

Construire ou rénover de manière efficiente grâce à la maquette numérique des projets de construction

MIAFFO W. Jean Terence, WISSAM Anass

Centre de Recherche FoRS – Haute École de Namur-Liège-Luxembourg

jean-terence.miaffowonanke@henallux.be, anass.wissam@henallux.be

Résumé

La digitalisation impose aux entreprises de la construction une adaptation de leurs activités. Cela se fait par l'intensification du travail collaboratif et la gestion centralisée et harmonieuse des données de construction grâce au BIM¹.

Dans ce projet, un cas pratique de cette digitalisation en construction est analysé. Cette analyse est faite pour le bureau d'étude (BE) BGS. Le BE est spécialisé en stabilité et techniques spéciales (MEP²) des bâtiments. Ce BE collabore avec les cabinets d'architecture et les entreprises générales de construction pour la réalisation des projets. Le but de cette analyse est d'optimiser cette collaboration en interne puis en externe grâce à l'interface de travail 'CLBIM³'.

Pour y arriver, les pratiques courantes du BE doivent être prises en compte, établir des protocoles de communication interne et externe ensuite, mettre en place des gabarits⁴ d'objets et de projets pour accroître la productivité du BE et faciliter ses collaborations ; enfin, assister les collaborateurs pour la prise en mains des gabarits et des méthodes de travail mises à leur disposition.

Mots-clés : digitalisation, collaboration, stabilité, techniques spéciales, gabarits

1 Cadre du projet et objectifs de la recherche

Le projet est réalisé à la demande d'un bureau d'étude de construction spécialisé en stabilité et techniques spéciales des bâtiments. L'accompagnement technique du projet est assuré par un centre de recherche en Haute École. Ce projet est co-financé sur fonds propres et par des subsides de la Région Wallonne (SPW EER, anciennement DGO6).

L'objectif de cette recherche est de faciliter l'implémentation d'une interface de travail collaboratif : *Collaborative Lifelong Building Information Modeling-CLBIM* de type *Process Lifecycle Management-PLM*, sous la forme d'activités à projet BIM : *Building Informations Management* permettant au bureau d'étude :

- (1) d'optimiser son intervention dans des projets de construction ;
- (2) d'explorer et de proposer des moyens de travail collaboratif du BE avec l'extérieur ;
- (3) de segmenter les différentes phases d'études d'un projet de construction ;
- (4) de regrouper l'intervention des différents acteurs du projet dans une même plateforme afin de garantir une meilleure coordination des processus du projet ;
- (5) de vulgariser cette transition digitale de travail à travers un accompagnement technique des collaborateurs du bureau d'étude.

¹ BIM : Building Information Modeling.

² MEP : du sigle Mécanique – Electricité – Plomberie, c'est l'ensemble des techniques ou métiers destinés à l'étude des flux d'énergie dans le bâtiment encore appelé les techniques spéciales du bâtiment.

³ CLBIM: Collaborative Lifelong Building Information Modeling.

⁴ Un gabarit est un modèle de référence utilisé pour la production en masse d'un objet, c'est également un exemple de projet personnalisé aux besoins de l'entreprise permettant d'accroître sa productivité.

De manière transversale, ce projet centré sur la maquette numérique doit aussi permettre :

- (1) de proposer des formations ciblées et par thématique pour la bonne compréhension des concepts autour de la maquette numérique aux membres du BE ;
- (2) d'initier et/ou animer des groupes de réflexion sur la cohérence des matières et/ou des compétences nécessaires pour l'élaboration des maquettes numériques ;
- (3) de proposer des plans de formations pour l'acquisition des compétences dans des projets BIM.

2 État de l'art du BIM

Dans cette partie, nous commençons par donner l'objectif du BIM pour la construction, le rapprochement que le BIM permet d'établir entre les acteurs des projets de construction, les différentes évolutions du BIM dans les entreprises de construction avec le choix des niveaux de détails et pour finir, les atouts du BIM pour la construction dans ce contexte de digitalisation.

2.1 Définition et importance du BIM pour la construction

La modélisation BIM d'un bâtiment permet d'obtenir une base de données des objets et des éléments de construction. Cette modélisation est la représentation numérique du futur bâtiment, encore appelée la maquette numérique du bâtiment. La maquette numérique renferme aussi d'autres données nécessaires à la construction, l'utilisation, la maintenance et la déconstruction du bâtiment. Le BIM est alors un processus élargi centré sur la maquette numérique. Cette maquette est construite avec tous les acteurs du projet.

Le BIM est également un pont entre l'architecte et l'ingénieur ; ce pont réduit l'écart historique créé entre ces deux acteurs et redonne de la légitimité à l'ingénieur. Le BIM permet à l'ingénieur d'appréhender les conceptions architecturales, de les tester, de les vérifier, de mesurer et évaluer toutes les caractéristiques en phase de conception '*As Design*' afin de valider les concepts élaborés par l'architecte.

La figure montre l'évolution des techniques d'étude dans le bâtiment. La chronologie est représentée de gauche à droite, du dessin sur papier (2D) à la modélisation de la maquette numérique (BIM).

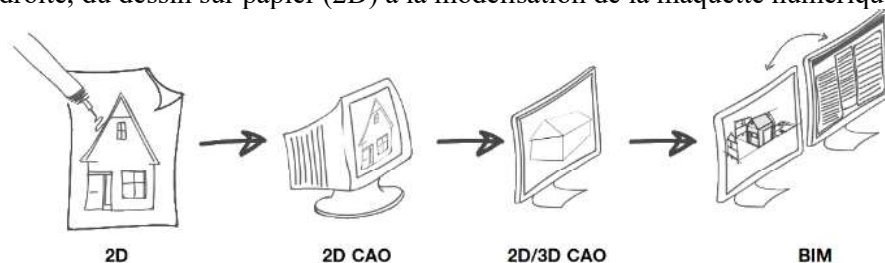


Figure 1. L'évolution des processus de travail en construction (Lemoine, 2014)

2.2 Les différents niveaux du BIM

Le BIM est implémenté par niveaux dans les entreprises de construction (cf. figure 2). Il leur revient donc d'évaluer leur niveau afin de prendre des mesures correctives. On peut ainsi citer :

- (1) Le niveau 0 : point de départ pour tous. Il est marqué par le dessin 2D sur papier ou par la DAO.
- (2) Le niveau 1 : la modélisation des maquettes numériques isolées par secteurs d'activités.
- (3) Le niveau 2 : les maquettes numériques par secteur d'activités sont mutualisées. Elles sont toutes stockées sur un serveur BIM. Ce serveur est accessible à tous les partenaires du projet. Mais ces maquettes mises sur serveur ne sont forcément pas à jour.
- (4) Le niveau 3 : il est actuellement le niveau ultime du BIM. Une maquette centrale est stockée dans un serveur accessible à tous les partenaires du projet. Cette maquette est mise à jour de manière instantanée. À ce niveau, la maquette numérique suit l'évolution du projet à travers son cycle de vie et on peut associer une maquette par phase du cycle de vie.

Les différentes phases que peut prendre la maquette numérique au cours du cycle de vie d'un projet montrent l'importance actuelle de s'investir dans le BIM. Cette pertinence a été mise en évidence par Levan (2016) en ces termes : « le BIM est pour un bâtiment ce que le dossier médical est pour une personne ». Le BIM crée ainsi pour un bâtiment un dossier évolutif qui sert à tous les spécialistes du bâtiment durant la vie du bâtiment.

Niveau 0 dessin 2 D		Niveau 1 : 2D, 2,5D voir 3D		Niveau 2 : Maquette numérique (MN)		Niveau 3 : Maquette numérique (MN)	
0a	0b	1a	1b	2a	2b	3a	3b
Plans papier	Plans DAO	Plans DAO 2D Plans 2,5D	3D isolé (souvent archi uniquement)	Echange de MN dans une seule direction	Echange bidirectionnel non intégré	Partage de MN sur serveur local ou distant Ingénierie intégrée	Plateforme CLOUD = Product Lifecycle Management
Travail isolé				Travail collaboratif			

Figure 2. Phases de développement des projets en construction (Novam, 2019)

2.3 Les niveaux de détails en modélisation

Le niveau de détail permet de définir la qualité de la présentation finale de l'objet après l'avoir dessiné. Cette notion est importante en modélisation BIM. Elle permet de décrire le projet dans ses différentes phases d'études. On distingue quatre niveaux de détails relatifs aux différentes phases d'étude tels que :

- (1) Le niveau 1 ou LOD100 : le concept est mis en évidence par l'esquisse ;
- (2) Le niveau 2 ou LOD200 : le dessin fait ici montre les spécificités du secteur d'activité comme l'architecture, la stabilité, etc. ;
- (3) Le niveau 3 ou LOD300 : le dessin prend en compte les détails de fabrication des objets ;
- (4) Le niveau 4 ou LOD 350 et LOD400 : en plus des détails de fabrication de l'objet, le dessin montre aussi l'implémentation des objets dans les logiciels de dessins ou sur chantier.

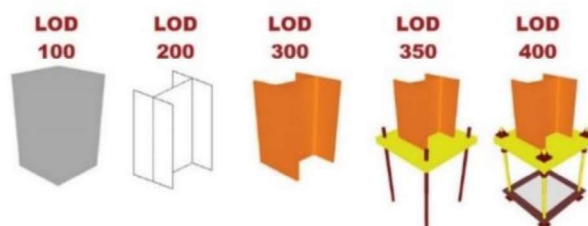


Figure 3. Les niveaux de détail présents dans une maquette BIM (Valente, 2019)

2.4 Les atouts du BIM pour les projets de construction

Le BIM permet d'optimiser les flux technico-économiques dans des projets de constructions. Cela se fait par : l'analyse pour la compréhension, la simulation paramétrique pour l'optimisation et la prévision pour l'anticipation. Grâce au BIM, la place pour l'improvisation ou le temps d'attente pour la validation des objets ou dessins est relativement inexistant. Ceci est dû à la production des documents de fabrication 'Files-to-Factory (F2F)' édités en phase de conception et simulation. Ces documents permettent de préfabriquer des objets en usine avant leur implantation sur chantier.

En plus, le BIM permet de mieux préparer la transition digitale du secteur de la construction. Le passage au digital implique des préalables et comporte des conséquences sur la rentabilité des entreprises. Pour mettre en lumière ces stimulants, prenons les chiffres donnés dans le livre *Le management et*

collaboration BIM (Levan, 2016). Les prévisions qui sont reprises visent la période 2018-2020 et stipulent que :

- (1) 20% de tous les contenus produits par les organisations seront rédigés par des automates (rapports d'activités, dessins techniques, documents administratifs et contenus informatiques) ;
- (2) 6 milliards d'objets connectés exigeront un support important en termes d'infrastructures et de sécurité (maisons connectés, véhicules autonomes, etc.) ;
- (3) 95% des problèmes de sécurité dans le cloud ou serveur seront liés aux malversations humaines ;
- (4) plus de 3 millions de travailleurs dans le monde seront supervisés par des robots ou algorithmes ;
- (5) 50% des entreprises les plus dynamiques exploiteront plus de logiciels intelligents que d'employés humains pour rester compétitives.

Ces prédictions peuvent sembler incroyables pour certains, mais à l'heure de la rédaction de cet article, on peut déjà valider sans risque de se tromper que ces chiffres sont en train de se vérifier.

3 État des lieux des pratiques de travail dans le BE

Nous avons constaté que le BE pratique du BIM de niveau 1 où chaque domaine d'activité du BE réalise sa propre maquette numérique. Le bureau d'étude a constitué au fil des années des modèles de dessins 2D qu'elle exploite dans les études pour augmenter sa productivité. Le BE s'est ainsi doté d'un modèle unique de standardisation interne de ces processus d'étude. Cette standardisation est accentuée chez les anciens collaborateurs au point qu'elle pourrait être un obstacle à ce projet BIM.

Après discussion avec les collaborateurs du BE, nous avons pu nous rendre compte que : les dessins avec les modèles 2D du BE étaient d'une très grande qualité (LOD350) ; la vitesse d'exécution est liée à la taille du projet et pour finir, toutes les vues en plans, les coupes et détails devaient se faire minutieusement. Cette approche nécessite un temps important dans les vérifications des dessins et une coordination chronophage pour s'assurer de la bonne conformité des plans du projet étudié.

Les dessins 3D ou maquettes isolées dans le BE sont réalisés pour les études en techniques spéciales du bâtiment. Dans cet axe, le bureau a investi dans les formations afin de donner à ses collaborateurs les moyens nécessaires pour assurer les études des projets de construction. En plus, un accent particulier est donné dans le choix des projets de fin d'études des candidats bachelier ou master pour l'utilisation des outils de dessin 3D. Mais cette diversité d'études liée aux profils amène une large palette d'outils qui nécessite une standardisation, d'où la nécessité de ce projet autour du BIM.

4 Méthode de travail du BE par rapport au processus BIM

Actuellement, avec les modèles de dessins 2D et les outils de travail en 3D déjà développés, le BE se trouve dans la situation de la Figure 4a. c'est-à-dire qu'il existe entre les collaborateurs du BE un échange constant d'informations lors de l'étude d'un projet. Et par conséquent, la même information peut être recopiée plus de six fois pendant l'étude avec des risques d'erreurs lors de la reproduction. Cette situation est identique à ce que l'on observe dans les BEs au niveau 1 et 2 du BIM.

En revanche, la Figure 4b met en évidence le BIM de niveau 3 qui est développé à l'issue de ce projet. L'objectif est de réduire la reproduction des documents pendant l'étude d'un projet ceci grâce à la centralisation du projet sur un serveur unique qui est adressable par tous les intervenants du projet. Ce BIM de niveau 3 contribue aussi à créer les liens de cohérence entre les différents outils et objets 3D mis en œuvre dans le projet afin de générer automatiquement à partir des modélisations 3D des vues en plan, des vues de détails, etc., pendant l'étude des projets. Ces attributions vont permettre de mettre en place l'interface 'CLBIM' qui est l'objectif final de ce projet.

Pour arriver à l'interface, des préalables sont nécessaires pour franchir le cap du niveau 1 du BIM vers les niveaux 2 et 3 dans le BE. Il s'agit de :

- (1) l'utilisation d'un serveur pour les échanges entre intervenants ;
- (2) la signature d'une convention entre les intervenants pour encadrer les échanges ;
- (3) la désignation d'un responsable chargé de structurer les échanges entre les intervenants ;

(4) les formations pour garantir la bonne transition du niveau 1 du BIM vers les niveaux 2 et 3.

Ces préalables ont un coût sur le projet final, mais ce coût est amorti par l'efficacité gagnée dans les études :

- (1) les gains de temps lors de l'approvisionnement obtenus grâce aux documents de type *Files to Factory* 'F2F' et les plans d'approvisionnement du type *Supply Chain Management* 'SCM' ;
- (2) l'ordonnancement des tâches est facilité par la gestion intégrée des corps de métiers du BE avec l'approche : *Enterprise Resource Planning* ERP ;
- (3) la suppression des erreurs pendant la conception avant la réalisation des projets.

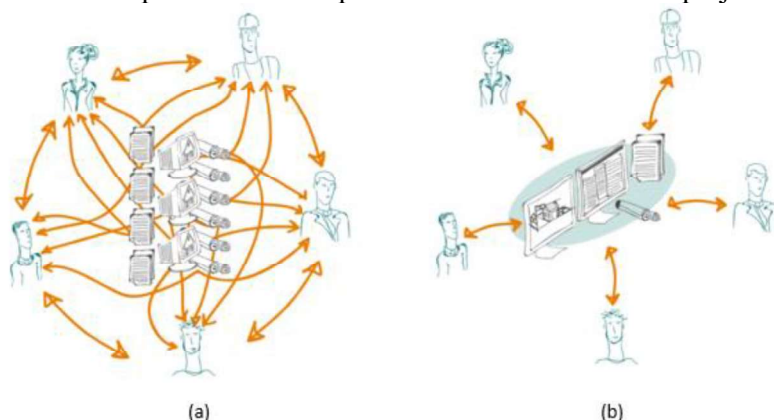


Figure 4. Comparaison entre le processus traditionnel et BIM (Lemoine, 2014)

5 La finalité de l'interface CLBIM

Le BIM de niveau 1 pratiqué par le BE engendre un processus fragmenté à cause des utilisations des maquettes isolées. Il se crée dès lors un besoin de coordination et de collaboration entre les différentes maquettes. C'est ici qu'intervient l'interface CLBIM. Cette interface permet de structurer la communication entre les différentes disciplines du BE et renforce les compétences techniques des collaborateurs. Comme exemples de collaboration et de coordination dans le BE, on peut citer :

- (1) la recherche des conflits ou collisions entre objets pendant la phase de conception 'As-Design'. Cela se fait grâce à la superposition des maquettes numériques. On peut ainsi détecter un éventuel chevauchement entre deux objets, par exemple : une poutre et une gaine de ventilation, une canalisation ou équipement de HVAC dans le dégagement d'une porte, etc. ;
- (2) la superposition des maquettes permet également de localiser avec précision les points de percements des techniques spéciales dans les éléments de la structure ;
- (3) la création automatique des métrés de tous les éléments et objets mis en œuvre pendant l'étude du projet par l'interface CLBIM.

6 Développement de l'interface et formations de prise en mains

Le développement de l'interface pour le BE est découpé en trois axes tels que :

- (1) l'identification : elle permet d'établir l'inventaire détaillé des méthodes de travail du BE. Cette partie est faite dans l'état des lieux des pratiques du BE ;
- (2) la qualification : elle permet de scinder les différents modes de traitement des problèmes. Cette qualification contribue ensuite à élaborer des solutions sous forme de gabarits : un gabarit de stabilité et un gabarit de techniques spéciales ;
- (3) l'écriture des solutions : elle permet de fournir les deux gabarits de travail comportant les cas de figures identifiés et les choix effectués par la qualification pour la résolution des problèmes. Ces gabarits doivent inclure la possibilité d'y faire l'architecture et d'y inviter des entreprises extérieures à travailler simultanément dans le même projet.

Des formations sont données aux collaborateurs du BE afin d'assurer la bonne prise en main de ces gabarits pour ainsi faciliter la transition vers les niveaux 2 et 3 du BIM dans le BE. Ces formations données aux collaborateurs du BE ont pour but de/d' :

- (1) assurer la qualité de travail rendu à la fin de l'étude d'un projet BIM de niveau 2 et 3 ;
- (2) favoriser le changement de mentalités et les habitudes de travail des collaborateurs du BE ;
- (3) stimuler chez les collaborateurs du BE l'intégration d'une vision globale du projet de construction pendant son étude ;
- (4) créer des conditions propices pour l'entraide parmi les collaborateurs du BE.

Malgré tous ces moyens, nous avons relevé des obstacles au déploiement du BIM dans le BE tels que :

- (1) l'hostilité au changement, qui peut s'expliquer par :
 - a. la peur d'une nouvelle formation, surtout lorsqu'elle apporte trop de contraintes ;
 - b. la baisse de la productivité pendant la formation reprise par des "turn-over" ;
 - c. l'absence de statistique sur la performance actuelle de la transition BIM ;
- (2) la définition claire des rôles de chaque intervenant dans la réalisation des projets BIM ;
- (3) les coûts matériels et humains de cette nouvelle forme de travail.

7 Stratégie d'implémentation de l'interface CLBIM

Nous examinons ici la taille du BE et la population de référence choisie pour l'étude, la stratégie de développement au travers du management du BE et de la méthode d'implémentation et enfin le ressenti de cette population de référence et leur comportement face aux changements.

7.1 La taille du BE et la population ciblée par le projet

La partie ingénierie du BE qui est concernée par ce projet compte environ une quinzaine de collaborateurs. Le management du BE est fait par une équipe de six gérants, quatre gérants en stabilité et deux gérants en techniques spéciales. Le pilotage du projet est fait avec deux gérants, un gérant pour le pilotage en stabilité et le deuxième gérant pour les techniques spéciales. La population ciblée par cette étude est constituée en plus des deux gérants de deux collaborateurs en stabilité et trois collaborateurs en techniques spéciales.

7.2 Stratégie pour le développement de l'interface

Le développement de l'interface est fait en deux parties principales en rapport avec les deux gérants associés au pilotage. Les deux équipes formées autour des gérants chargés du pilotage du projet auront pour mission d'alimenter en question et problèmes la base de données de travail, de tester et de valider les objets et les outils produits pendant le développement de l'interface et enfin, de donner leurs observations sur la qualité des livrables. Des réunions d'évaluation et d'état d'avancement sont placées dans ces phases afin de structurer et de coordonner l'avancement du projet.

Au niveau du management, les gérants ont manifesté leur volonté de faire évoluer leur technique de travail, ce qui a contribué à donner un écho positif dans le staff des collaborateurs du BE.

7.3 Le ressenti et comportement des collaborateurs par rapport au projet

Le ressenti au niveau des collaborateurs a évolué durant le développement du projet. Au démarrage, les réponses aux questions et aux problèmes posées par les collaborateurs n'ont pas trouvé une forte adhésion de la part des collaborateurs. Mais avec la simplification des outils et des objets, l'aide à la prise en main de ces livrables, les collaborateurs se sont laissé entraîner dans le projet et sont actuellement des partisans de cette manière de travailler. Comme témoignage de cette évolution, nous assistons de plus en plus dans le BE à l'abandon des schémas de principe 2D au profit des modèles 3D. L'avantage de cette évolution rapportée par les collaborateurs eux-mêmes est la présentation directe en

2D sous tous les points de vue du modèle 3D et la présentation au client des dessins conceptuels qui lui permet de mieux se représenter la construction finie sur chantier en phase d'étude.

Le comportement des collaborateurs face au changement est similaire à leur ressenti. Au démarrage du projet ils ont présenté une hostilité très exacerbée face au changement des méthodes de travail. Mais avec la vision managériale des gérants et la nécessité manifeste de ceux-ci à faire évoluer leurs procédés de travail, les collaborateurs sont eux-mêmes devenus des acteurs du changement.

8 Les collaborations mises en place dans le projet

Nous avons pu développer et tester deux types de collaboration durant le développement de l'interface. Il s'agit de la collaboration en interne (close BIM) et la collaboration en externe (Open BIM). Pour les deux types de collaboration, nous avons établi un protocole d'interopérabilité pour les modèles 3D et un protocole d'importation pour les dessins 2D. Deux exemples concrets de collaboration ont été illustrés dans ce projet au cours de l'implémentation de l'interface CLBIM.

8.1 Collaboration en interne

Dans le cas où l'architecte fait lui-même ses maquettes numériques, les maquettes stabilité et techniques spéciales sont établies en superposant en arrière-plan la maquette architecturale. Le protocole d'interopérabilité est exploité dans le BE pour extraire et contrôler les données contenues dans la maquette architecturale. À la fin du protocole d'interopérabilité, une nouvelle maquette architecturale mise en lien avec les deux maquettes établies par le BE est renvoyée à l'architecte pour le contrôle et le suivi des mises à jour. Cette manière de travailler correspond au BIM de niveau 1 ou sur maquettes numériques isolées entre le BE et le cabinet d'architecture. Les inconvénients résident alors dans : le suivi des correspondances ; la recherche des collusions ; les défauts d'interopérabilité et la reproduction partielle ou totale de la maquette architecturale. En revanche, dans le BE, avec le serveur local accessible pour tous les collaborateurs du BE, nous atteignons le BIM de niveau 2. Mais, à ce stade, chaque collaborateur ne publie sur le serveur que ce dont il a envie depuis son poste individuel.

Si nous obtenons de l'architecte uniquement des plans 2D du projet, alors, une maquette architecturale est établie dans le BE. En appliquant le protocole d'interopérabilité, les maquettes de stabilité et des techniques spéciales sont établies. Le suivi des mises à jour est fait sur base des plans 2D venant de chez l'architecte.

8.2 Collaboration en externe

Quelle que soit la provenance de la maquette architecturale, une copie est enregistrée sur le serveur BIM comme un fichier central. Cette maquette est abritée dans l'interface développée dans ce projet. Chaque collaborateur en fonction de son secteur d'activité, ainsi que les entreprises externes (cabinet d'architecture et entreprise de construction générale), sont invités à enregistrer un fichier local pour leur étude. Les études sous fichiers locaux sont simultanément mises à jour dans la maquette centrale et toutes les collaborateurs affectés à l'étude sont au courant en temps réel de l'avancement. Le BE est ainsi propulsé au niveau 3 du BIM ou niveau ultime du BIM.

Dans l'arborescence du projet, des rubriques ont été prévu pour inviter ces entreprises externes afin de circonscrire leurs actions et d'éviter des conflits lors de l'étude du projet.

8.3 Les résultats obtenus grâce à l'interface CLBIM

Les figure 5 à 8 sont représentatives du type de résultats actuellement développés dans le BE par des collaborateurs. Cette précision est faite afin de montrer le chemin parcouru. Les collaborateurs sont actuellement capables de/d' :

- (1) modeler eux-mêmes leurs maquettes numériques architecturales à partir des plans 2D venant de chez l'architecte (cf. Figures 5 et 7) ;

- (2) exploiter un protocole d'extraction et/ou d'interopérabilité entre leur maquette et celles venant de chez l'architecte ;
- (3) établir eux-mêmes leur maquette numérique en stabilité et en techniques spéciales ;
- (4) modéliser pour la stabilité, les assemblages métalliques, les éléments de structure en BA ;
- (5) modéliser pour les techniques spéciales, les gaines techniques, les locaux techniques, les tracés de gaines de ventilation et les canalisations de chauffage et de plomberie sanitaire ;
- (6) générer automatiquement les plans 2D pour exécution à partir des modèles 3D ;
- (7) générer automatiquement les métrés de tous les objets modélisés dans leur maquette ;
- (8) suivre l'évolution des mises à jour venant de chez l'architecte ;
- (9) coordonner les études entre les disciplines afin d'établir les plans de percement des canalisations et gaines dans les éléments de structures ;
- (10) définir les différentes phases de l'étude du projet et d'éditer la documentation relative au projet.

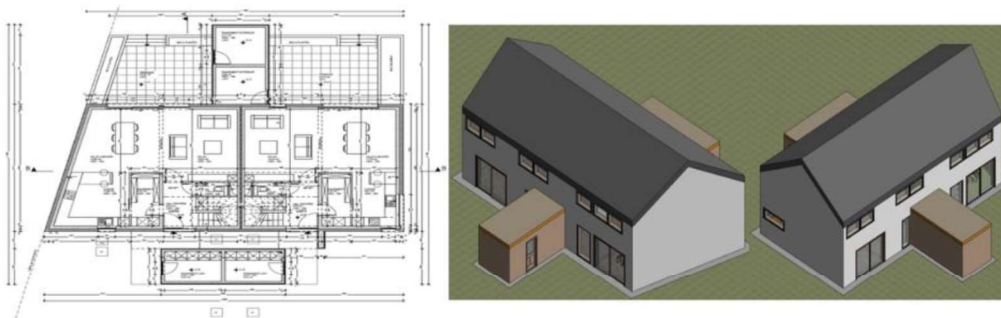


Figure 5. Modélisation architecturale à partir des plans 2D

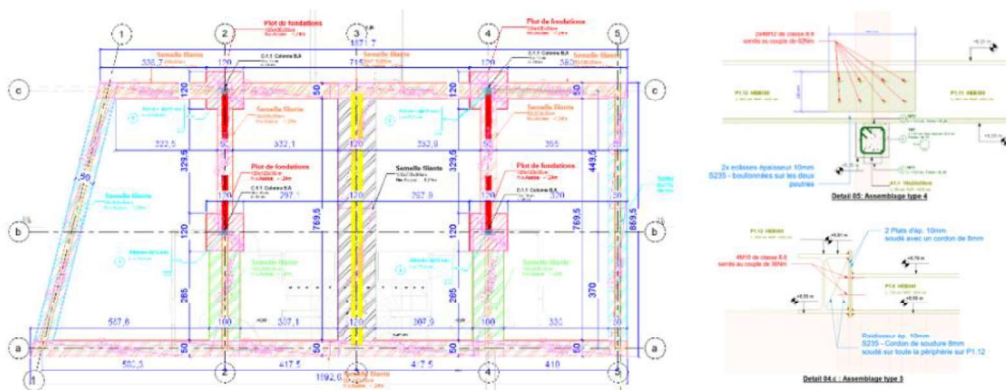


Figure 6. Plans et détails de stabilité générés de la maquette numérique

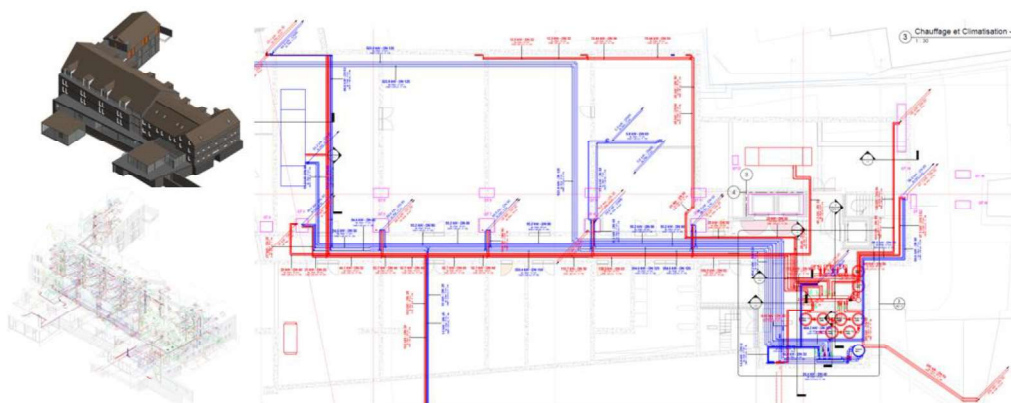


Figure 7. Maquette architecturale et de techniques spéciales

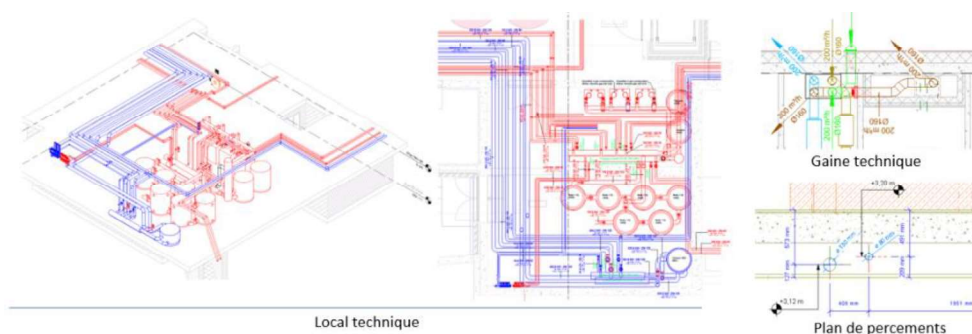


Figure 8. Local et gaine technique et plan de percements inter-disciplines

9 Conclusion

Cette étude porte sur la transition digitale dans les métiers de la construction des bâtiments. Le but principal de l'étude est la fusion des interventions du BE dans une interface CLBIM. Durant l'étude, l'analyse de l'évolution des méthodes de travail au travers du BIM a été réalisée et a mis en évidence l'importance de celle-ci pour la construction. À la suite de cette analyse, une interface de travail en rapport avec le BIM a été développée. Cette interface doit regrouper en un seul lieu et de manière simultanée l'intervention du BE et celui de ces partenaires. Des aides pour la prise en main des outils, des protocoles et de l'interface ont été faites auprès des collaborateurs. Ces aides ont permis de développer durant ce projet deux modes de collaboration dans un projet de construction.

Des résultats qualitatifs ont été enregistrés durant ce projet : un changement de mentalité de la part des collaborateurs associés à l'étude ; une prise en main progressive des concepts mis à leur disposition ; et enfin, la modélisation et la gestion des projets de A à Z.

En revanche, pendant l'étude, des résistances au développement du projet ont été observées. Ces résistances se justifient par la peur du changement de la part des collaborateurs, de la complexité des logiciels de travail qui augmente des contraintes lors de la modélisation 3D des projets de construction. Ces résistances ont été surmontées grâce à l'implication des gérants du BE qui ont incité les collaborateurs au changement. Enfin, l'adaptation de l'étude aux pratiques courantes du BE a fédéré les collaborateurs autour du projet de développement de l'interface CLBIM.

Pour terminer cette étude sur une note positive, nous devons retenir que le développement du BIM a pour vocation de créer des leaders. Dans un projet impliquant plusieurs acteurs, c'est le leader ou le plus habile qui dicte les règles. En termes d'efficacité, les projets traités par la méthode BIM permettent de réduire la quantité de papier d'impression ; d'optimiser les échanges par courriels entre intervenants ; de supprimer le temps dédié à la reproduction lorsqu'on travaille sur des maquettes isolées ; de gagner du temps lors de la coordination des projets et la recherche des erreurs ; et enfin d'anticiper sur l'approvisionnement sur chantier par la production de la documentation en phase d'étude.

Remerciements

Cette étude est soutenue à 25% par des fonds propres du bureau d'étude BGS et à 75% par les subsides de la Région Wallonne sous la convention ST 1820075 – BGS. Les auteurs de l'étude sont des enseignants-chercheurs de la Haute École de Namur-Liège-Luxembourg (Henallux) du département Ingénieur Industriel de Pierrard à Virton. Nous remercions les relecteurs pour leurs commentaires constructifs qui ont permis d'améliorer le manuscrit original de cet article.

Références bibliographiques

Levan, S. K. (2016). *Management et collaboration BIM*. Paris : Eyrolles.

Novam (25/03/2019). *Le BIM expliqué en 4 points*. Issu de: <https://blog.novam-ingenierie.com/le-bim-explique-en-4-points/> (consulté le 22/09/2020).