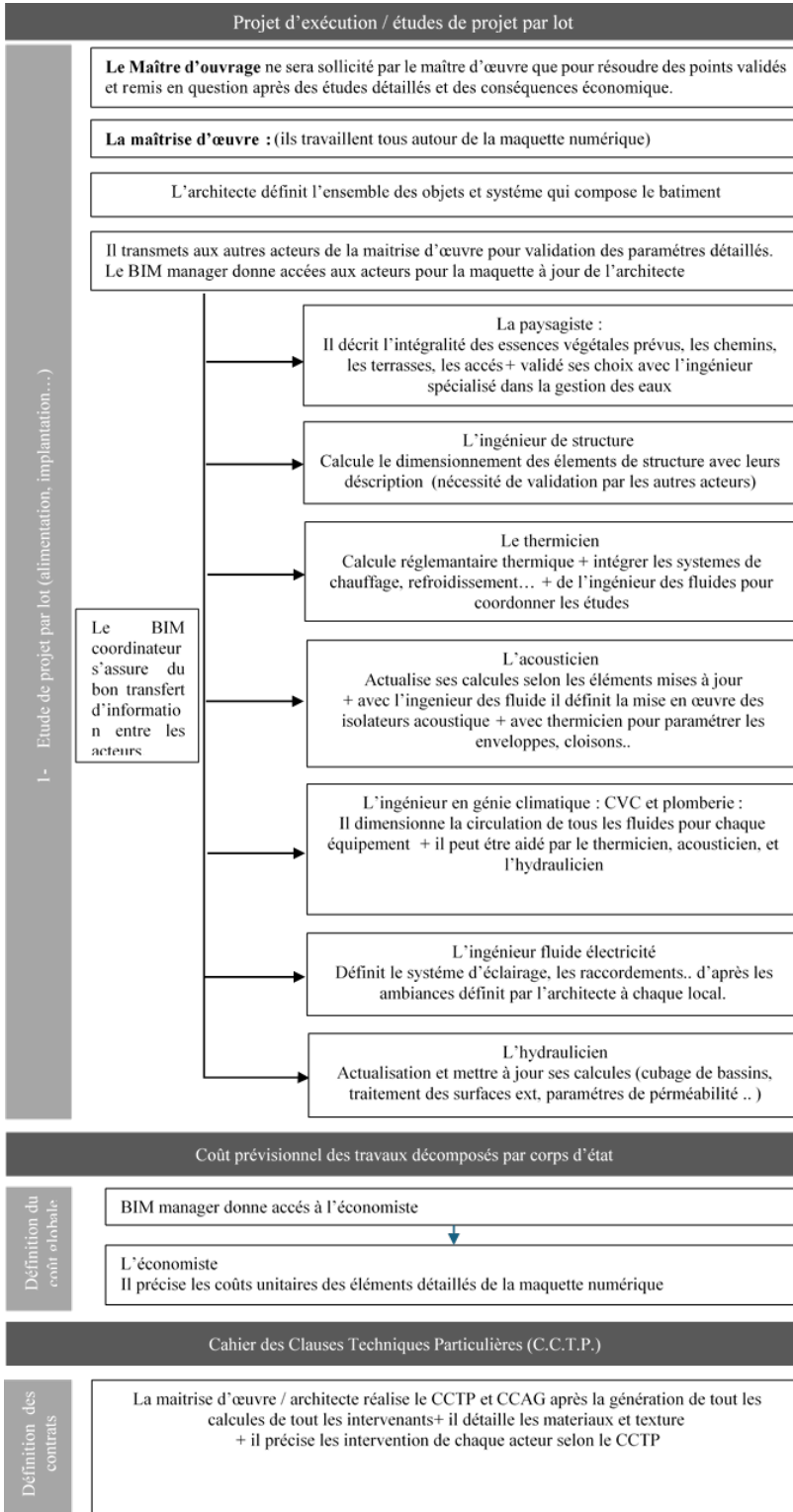


Fig. 1 : Modèle organisationnel du travail des acteurs de la construction en phase projet d'exécution.

4.1 Les points de collaboration entre ces différents acteurs

L'objectif du modèle organisationnel établi dans l'étape précédente est de spécifier les activités entre les intervenants à partir desquelles nous définissons les points d'interaction entre les acteurs, et de déterminer les types d'activités communes entre eux. Dans la Fig. 2, nous avons conçu un diagramme dans lequel nous avons représenté toutes les interactions des intervenants lors de la phase de réalisation du projet.

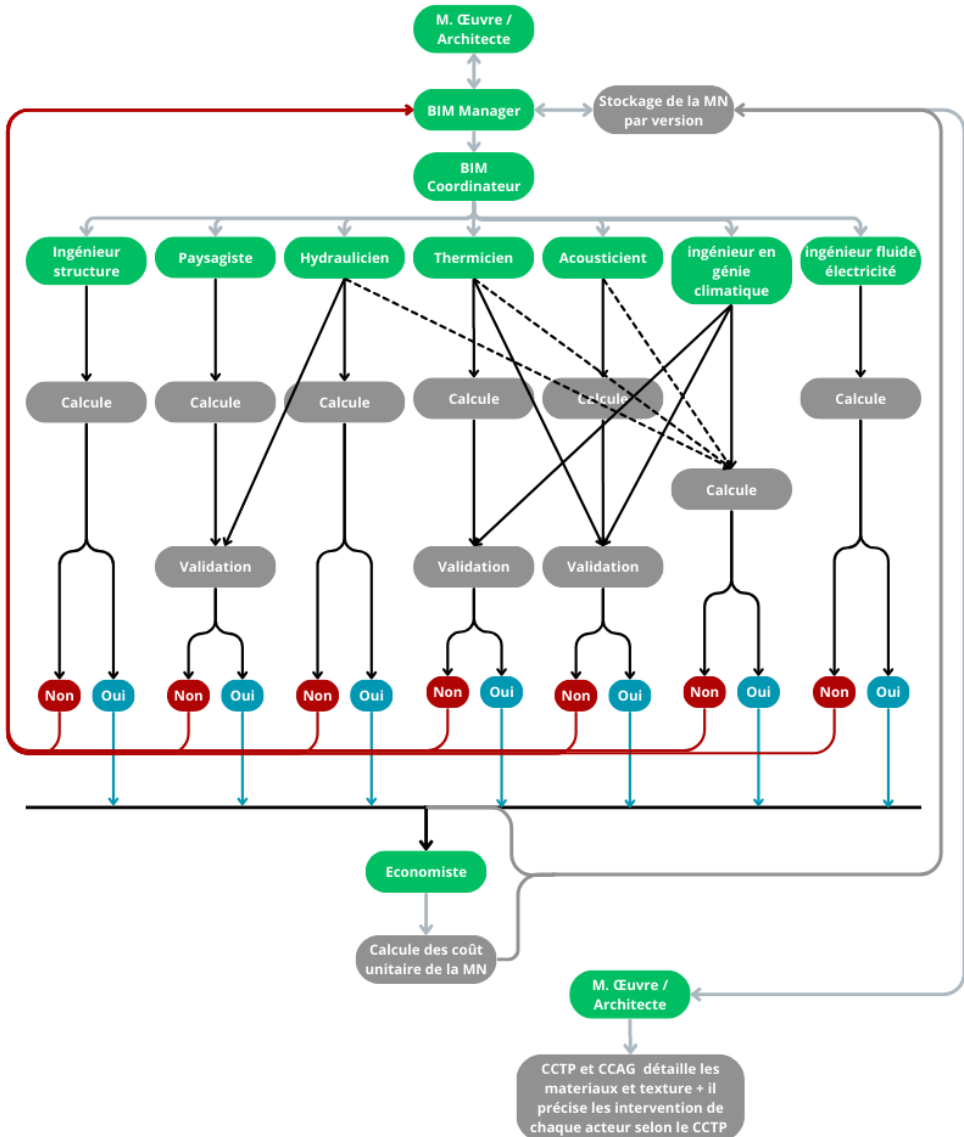


Fig. 2. Diagramme pour décrire les activités entre les intervenants de la phase projet d'exécution.

4.2 Techniques de collaboration (Thinklets) selon Briggs et ses collaborateurs [11]

Après avoir déterminé les activités entre les intervenants, nous avons utilisé le diagramme de la Fig 2 pour diviser ces activités en actions séparées et actions communes, afin d'appliquer **les quatre niveaux** de collaboration de Briggs restants [11]. Les actions séparées sont celles effectuées par un seul intervenant sur la base de ses propres entrants ou des éléments produits par un autre intervenant. Les actions communes sont celles qui nécessitent un travail de groupe ou une confirmation/avis d'un groupe d'intervenants.

Dans le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, nous avons commencé par examiner les deux premières actions de la Fig. 2, impliquant l'architecte, le BIM manager et le BIM coordinateur. Ces actions sont des actions séparées et ne nécessitent pas de collaboration, ensuite nous avons exposé le cas de l'acousticien, pour chaque action commune, nous avons appliqué la méthode de Briggs en proposant un modèle de collaboration (niveau 4) ainsi qu'une technique de collaboration (niveau 5). Nous avons tenté d'examiner tous les cas et scénarios possibles pour fournir un tableau plus complet avec plusieurs techniques que nous avons schématisées dans le schéma 1.

Les niveaux 6 et 7 du modèle de Briggs sont associés aux techniques de collaboration (Niveau 5 : Thinklets). Chaque ThinkLet possède ses propres outils, scénarios et conditions d'application ou de non-application [17], [18].

Tableau 3 : Modèles de collaboration et Thinklets de la phase projet d'exécution

| | | |
|---|---|---|
| L'architecte définit l'ensemble des objets et système qui compose le bâtiment sur sa maquette ensuite il transmet au BIM manager qui définit les accès des différents acteurs. | | Action séparée |
| Le BIM manager fait appel au BIM coordinateur qui fait la coordination entre les différents acteurs autour de la maquette (assure la définition et bon transfert des formats et des objets de la maquette en cas de soucis de compréhension). | | Action séparée |
| Dans le cas de l'acousticien : | | |
| L'acousticien reçoit la maquette numérique de l'architecte | | |
| Etape 1 : Il fait ses calculs d'acoustique en premier temps | | Action séparée |
| Etape 2 : il fait appel au thermicien et l'ingénieur en génie climatique pour superposer les résultats et étudier la faisabilité du projet. | | Action commune Divergence : OnePage |
| cas 1 : lors de la superposition des résultats les acteurs ne se sont pas mis d'accord scénario 1 1- Définir les contraintes (coût , espace..) 2- Proposition de solution par chaque acteur 3- Application de la solution scénario 2 1. Définir les contraintes (coût , espace..) 2. Proposition de solution | Action commune Divergence : 1 et 2- Comparative Brainstorm (générer des solution selon les contraintes) Divergence : Plus-Minus-Interesting (trier les solutions) | cas 2 : lors de la superposition des résultats les acteurs se sont mis d'accord les 3 acteurs valident les calculs du projet et superposent la maquette avec celle des autres acteurs et valident ou pas la faisabilité du projet. |

| | | | |
|--|--|---|---|
| <p>par chaque acteur</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. Pas de solution 4. Faire un vote entre les 3 acteurs pour choisir une solution <p>scénario 3</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Définir les contraintes (coût , espace..) 2. Proposition de solution par chaque acteur 3. Pas de solution 4. Faire appel au maitre d'œuvre (archi/ bureau d'étude/ entreprise) pour choisir une solution | <p>Evaluation : strawPoll (évaluation une liste de critères)</p> <p>Building consensus :</p> <p>Crowbar (voter pour la solution)</p> | | |
| <p>Etape 3 : validation de la faisabilité</p> | | | |
| <p>Cas 1 : si les acteurs valident la faisabilité du projet l'acousticien enregistre la maquette + calcule sur l'espace de stockage.</p> | | <p>Cas 2 : Si les acteurs ne valident pas la faisabilité du projet l'acousticien présentent tout les problèmes et solutions proposés au manager BIM qui ce dernier envoie tout le rapport au maitre d'œuvre (archi/ bureau d'étude/ entreprise)</p> <p>Le maitre d'œuvre s'il a une solution/ modification il peut la faire et envoie au Manager BIM pour que ce dernier notifie tout les acteurs qui ont une relation (exemple si la solution est d'agrandir une fenêtre le manager BIM doit notifié l'ingénieur de structure pour qu'il met à jour sa maquette et prend sa en considération lors des calculs des charges)</p> | <p>Action commune</p> <p>Convergence : ExpertChoice (Choix de la solution par un seul expert)</p> <p>Convergence : ReviewReflect (Revoir et modifier le contenu existant)</p> |
| | | <p>Le BIM coordinateur renvoie la maquette au bon format aux acteurs</p> | |
| | | <p>L' acousticien refait ses calculs et se réunit avec le thermicien et</p> | |

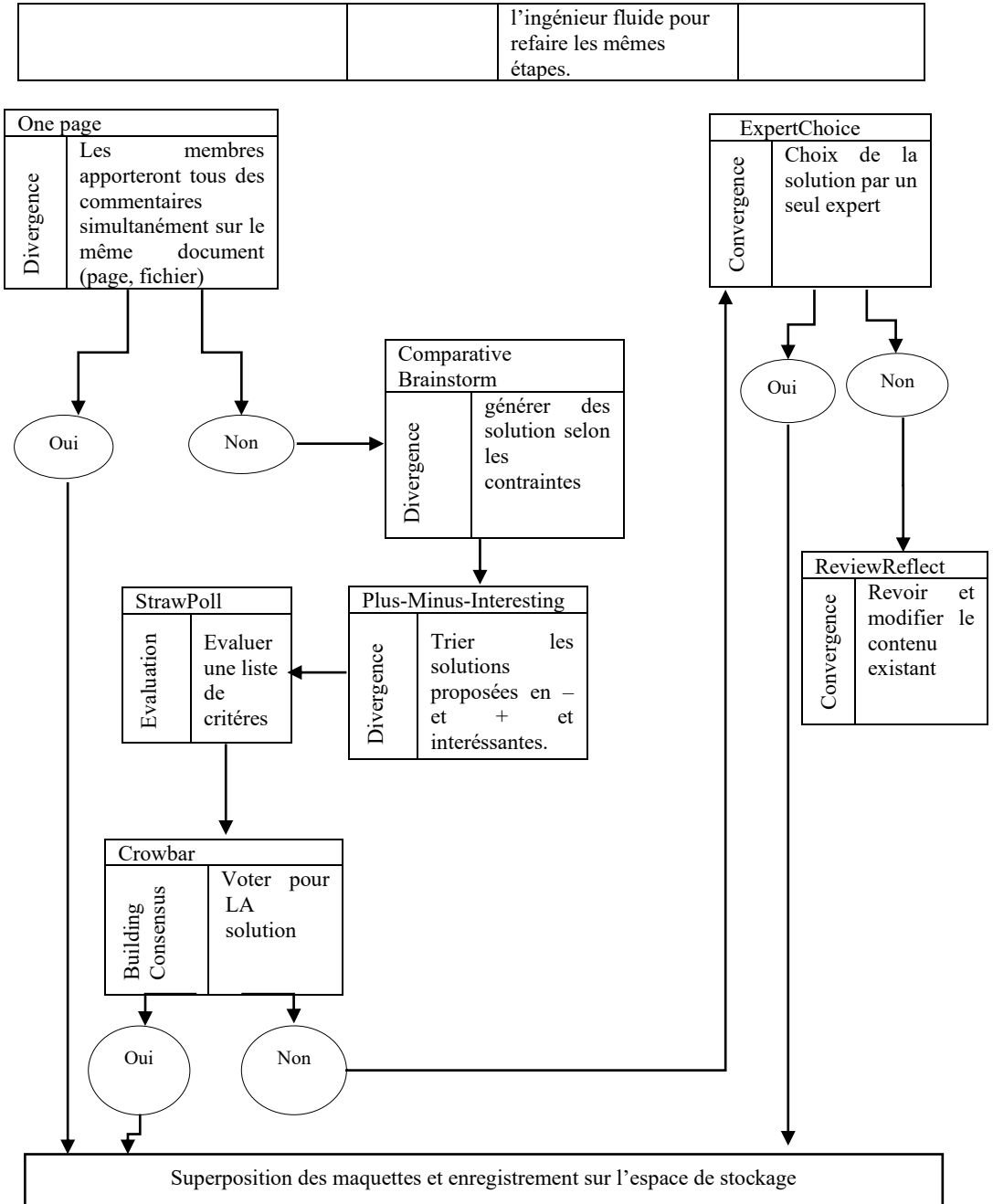


Schéma. 1 : Proposition de Modèles de collaboration et de Thinklets pour la phase du projet d'exécution (source : Auteur).

5 Conclusion

Notre recherche se concentre sur l'étude des interactions entre les acteurs de la construction durant la phase de projet d'exécution. À travers l'application des trois premiers niveaux de la méthode de sept niveaux de collaborations de Briggs [11] nous avons établi un modèle organisationnel, ensuite nous avons identifié les activités et les points d'interaction. En

utilisant le quatrième et cinquième niveaux de la méthode de Briggs [11] nous avons proposé des modèles et techniques (Thinklets) de collaboration en examinant divers scénarios, notamment celui de l'acousticien, où chaque action commune est associée à un modèle de collaboration et une technique de collaboration. Les sixième et septième niveaux du modèle de Briggs [18] sont liés aux Thinklets, chacun avec ses propres outils et conditions d'application. Notre approche vise à fournir une perspective exhaustive sur les dynamiques collaboratives dans le domaine de l'architecture numérique.

6 Discussion

Ce travail part d'un modèle ayant déjà été testé et validé dans plusieurs domaines, ce qui justifie son application potentielle dans le domaine de l'architecture. Il est important de noter que cette recherche est encore en cours et n'est pas directement présentée dans cet article.

Suite à nos recherches, nous avons appliqué cette méthode d'ingénierie collaborative de Briggs [11] lors de réunions techniques au sein d'une société BIM GEM, pour la gestion du patrimoine d'un client, et non pour la phase d'exécution du projet. Cette méthode a démontré son efficacité en offrant une structuration des échanges, une meilleure gestion du temps, ainsi qu'une simplification des problèmes en les décomposant en sept niveaux, permettant ainsi une gestion plus efficace des projets. Cependant, nous avons rencontré des obstacles qui ont ralenti son application auprès des intervenants. Parmi eux, la résistance au changement des intervenants, causée par le manque de sensibilisation au BIM, les amenant à croire que le BIM est « trop technique et complexe », ce qui les empêche même de participer aux échanges.

Cet article se concentre davantage sur les aspects théoriques de la méthode. Cette méthode a seulement été testée sur une seule phase de projet et devrait être testée aussi sur les deux premières phases d'un projet de construction, notamment la conception et l'exécution, au sein d'une petite ou moyenne agence de construction, avant de valider son efficacité.

References

1. J. Jupp, « 4D BIM for Environmental Planning and Management », *Procedia Engineering*, vol. 180, p. 190-201, janv. 2017, doi: 10.1016/j.proeng.2017.04.178.
2. M. Chaabi, « La collaboration entre architectes et ingénieurs en conception architecturale rôle des technologies de l'information et de la communication », Université Ferhat Abbas –Sétif 1, Setif, 2018. [En ligne]. Disponible sur: <http://dspace.univ-setif.dz:8888/jspui/bitstream/123456789/3034/1/These%20finale.pdf>
3. A. Picon, *L'art de l'ingénieur. Constructeur, entrepreneur, inventeur*. Editions du Centre Georges Pompidou, 1997, p. 598. Consulté le: 24 octobre 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://shs.hal.science/halshs-00438914>
4. W. Lu, D. Zhang, et S. Rowlinson, *BIM collaboration: A conceptual model and its characteristics*. 2013.
5. H. Xiao, B. Tim, et M. Çıdık, « TRUST AND COLLABORATION PROBLEMS IN BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM): A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW », juill. 2023.
6. M. Oraee, M. R. Hosseini, D. Edwards, et E. Papadonikolaki, « Collaboration in BIM-based construction networks: a qualitative model of influential factors », *Engineering, Construction and Architectural Management*, vol. 29, n° 3, p. 1194-1217, janv. 2021, doi: 10.1108/ECAM-10-2020-0865.
7. G.-J. de Vreede, R. Briggs, et A. Massey, « Collaboration Engineering: Foundations and Opportunities: Editorial to the Special Issue on the Journal of the Association of

- Information Systems », *Journal of the Association for Information Systems*, vol. 10, p. 121-137, mars 2009, doi: 10.17705/1jais.00191.
8. G. Kolfschoten et G.-J. de Vreede, *The Collaboration Engineering Approach for Designing Collaboration Processes*. 2007, p. 110. doi: 10.1007/978-3-540-74812-0_8.
 9. E. Hochscheid, « Diffusion, adoption et implémentation du BIM (Building Information Modeling) dans les agences d'architecture en France », 2021.
 10. K. Kensek, *Building Information Modeling*. London New York: Routledge, 2014.
 11. R. Briggs, G. Kolfschoten, G.-J. de Vreede, C. Albrecht, D. Dean, et S. Lukosch, « A Seven-Layer Model of Collaboration: Separation of Concerns for Designers of Collaboration Systems. », in *ICIS 2009 Proceedings - Thirtieth International Conference on Information Systems*, US, janv. 2009, p. 26.
 12. G.-J. de Vreede et R. Briggs, « A Program of Collaboration Engineering Research and Practice: Contributions, Insights, and Future Directions », *Journal of Management Information Systems*, vol. 36, p. 74-119, janv. 2019, doi: 10.1080/07421222.2018.1550552.
 13. G.-J. de Vreede et R. Briggs, « Collaboration Engineering: Reflections on 15 Years of Research & Practice », présenté à Conférence internationale d'Hawaï sur les sciences des systèmes, US, janv. 2018. doi: 10.24251/HICSS.2018.054.
 14. N. Hoyet, F. Duchene, et M. de Fouquet, *BIM et architecture: programmation, conception, construction, exploitation*. Malakoff: Dunod, 2016.
 15. G. Lamour, « BIM et maquette numérique: guide de recommandations à la maîtrise d'ouvrage ». mission interministérielle pour la qualité des constructions publiques, 2016. [En ligne]. Disponible sur: www.miqcp.gouv.fr
 16. M. R. de la démarche B. de la S. du G. P. – U. S. d'Information / Q. Aroichane, « CHARTE BIM DE LA SOCIÉTÉ DU GRAND PARIS.pdf ». 10 novembre 2017. Consulté le: 14 novembre 2021. [En ligne]. Disponible sur: <https://media-mediathèque.societedugrandparis.fr/medias/domain1/media559/84396-81qtc2ijro.pdf>
 17. R. Briggs, G.-J. de Vreede, et G. Kolfschoten, « Thinklets for e-collaboration », p. 631-636, janv. 2007, doi: 10.4018/978-1-59904-000-4.ch096.
 18. R. Briggs et G.-J. de Vreede, *ThinkLets: Building blocks for concerted collaboration*. 2001.