Développement des échanges de fichiers
entre deux acteurs de la construction

stage en agence d'architecture

Mémoire de Master Design Global
Spécialité Architecture Modélisation et Environnement.

Marc RIBEREAU-GAYON
Sous la direction de : Mohamed Anis Gallas, Damien Hanser, Olivier Malcurat.
Soutenu le 23 Septembre 2015.

Développement des échanges de fichiers
entre deux acteurs de la construction

stage en agence d'architecture

Mémoire de Master Design Global
Spécialité Architecture Modélisation et Environnement.

Marc RIBEREAU-GAYON
Sous la direction de : Mohamed Anis Gallas, Damien Hanser, Olivier Malcurat.
Soutenu le 23 Septembre 2015.

UMR 3495 MAP CRAI
ARCHITECTURE NANCY
UNIVERSITÉ DE LORRAINE

Remerciements

Merci à Elodie, ma coéquipière pour ce stage (et pour à peu près tous les travaux en groupe depuis deux ans), d'avoir supporté de travailler avec moi tout ce temps.

Un merci tout particulier à Julien MADDALON et Maryline PIQUEMIL pour l'accueil qu'ils m'ont offert au sein de leur atelier d'architecture, pour la confiance qu'ils m'ont accordé lors des différentes missions que j'ai réalisées et pour l'ensemble de ce qu'ils m'ont appris au travers d'échanges et de visites de chantiers.

Merci à Pierre MADDALON, notre interlocuteur au sein de l'entrprise de charpente, pour l'intérêt qu'il a porté à nos travaux et le temps qu'il nous a consacré.

Merci à l'ensemble de l'équipe du CRAI. Damien HANSER, pour nous avoir offert l'opportunité de travailler sur une thématique d'actualité en partenariat avec des acteurs sur le terrain, et encadré tout au long du stage avec Olivier MALCURAT et Anis GALLAS.

Table des matières

I. Introduction 1

Contexte du stage 1

Le BIM 1

Définition 1

Le BIM pour des petits projets ? 2

Le BIM dans les petites agences ? 3

To BIM or not to BIM ? Critiques et limites 4

II. Objectifs et méthodes 7

Contexte 7

Atelier MPA 7

MADDALON Frères 8

Objectifs de l'agence 9

Eléments favorables / verrous existants 9

Un modèle, deux enjeux 10

Des méthodes à transformer 10

Méthode proposée 10

Une méthodologie existante comme support 10

Le projet référence 11

Partie individuelle : continuité graphique 12

Partie commune : échanges au standard IFC (entre ArchiCAD et Cadwork) 12

III. Résultats des expérimentations 16

Les bonnes pratiques (partie individuelle) 16

Les différents essais/tests 16

Précisions sur des points particuliers 19

Echanges IFC (partie commune) 20

Présentations des résultats des expérimentations (d'ArchiCad vers Cadwork) 20

Le retour d'informations (de Cadwork vers ArchiCad) 23

L'influence de la modélisation (enjeux conflictuels) 24

IV. Limites de l'expérience et conclusion 25

Contexte difficile 25

Nécessité de production de l'agence 25

Des délais courts 25
Un cas très spécifique 25
Un processus complexe 25
Une mise en place par étapes 26
En conclusion 26
V. Complément sur les missions effectuées 27
Relevé et esquisse 27
Permis de construire 28
Phase PROJET 30
Bilan de l'expérience 31
Notes de Références 32
ANNEXES 33

I. Introduction

Contexte du stage

Ce rapport de stage/mémoire et les problématiques qu'il développe s'inscrivent d'une part dans la continuité de la formation du master spécialisé AME (Architecture Modélisation Environnement), suivi en parallèle du master Architecture traditionnel, et d'autre part dans le cadre d'un partenariat entre le laboratoire scientifique MAP-CRAI (Centre de Recherche en Architecture et Ingénierie), rattaché à l'école d'architecture de Nancy, et deux entreprises du secteur du bâtiment. Ces deux structures sont une agence d'architecture et une entreprise de charpente qui souhaitent améliorer leur collaboration en phases études d'un projet, ce qui passe notamment par une optimisation du processus d'échange de fichiers informatiques.

Les échanges actuels (plans papiers, fichiers DWG, …) entre les deux structures ont fait ressortir un certain nombre d'éléments mettant en évidence les limites de ce type de méthodes de travail, renforçant la nécessité d'améliorer le processus.

La situation a présenté l'opportunité de mettre en place d'un double stage pour réfléchir sur le sujet : d'une part celui effectué par Elodie HOCHSCHEID, qui porte sur un axe plutôt théorique et qui s'est déroulé au CRAI, et d'autre part celui que j'ai effectué au sein de l'agence d'architecture, axé plutôt sur le côté pratique de l'expérience. Cette configuration est pertinente au vu de la richesse du sujet et du temps imparti pour le traiter. Les notions théoriques utilisées dans ce rapport sont développées dans le mémoire d'Elodie HOCHSCHEID et ne sont donc pas systématiquement redéfinies ici.

Les travaux développés durant ce stage sont définis par le cadre suivant : des échanges au standard IFC entre ArchiCAD (logiciel utilisé par les architectes) et Cadwork (logiciel utilisé par les charpentiers). Ce nouveau mode d'échange entre les deux partenaires implique une adaptation des méthodes de travail en place , tout en conservant un impact minimum sur le fonctionnement de l'agence d'architecture, en particulier au niveau de la production graphique. Ces travaux s'inscrivent de manière plus globale dans le mouvement de transformation numérique du secteur du bâtiment, notamment au travers de la notion de BIM.

Le BIM

Définition

Le BIM (pour Building Information Modelling) repose sur une méthode de travail collaborative regroupant les différents acteurs du bâtiment autour d'une maquette numérique. Dans ce type de processus de conception, chaque acteur du projet a accès aux informations nécessaires à sa partie de l'ouvrage et peut en retour l'enrichir. Cette maquette numérique, initiée le plus souvent par l'architecte, est actualisée tout au long de la construction de l'ouvrage et permet de gérer son cycle de vie[1]. C'est également un travail qui ne se base plus seulement sur une représentation constituée de trait, mais qui utilise des objets, c'est-à-dire des entités possédant un certain nombre d'informations sémantiques en plus de leurs représentations graphiques.

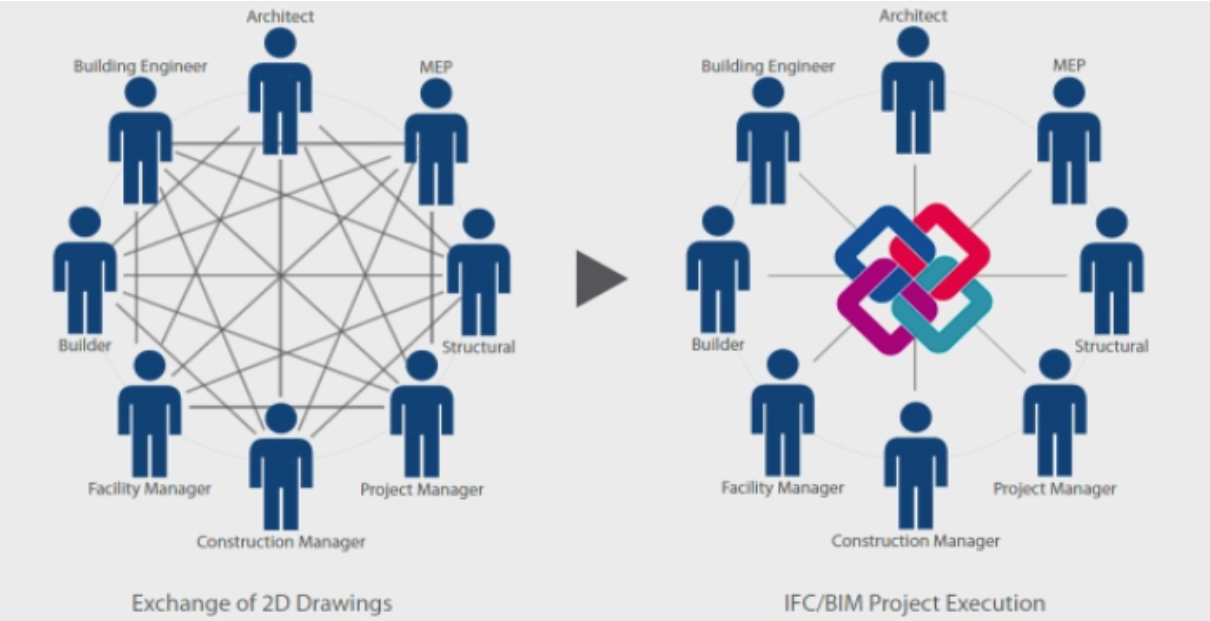


Fig 1 - représentation des échanges de fichiers classiques / utilisant les méthodes BIM (©Médiaconstruct)

Les échanges BIM se basent sur le standard IFC (Industry Foundation Classes), un format orienté objets assurant l'interopérabilité entre les différents logiciels métiers.

Ces nouvelles méthodes de travail se développent progressivement dans le paysage de la construction en France et sont vouées à transformer radicalement la pratique de l'architecture et les habitudes établies[2].

Le BIM pour des petits projets ?

Un des freins majeur dans le développement du BIM au sein des agences d'architecture est le temps d'adaptation nécessaire à la maitrise des nouveaux outils de conception. C'est pourquoi actuellement, seuls des projets publics de taille importante sont conçus et réalisés avec les méthodes BIM, par des structures ayant les moyens humains et financiers de les mettre en place.

---

[1] DELCAMBRE, Bertrand. *Rapport Mission Numérique Bâtiment*. [S. l.] : [s. n.], décembre 2014

[2] *Dossier « Le BIM est-il l'avenir de l'architecture ? »*. In AMC-Archi [en ligne], Mars 2015. (https://www.amc-archi.com/article/le-bim-est-il-l-avenir-de-l-architecture,1534), consulté en juillet 2015

Cependant, selon Simon GOUESNARD[3], économiste de la construction et technicien BIM, le BIM est également pertinent pour la réalisation de petits ouvrages. En effet, tous les aspects du BIM ne sont pas forcément à intégrer simultanément. Ainsi, des bénéfices se traduisant par des gains de temps et de fiabilité peuvent apparaître rapidement par l'exploitation d'une ou plusieurs parties des méthodes BIM. Par exemple, la visualisation des coupes, façades et plans mis à jour automatiquement au cours de l'évolution du projet est une première étape. De même, la réalisation de plannings ou de descriptifs/quantitatifs synchronisés à l'évolution de la construction permet des gains significatifs tout en limitant le risque d'erreurs.

L'utilisation du BIM pour de petits ouvrages trouve également une légitimité quand on considère que ces projets ont les mêmes bases que les projets plus importants : ils nécessitent des plans ayant besoin du même type de données, ont des contraintes énergétiques ou acoustiques, etc … Ce travail collaboratif autour d'une maquette numérique a pu être expérimenté sur un projet d'immeuble de 10 logements à Dinan (dépt 22). Les BE ont intégré la démarche BIM dès la conception, malgré la maitrise inégale des outils par les différents acteurs. Dans ce cas précis, la modélisation a permis de détecter les anomalies par collision de modèles 3D, faisant ressortir les imperfections de manière évidente et permettant d'agir en amont.

Le BIM dans les petites agences ?

Si les grands groupes du BTP, bureaux d'études et agences d'architectures sont des pratiquants convaincus du BIM et considèrent qu'ils ne peuvent plus revenir en arrière, qu'en est-il du développement des méthodes BIM au sein des petites agences, puisque les établissements de 1 à 4 salariés représentent plus de 74% de l'ensemble des structures[4].

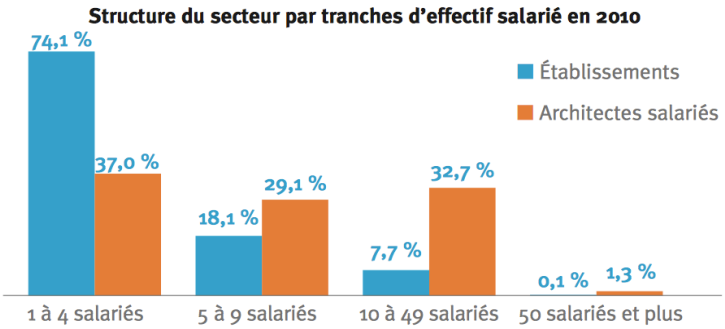


Fig 2 - Effectifs des établissements d'architecture (© Ordre des architectes) - Source : Pôle Emploi

[3] GOUESNARD, Simon. *« Le BIM, pertinent aussi pour les petits ouvrages ».* In Mediaconstruct [article en ligne], 18 Décembre 2014. (http://www.mediaconstruct.fr/sinformer/le-blog-du-bim/post/4452/le-bim-pertinent-aussi-pour-les-petits-ouvrages-dinan-22), consulté en juillet 2015.

[4] Archigraphie : chiffres et cartes de la profession d'architectes (2015). In Ordre des Architectes, site internet de l'ordre des architectes [publication en ligne]. (http://tools.architectes.org/INFODOC/ArchiGraphie-light.pdf), consulté en juillet 2015, pp 48.

Le BIM et ses applications étant un des sujets les plus débattus actuellement dans le secteur du bâtiment, la majorité des petites agences sont sensibilisées à ces thématiques. Un certain nombre d'entre elles pratique le BIM au niveau 1, en ayant recours à la modélisation en 3D mais sans échanges avec les partenaires. Moins nombreuses sont celles qui ont déjà cherché à mettre en place un processus de projet collaboratif de type BIM niveau 2.

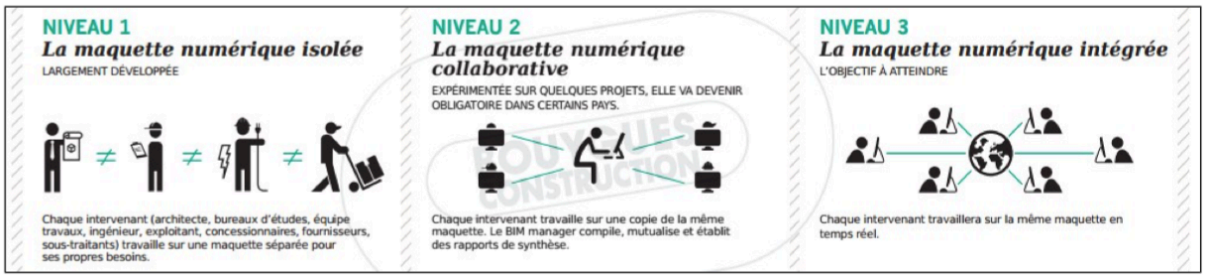


Fig 3 - Les niveaux de maturité BIM - Source : ministère du logement et de l'égalité des territoires

Cependant, une étude internationale[5] publiée en février 2014 montre qu'un certain nombre de bénéfices liés à l'utilisation du BIM pourrait accélérer son développement. Les trois critères cités le plus souvent sont la réduction des erreurs et des oublis, la collaboration avec les partenaires de projet et l'amélioration de l'image de l'organisation des structures.

Toujours selon cette étude, 97% des répondants français utilisant le BIM déclarent un retour sur investissement positif et 43% accordent une haute ou très haute importance aux investissements dans les différents aspects du BIM pour les prochaines années. Même si cette étude a été réalisée auprès de structures importantes dans le milieu du bâtiment, ces chiffres montrent un intérêt croissant de la part de tous les acteurs du projet, y compris des petites agences d'architecture.

To BIM or not to BIM ? Critiques et limites

Le BIM étant un sujet d'actualité, il convient de dresser un inventaire de ses atouts et de ses limites quand à son impact sur les pratiques des architectes. Pour ce faire, un article publié par Séverin SCHAEFER, architecte et BIM Manager, évoque les réactions qu'il a entendues lorsque l'agence pour laquelle il travaille a adopté les méthodes BIM. Cet article[6] fait partie d'un dossier sur le sujet proposé par le site internet du

[5] McGraw Hill Construction. *SmartMaket Report « The business value of BIM for construction in major global markets »*, 2014. In Mediaconstruct [publication en ligne]. (http://www.mediaconstruct.fr/Portals/0/Fichiers/Informations/Actualites/Report_on_Value_of_BIM.pdf), consulté en juillet 2015, pp 4, 5, 19, 28.

[6] SCHAEFFER, Séverin. « To BIM or not to BIM, that is the question … ». In AMC-Archi [article en ligne], 01 juillet 2015. (https://www.amc-archi.com/article/to-bim-or-not-to-bim-that-is-the-question-par-severin-schaefer-architecte-et-bim-manager,2058), consulté en juillet 2015.

magazine AMC. Les réponses sont regroupées en trois catégories intitulées : 1/ Non le BIM n'est pas l'avenir de l'architecture ; 2/ Oui le BIM est l'avenir de l'architecture ; 3/ Hélas, le BIM est l'avenir de l'architecture.

1/ Non, le BIM n'est pas l'avenir de l'architecture

- Le BIM n'est qu'un simple moyen de représentation pour celui qui l'aborderait en tant qu'outil informatique.
- Les outils BIM manquent de souplesse : en effet passer du dessin 2D à une modélisation 3D demande un important travail pour la gestion des familles d'objets.
- Les logiciels standardisent la production architecturale : le paramétrages des objets 3D peut être assez complexe et ne pas maitriser cet aspect condamne l'architecte à n'utiliser que les objets prédéfinis dans les bibliothèques.
- Les logiciels brident la créativité : les formes parallélépipédiques seraient privilégiées car plus simples à modéliser. Les formes organiques seraient plus difficiles à créer et demandent une certaine expertise.
- La maquette numérique suppose souvent un niveau de détail élevé dès la conception.

2/ Oui, le BIM est l'avenir de l'architecture

- Le BIM, c'est dessiner en 3D, ce qui constitue une modification en profondeur de la pratique du projet architectural.
- La maquette numérique constitue un support de communication, notamment grâce aux vues 3D pour les intervenant ayant du mal à lire les espaces en plan.
- Le BIM redonne à l'architecte son rôle de bâtisseur : il organise des objets virtuels ayant un comportement similaire à la réalité.
- Le BIM garantie la cohésion des documents et accroit la réactivité : tous les documents sont issus directement de la maquette numérique et sont mis à jour automatiquement avec l'évolution de celle-ci.
- Le BIM intègre divers outils d'analyse, que ce soit pour la thermique ou l'analyse de l'éclairage d'un ouvrage.

3/ Hélas, le BIM est l'avenir de l'architecture

- Le passage au BIM a un coût et implique de s'équiper des licences de logiciels de conception BIM et de postes informatiques adaptés.
- Le passage au BIM nécessite une transformation des pratiques et un temps de prise en main qui rendra les premiers projets nécessairement plus longs.
- Les logiciels BIM sont complexes et il est nécessaire de comprendre les interactions entre les données et les objets afin de pouvoir exploiter la maquette numérique au mieux.
- Les outils BIM demandent une grande rigueur : les modifications sur le modèle 3D se répercutent sur tous les documents, les erreurs également. De plus, le choix des familles et la gestion des paramètres seront cruciaux pour assurer l'interopérabilité, notamment grâce au standard IFC.

- Le BIM est un passage obligatoire mais forcé pour la commande publique avec la politique de l'Etat forçant les architectes à passer au BIM.
- La démarche BIM n'est pas valorisée financièrement et pose la question de la répartition des honoraires pour correspondre au surinvestissement de moyens en début de projet.

Ce panel de réactions montre l'importance de la mise en place d'une stratégie pour préparer au mieux le passage au BIM. Cette démarche est un investissement humain et financier important et nécessite donc d'être anticipée et valorisée. Ceci passe notamment par le choix d'un logiciel, l'adaptation du parc informatique, l'adaptation des pratiques et l'assimilation de la collaboration et des échanges avec les autres intervenants.

II. Objectifs et méthodes

Contexte

Pour introduire les objectifs des deux partenaires et les méthodes mises en place, il paraît important de décrire les différents contextes dans lesquels se déroule cette expérimentation. La notion de contexte découle de l'approche orientée usage[7] (liée aux pratiques collaboratives orientées modèle) et décrit un ensemble de tâches définissant l'usage. Ces éléments contextuels sont classés et regroupés dans un tableau issu d'un article de S. Kubicki et G. Halin[8] résumant les différents contextes décrits dans les travaux de L. Constantine et L. Lockwood. Chacune des entreprises partenaire sera décrite suivant les critères de ce tableau.

CONTEXTE UTILISATEUR	Préférences, habitudes, compétences
CONTEXTE MATERIEL	Type d'équipement, dispositif d'interaction
CONTEXTE TEMPOREL	Fréquence, synchronisation
CONTEXTE DE LOCALISATION	Lieu, environnement, coprésence

Atelier MPA

Contexte utilisateur

L'atelier Maddalon Piquemil Architecture (MPA) est composé de deux architectes. Régulièrement, ils embauchent un stagiaire pour les aider, essentiellement dans les missions de dessin. L'atelier travaille actuellement sur des projets de maisons individuelles et accorde une grande importance à l'aspect environnemental des projets. Les deux architectes possèdent des compétences équivalentes en CAO et en suivi de chantiers. Lors d'une mission complète, les choix de conceptions sont validés de manière commune, avec des échanges réguliers. Puis, c'est l'un ou l'autre qui suivra la réalisation du chantier, mais toujours en conservant des échanges réguliers de manière à rester informé de l'avancement des différents projets.

---

[7] CONSTANTINE, Larry et LOCKWOOD, Lucy. *Software focuse : a practical guide to the models on methodes of usage centered-design.* Boston, MA : Addison Wesley, 1999.

[8] SÉMINAIRE DE CONCEPTION ARCHITECTURALE NUMÉRIQUE, KUBICKI, Sylvain, HALIN, Gilles, et al. (dir.). *Interaction(s) des maquettes numériques: actes du 6ème Séminaire de conception architecturale numérique, [Luxembourg, 18-20 juin 2014]*. Nancy : PUN-Éd. universitaires de Lorraine, 2014, p. 65-67.

Contexte matériel

Concernant l'équipement matériel, l'agence dispose de plusieurs postes informatiques équipés d'AutoCad et de deux licences ArchiCad. Les architectes ont travaillé pendant plusieurs années avec AutoCad et ont récemment – fin 2014 – décidé de basculer vers un logiciel « BIM ». Ils ont suivi une formation afin d'avoir une première maitrise de l'outil. Actuellement – été 2015 – ils sont en pleine transition entre l'achèvement des derniers chantiers de projets dessinés sous AutoCad et le début des premiers chantiers de projets modélisés avec ArchiCad. Un travail visant à implanter la charte graphique dans le nouvel outil a été commencé par un étudiant ayant travaillé à l'agence et est toujours en cours.

Contexte temporel

Le travail à l'agence s'effectue en partie de manière synchronisée, c'est-à-dire que lors du démarrage de la phase étude d'un projet, les architectes se réunissent et définissent ensemble les grandes orientations architecturales. Lorsque le projet est en phase avancée, notamment pour le chantier, le travail est décomposé et chacun s'occupe de l'un ou l'autre des projets. Concernant le travail de dessin, il se fait de manière asynchrone, puisque les tâches se font de manière successive et non pas simultanée.

Contexte de localisation

L'agence est située à St-Max (dept 54), en milieu urbain. Le bâtiment est une « vitrine » pour les architectes car elle constitue un de leurs projets. Les moments de coprésence à l'agence sont relativement rares, avec les nombreux rendez-vous, réunions de chantiers, formations, journées à l'ordre des architectes, etc …

MADDALON Frères

Contexte utilisateur

L'entreprise Maddalon Frères est une entreprise de charpente / couverture / murs ossature bois composée d'une cinquantaine de personnes. L'entreprise travaille aussi bien sur des projets de maisons individuelles que des projets d'équipements publics. Elle dispose d'un bureau d'études et d'un atelier de fabrication. Lorsque l'entreprise travaille avec l'atelier MPA, le bureau d'études valide les choix structurels puis dessine et dimensionne l'enveloppe des différentes parties du projet (murs, toitures, etc …). Le chef d'atelier dessine ensuite l'ensemble des pièces constituantes (montants, chevrons, pièces d'assemblage, etc …) avant de lancer la fabrication.

Contexte matériel

Le bureau d'études de l'entreprise dispose de plusieurs postes informatiques équipés du logiciel métier Cadwork (2D et 3D), spécifique à la construction bois. Les ingénieurs travaillent depuis un certain temps avec ce logiciel et possèdent donc une bonne maitrise de l'outil. Les logiciels des architectes et des charpentiers ne pouvant pas directement interagir, les échanges actuels se font avec des documents 2D types DWG/DXF et des plans papiers.

Contexte temporel

Il n'y a pas de synchronisation du travail. En effet, c'est une succession de tâches qui permet de passer du modèle informatique initial, au modèle détaillé puis à la fabrication. Chaque personne au sein de l'entreprise a son rôle bien défini. Généralement, l'entreprise de charpente est consultée au moment de la phase DCE (Dossier de Consultation des Entreprises). Dans certains cas, l'entreprise est sollicitée plus tôt, au moment de la phase PRO (Projet) afin de définir en amont les détails de réalisations techniques.

Contexte de localisation

Les locaux de l'entreprise sont situés en périphérie de Vandières (dept 54), en milieu rural. Les deux entreprises sont situées à environ 40 kilomètres l'une de l'autre. Les moments de coprésence sont majoritairement les réunions de chantiers.

Objectifs de l'agence

Les enjeux de ce double stage ne se limitent pas à mettre en place un processus d'échanges de fichiers entre deux logiciels. De mon côté, en plus des diverses missions que j'ai traitées pour l'agence, mon rôle au sein de la structure a également été d'accompagner la transition vers les projets modélisés avec ArchiCad, en essayant de déterminer les méthodes et en mettant en plaque les bonnes pratiques de dessin.

Eléments favorables / verrous existants

Un certain nombre d'éléments ont rendu propice la mise en place de cette expérimentation. La demande provenant des architectes est alimentée d'une part par la prise de conscience des bénéfices qu'apporte un changement de méthode de modélisation du projet, et d'autre part par une erreur des charpentiers sur un chantier (décrite plus en détail ultérieurement).

Cependant, plusieurs verrous sont présents au moment de la mise en place de l'expérience. La difficulté principale est le temps nécessaire à la prise en main du logiciel, temps dont ne dispose pas l'agence d'architecture. De plus, les objectifs et méthodes de chacune des entreprises partenaires sont spécifiques et parfois divergents. Tous ces critères sont regroupés dans la figure 4.

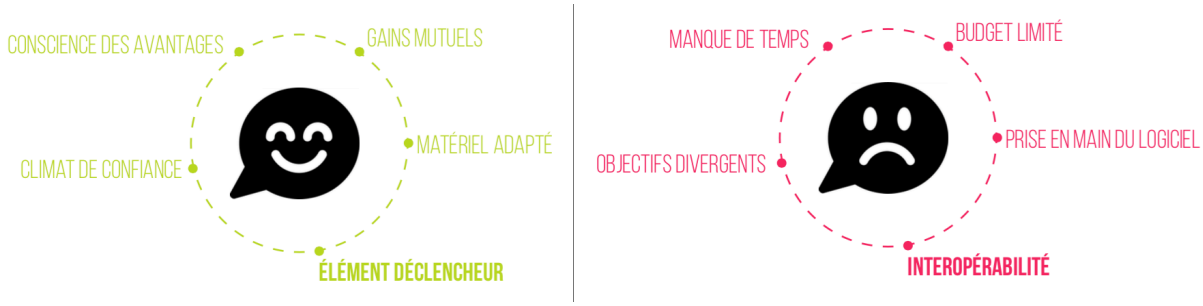


Fig 4 - Illustration des éléments favorable / verrous existants (© Elodie HOCHSCHEID)

Un modèle, deux enjeux

L'ensemble des recherches s'est fait sur un projet référence modélisé en 3D. Cette maquette numérique doit servir deux types objectifs. D'une part, elle doit répondre aux objectifs internes de l'agence, c'est à dire respecter les codes de production graphique de l'agence. C'est également faire bénéficier la structure des gains de temps et de fiabilité engendrés par ce nouveau processus de modélisation. D'autre part, elle doit également répondre à des objectifs de collaboration puisqu'elle a pour but d'être échangée, utilisée et enrichie par un partenaire de projet. Nous verrons un peu plus tard que ces deux types d'enjeux sont difficilement conciliables et qu'il est nécessaire de les adapter pour répondre aux mieux à chacun d'entre eux. Il faut également préciser que pour impacter le moins possible la production graphique de l'agence, c'est les objectifs internes qui nous paraissent prioritaires.

Des méthodes à transformer

Un changement dans le processus de modélisation de projet implique également une évolution des méthodes de travail afin que ce changement soit efficace. Le dessin demande une rigueur particulière puisque par exemple, une erreur sur le modèle 3D se répercutera sur tous les documents qui en découlent. De même, il existe plusieurs manières de modéliser un même ensemble d'éléments : il faut donc faire attention à bien utiliser les bons outils en ayant à l'esprit que le travail pourra être repris et poursuivi par une autre personne. Il est également important de ne pas modéliser tout immédiatement puisqu'il est très facile de rentrer dès le début du projet dans des détails souvent inutiles à ce stade d'avancement. Tout ceci demande un apprentissage qui passe par une pratique régulière et une définition claire des objectifs à atteindre à chaque phase du projet.

Méthode proposée

Une méthodologie existante comme support

Un travail mené par l'Université de Pennsylvanie[9], intitulé « Project Execution Planning Guide », nous servira de support pour l'expérimentation que nous allons mener. Cette méthodologie, initiée en 2010, fournit une procédure structurée pour créer et exécuter un « plan d'exécution de projet BIM » et se décompose en quatre phases :

- Identifier les objectifs et les utilisations potentielles du BIM
- Créer un processus d'exécution adapté
- Définir le type de données à échanger pour chaque transfert faisant partie du processus
- Définir les conditions requises pour la mise en place du processus décrit

[9] COMPUTER INTEGRATED CONSTRUCTION RESEARCH PROGRAM. *BIM Project Execution Planning Guide – Version 2.0.* University Park, PA, USA : The Pennsylvania State University, juillet 2010.

Cette méthode est très détaillée mais reste générale et ne prend pas en compte le fait que chaque projet possède ses besoins propres et nécessite donc une maquette numérique adaptée à sa nature. De plus, cette méthodologie se base sur des objectifs fixés sans tenir compte de la situation préexistante dans la structure dans laquelle elle est mise en place, notamment concernant les pratiques CAO des acteurs.

Or il nous semble que l'un des enjeux principaux du BIM aujourd'hui est la manière dont s'opère la transition entre la situation actuelle et la situation envisagée. Il est donc primordial de réaliser une étude des pratiques existantes afin d'adapter la méthodologie au contexte spécifique de chaque application.

Cette étude des pratiques existantes constitue la première phase de la méthodologie que nous proposons. Nous reprenons ensuite les étapes du processus développé en Pennsylvanie. Tout ceci, et en particulier les étapes développées en priorité pour notre expérimentation, est décrit de manière détaillée dans le mémoire d'Elodie HOCHSCHEID.

Le projet référence

Le projet référence, support de notre expérimentation, est un projet de maison individuelle, dessiné en 2D sur Autocad et actuellement en phase finale de chantier. C'est une maison réalisée en ossature bois, avec un garage en maçonnerie et un jardin d'hiver sous forme de petite véranda qui relie les deux parties de la maison. Le projet a été redessiné et modélisé sur ArchiCad pour tenter répondre au mieux aux différents objectifs évoqués précédemment. Plusieurs raisons ont motivé le choix de ce projet. D'une part, il est techniquement assez complexe, ce qui va rendre pertinent les recherches sur la partie graphique des objectifs. La possibilité de se rendre sur le chantier pour analyser et comprendre les détails constructifs a conforté ce choix. D'autre part, c'est un projet sur lequel une erreur est survenue au moment d'une discontinuité dans la chaine de données entre les architectes et les charpentiers. En effet, lors de la ressaisie en vue de la fabrication de la charpente, celle-ci a été dessinée avec une pente de 3 degrés alors qu'elle était prévue avec une pente de 3% par les architectes. L'erreur n'a pas été décelée sur les plans de visa et a donc fortement perturbée le chantier. Notre expérimentation va trouver un intérêt dans la superposition des modèles (celui des architectes et celui des charpentiers) afin d'évaluer les différences et déterminer si l'erreur aurait pu être évitée.

Fig 5 - Vue du projet référence (Crédit photographie : Atelier MPA)

Partie individuelle : continuité graphique

Le travail développé dans le cadre de ce double stage s'organise autour d'une partie réalisée en commun avec Elodie qui nécessite pour chacun d'entre nous de développer plus particulièrement une partie du travail de façon personnelle. Les expérimentations présentées ultérieurement sont le fruit d'un travail de recherche mené par Elodie, afin de définir les différentes notions manipulées, de recenser les initiatives menées en France ou à l'international et de bien cerner les attentes et les besoins, et du travail de modélisation de la maquette numérique de référence que j'ai effectué au sein de l'agence.

L'un des objectifs de mon travail a donc été de préparer une maquette numérique permettant d'assurer la continuité de la production graphique de l'agence, c'est à dire que les conventions graphiques utilisées pour les plans, coupes ou élévations soient conservées. Pour cela, j'ai utilisé les plans du projet référence de niveau de détails DET (Dossier d'Exécution Technique) dessinés sur Autocad pour tenter de les reproduire à l'identique avec ArchiCad. Ceci ayant pour but de montrer qu'on peut obtenir une représentation graphique similaire en manipulant des objets tridimensionnels (dont seront tirés les documents 2D), plutôt qu'en utilisant simplement des lignes (voir en annexes les plans et coupes entier édités sur les deux logiciels)

Partie commune : échanges au standard IFC (entre ArchiCAD et Cadwork)

La partie commune du travail s'est quant à elle concentrée sur les enjeux d'interopérabilités de la maquette numériques, l'objectif étant d'élaborer un processus d'échange entre le logiciel métier architecte (ArchiCad) et le logiciel métier charpentier (CadWork). Nous avons, dans cette phase des expérimentations, chercher à déterminer les différents facteurs influant sur la qualité du modèle lors de l'échange. Les recherches se sont portées sur trois points en particuliers : la manière de modéliser la maquette numérique, l'impact du logiciel de lecture sur le modèle et enfin le paramétrage du modèle en sortie du logiciel architecte. Pour l'ensemble des échanges, nous avons utilisé le seul format d'échange possible entre ces logiciels, le standard IFC.

Le standard IFC

Le format IFC (Industry Foundation Classes), est un format orienté objets, utilisé dans le domaine de la construction, permettant d'échanger des données géométriques et non-géométriques organisées sous forme d'une structure de données hiérarchisée[10]. Ce format définit un certain nombre de classes et les attribue aux différents éléments de construction ou de gestion d'un modèle numérique. Le format contient également les relations entre les classes et les différentes propriétés de chacune d'elle. Un ouvrage sera donc représenté par une liste hiérarchisée d'instances des classes du modèle IFC. C'est également un format libre et ouvert, c'est à dire n'appartenant pas à un éditeur de logiciels et approuvé par un organisme de certification.

[10] IFC – Basic Informations. In IFC-Wiki [Article en ligne], 28 avril 2011. (http://www.ifcwiki.org/index.php/Basic_Informations), consulté en juillet 2015.

Ainsi, une opération de construction peut être hiérarchisée de la façon suivante[11] :

- Une zone (classe ***IfcSite***) peut contenir plusieurs bâtiments.
- Un bâtiment (classe ***IfcBuilding***) peut avoir plusieurs étages.
- Un étage (classe ***IfcBuildingStorey***) peut regrouper plusieurs pièces.
- Une pièce (classe ***IfCSpace***) possède des propriété : longueur, largeur, hauteur, …

Définition des besoins

Avant de pouvoir échanger un modèle 3D entre les deux partenaires, il est nécessaire de définir les besoins, c'est à dire déterminer les données nécessaires aux charpentiers afin de compléter et enrichir le modèle, puis définir en retour l'exploitation possible par les architectes du modèle complété par les charpentiers. Pour nous aider dans cette tâche, nous avons échangé avec les architectes et rencontré Pierre MADDALON, ingénieur bois dans l'entreprise de charpente, avec qui nous avons découvert ses méthodes de travail avec le logiciel CadWork et échangé sur les modalités d'un transfert de modèle 3D.

Jusqu'à présent, il utilise les documents 2D fournis par les architectes au format papier et DWG et s'en sert comme base pour construire son fichier 3D sur le logiciel spécialisé pour la construction bois, qui est ensuite transmis au chef d'atelier qui va détailler le modèle en vue de sa fabrication. Ces documents sont ensuite retransmis aux architectes pour valider la cohérence avec le projet puis envoyés vers les machines numériques qui usinent les pièces.

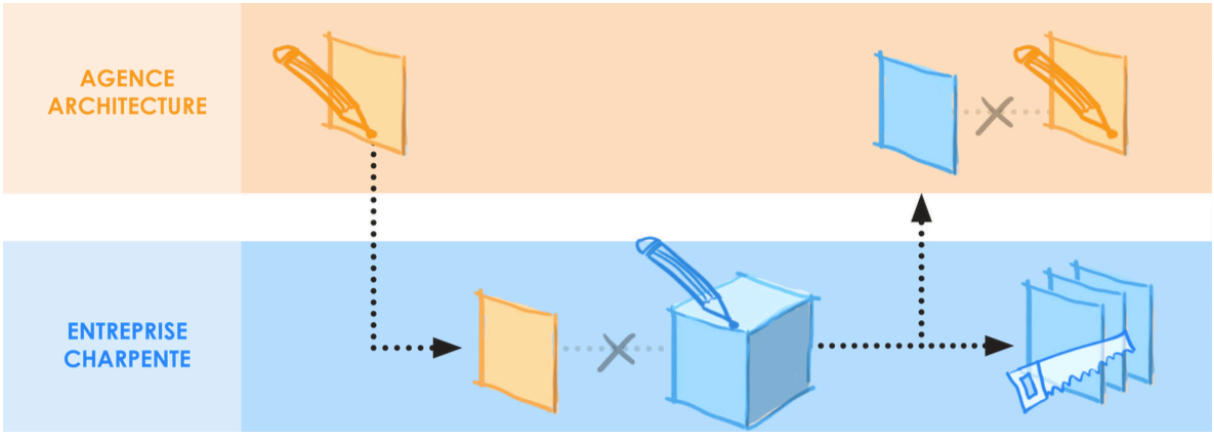


Fig 6 - Représentation schématique des échanges existants

Dans le processus d'échanges envisagé, la rupture de la chaine de données est évitée grâce à l'échange d'un modèle 3D, qui va servir de base au travail de dessin des charpentiers. Puis, nous avons cherché à déterminer les données d'entrée nécessaires. Dans ce cas précis, il sera intéressant de se concentrer sur l'échange des parties d'éléments de construction définies comme étant structurelles puisqu'il s'agit de dessiner les pièces constituantes d'une ossature bois (murs, planchers ou toitures).

[11] IFC2*x* Edition 3 Technical Corrigendum 1. In BuildingSmart, International home for openBIM [publication en ligne], 2007. (http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC2x3/TC1/html/), consulté en juillet 2015.

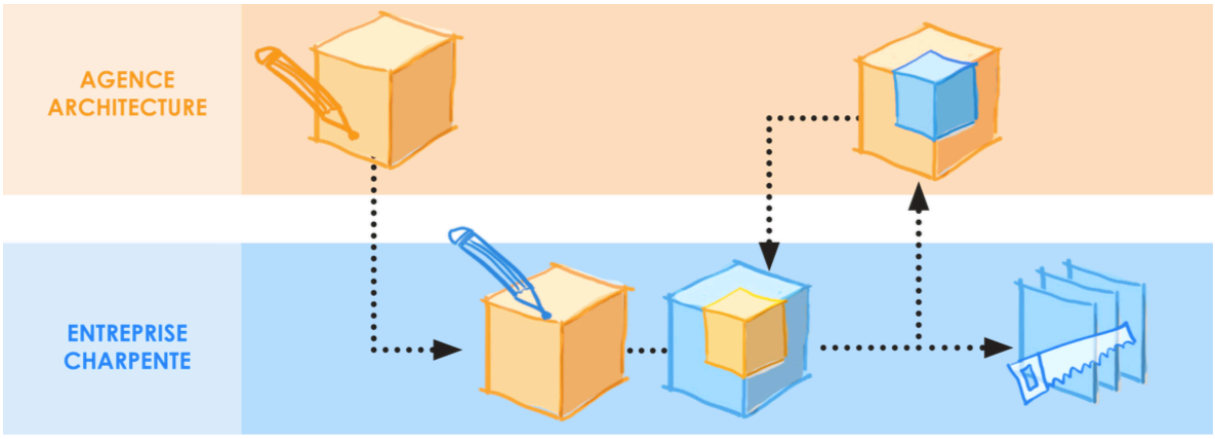


Fig 7 - Représentation schématique des échanges envisagés

La figure ci-dessous met en évidence les couches structurelles d'un mur nécessaires aux charpentiers afin de dessiner l'ensemble de ses pièces constituantes. Il s'agit dans notre cas de la couche représentant l'isolant, qui contient l'ossature du mur composée des lisses et des montants, et de la couche représentant le voile travaillant qui fait office de contreventement.

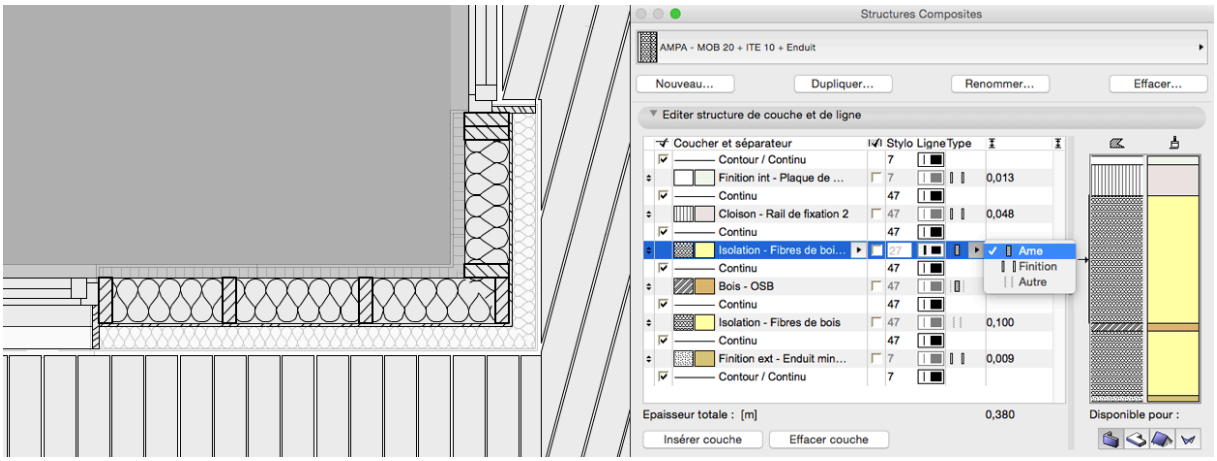


Fig 8 - Mise en évidence des couches structurelles d'un mur

Les vues métiers

Nous avons montré dans le paragraphe précédent que le processus d'échange doit être adapté au partenaire avec lequel il est réalisé. C'est ce qu'on appelle les vues métiers.

Si on considère que la maquette numérique est le modèle globale puisqu'il contient l'ensemble des informations géométriques et non-géométriques, une vue métier sera un sous-ensemble de ce modèle, regroupant et organisant les données en fonction de l'acteur qui interagit avec la maquette numérique[12]. Ce

[12] Model View Definitions. In Helpcenter Graphisoft [publication en ligne]. (http://helpcenter.graphisoft.com/guides/archicad-18-int-reference-guide/interoperability/file-handling-and-exchange/working-with-ifc/model-view-definitions/), consulté en juillet 2015.

découpage permet par exemple au maitre d'ouvrage d'avoir accès uniquement aux informations liées à la gestion du bâtiment.

Dans notre cas, le paramétrage de la vue modèle adaptée à un échange avec le charpentier va pouvoir s'effectuer au moment de l'export du fichier. Nous pourrons choisir et sélectionner les informations à transmettre à ce moment là.

III. Résultats des expérimentations

Les bonnes pratiques (partie individuelle)

L'objectif recherché dans cette phase du travail est d'assurer la continuité de la production graphique de l'agence d'architecture et conservant l'identité de celle-ci. Pour ce faire, j'ai réalisé plusieurs tests durant la modélisations du projet référence afin de dégager de méthodes de dessin répétables et adaptées aux projets de l'agence. Mes recherches sont décrites dans cette partie du rapport.

Les différents essais/tests

Une des principales difficultés lorsque l'on dessine en manipulant des objets tridimensionnels concerne les jonctions entre chacun de ces éléments afin d'obtenir une représentation correcte dans les documents 2D (plans et coupes notamment) qui en découlent. Il existe plusieurs possibilités de modéliser ces liaisons dans ArchiCad.

Jonction entre murs

La première partie du travail concerne les jonctions entre murs et impacte l'aspect des plans. A l'échelle du 1/50° utilisée pour les documents du dossier d'exécution technique (DET), chacune des couches composant un mur est représentée. La difficulté consiste à faire se joindre chaque couche correctement lorsque deux murs ou plus – c'est d'autant plus délicat si les murs possèdent des compositions différents – se rencontrent en un point. Dans l'exemple illustré par la figure 9, trois murs de composition différente se rejoignent en un point.

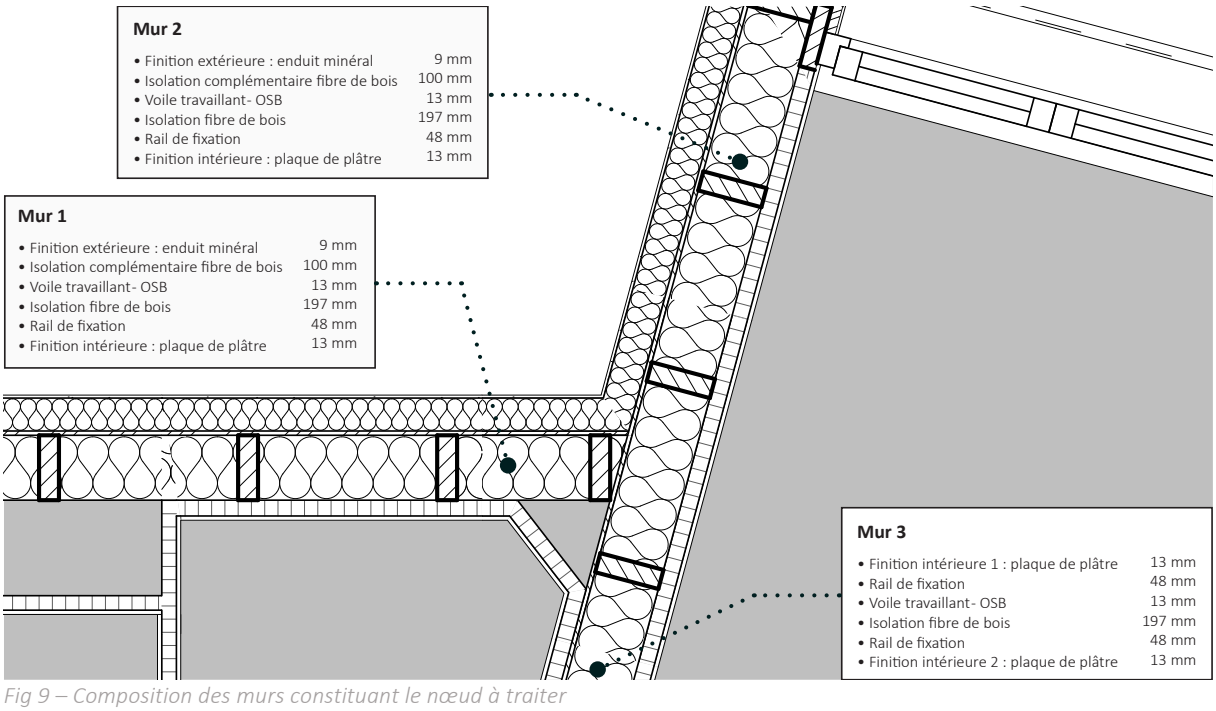
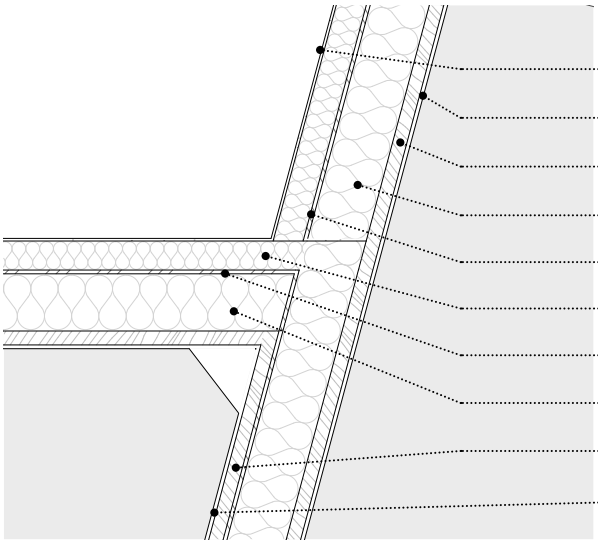


Fig 9 – Composition des murs constituant le nœud à traiter

Si en 2D il est très facile d'agir sur les traits représentant chaque couche du mur, en 3D dans Archicad, chaque couche représente un matériau auquel est associé un indice compris entre 1 et 999 qui indique sa priorité. En paramétrant les indices des différents matériaux, on défini un ordre de priorité des couches qui se répercutera graphiquement. Ainsi la couche d'un matériau d'indice 750 sera plus « forte » que la couche d'un matériau d'indice 500 et passera donc devant sur le dessin.

Le premier essai de modélisation s'est donc basé sur cette méthode ou les jonctions sont créées de manière automatique suivant l'indice de priorité des matériaux associés à chaque couche d'un mur composite. Sur la figure 10, nous pouvons remarquer qu'il est nécessaire de créer plusieurs copies de certains matériaux (notamment l'isolation qui représente l'épaisseur des montants du MOB) afin de pouvoir gérer correctement la liaison.



Nom du matériau	Indice de priorité
Enduit extérieur	**215**
Finition plaque de plâtre	**310**
Rails de fixation	**320**
Isolation fibre de bois	**850**
Voile travaillant- OSB	**800**
Isolation fibre de bois 2	**350**
Voile travaillant- OSB 2	**200**
Isolation fibre de bois 3	**500**
Rails de fixation 2	**160**
Finition plaque de plâtre 2	**150**

Fig 10 - Les couches composant un mur complexe et les indices de priorité qui leur sont attribué

Ceci convient lorsque chaque jonction est considérée séparément, mais pose problème lorsque l'on considère le projet dans sa globalité. En effet, et comme illustré sur la figure 11, les différentes copies d'un matériau représentant une même couche ne peuvent pas former une continuité sur le périmètre de la maison. Ceci nous oblige à diviser certains murs en deux segments ou plus, ce qui entraine l'apparition de traits parasites, puisque deux instances du même matériau mais d'indice de priorité différents ne peuvent pas se joindre directement. De plus, le nombre conséquent d'indice de priorité rend les modifications fastidieuses à cause du risque d'erreur par mauvaise modification. Par ailleurs, il est possible d'attribuer une priorité à chaque objet murs lorsque trois murs ou plus se rejoignent afin d'indiquer l'ordre de jonction, mais cette option ne permet pas d'améliorer le dessin dans notre cas.

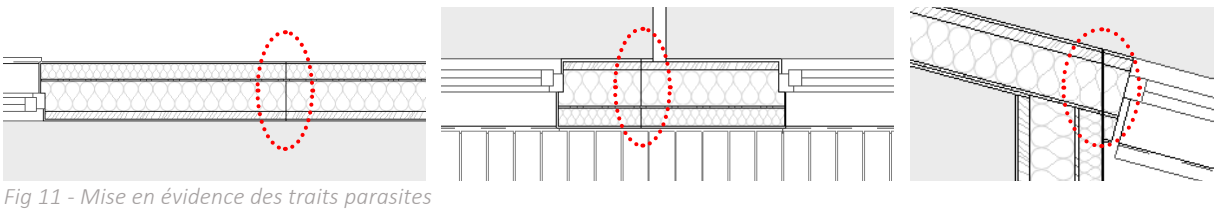
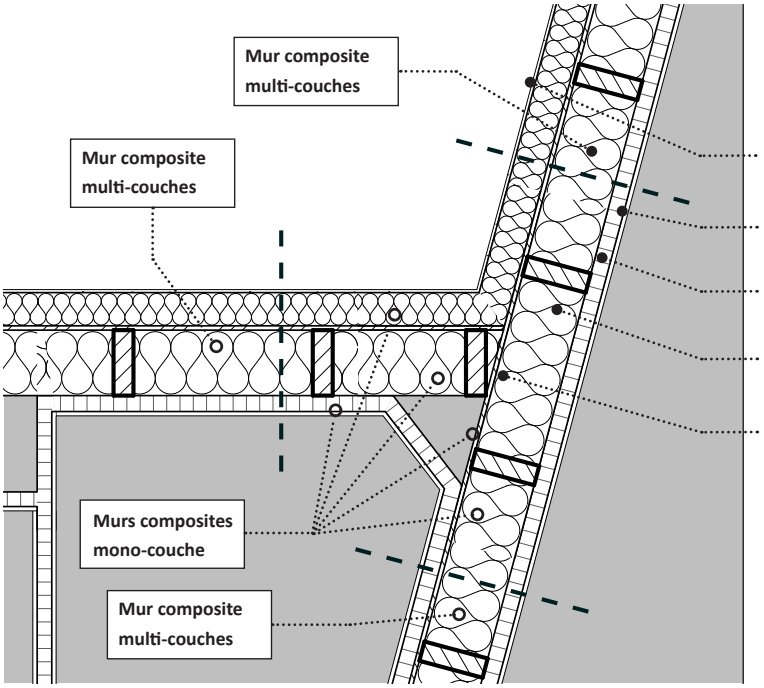


Fig 11 - Mise en évidence des traits parasites

Une deuxième modélisation des jonctions a donc été testée, en considérant les jonctions comme des entités pouvant être décomposées. Ainsi, on retrouve des murs découpés en plusieurs segments, mais les parties courantes entre chaque intersection possèdent toutes les mêmes indices de priorité. Les jonctions sont quand à elles un ensemble de murs composites mono-couche représentant chaque fois un seul matériau, comme illustré sur la figure 12. Cette méthode permet une action sur les jonctions de manière ciblée, sans risque de modifications non voulues d'un autre nœud.



Nom du matériau	Indice de priorité
Enduit extérieur	**865**
Finition plaque de plâtre	**155**
Rails de fixation	**505**
Isolation fibre de bois	**500**
Voile travaillant- OSB	**800**

Fig 12 – Décomposition du nœud de connexion et indice de priorité des matériaux.

Nous constatons donc qu'une décomposition des éléments composites en éléments uniques au niveau des jonctions complexes permet d'atteindre un aspect graphique plus abouti. Cependant, dans les deux cas, la division des murs en plusieurs segments pose problèmes lors de l'échange du modèle 3D, comme nous le verrons ultérieurement.

Jonction murs / dalles / toitures

La deuxième partie du travail concerne les jonctions entre les murs, les dalles et les toitures et impacte l'aspect des coupes. Pour éviter de modifier par inadvertance le travail déjà effectué sur les plans, les recherches s'effectuent ici essentiellement sur les dalles et les toitures pour les faire se joindre correctement avec les murs.

Les dalles ne posant pas de difficultés particulières, nous allons nous concentrer sur les toitures. Pour réaliser les jonctions murs/toitures, il existe plusieurs opérations qui agissent sur les objets 3D. Comme on le voit sur la figure 13, la première étape est de décomposer la toiture en plusieurs éléments en fonction des besoins : débord de toiture, plafond, structure, couverture, … Ensuite, une combinaison des différentes opérations sur les objets 3D permet d'obtenir la jonction recherchée. Bien évidemment, les indices de priorité des matériaux

s'appliquent également aux toitures et il est important de créer des toitures utilisant les mêmes matériaux que les murs.

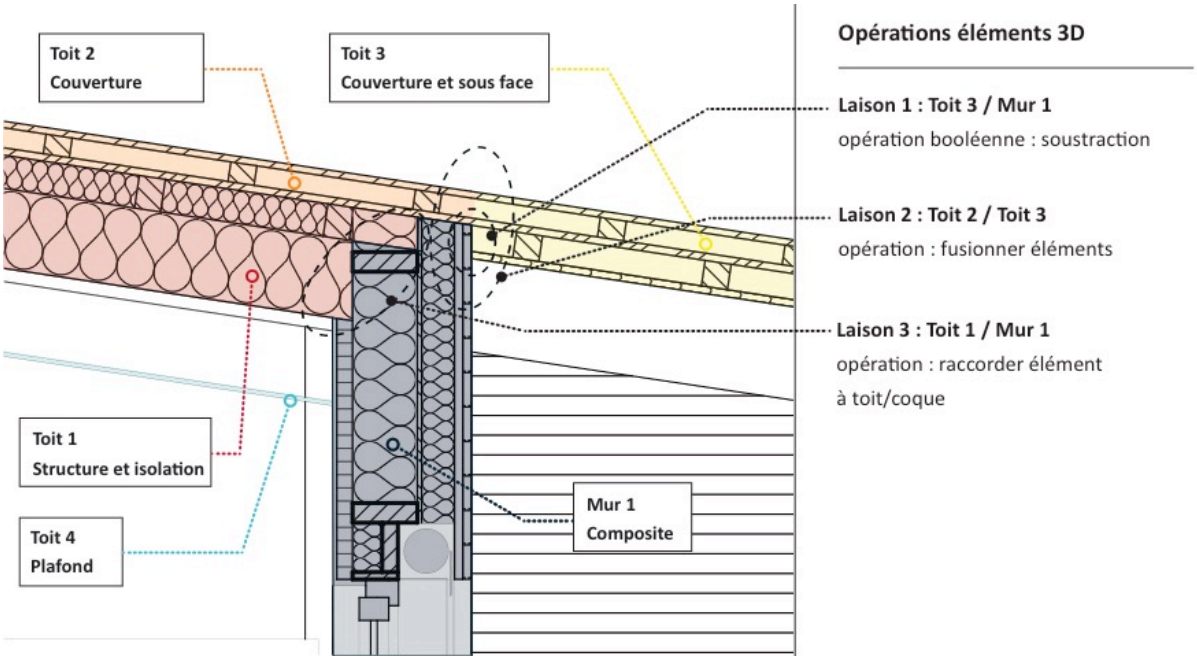


Fig 13 - Décomposition des opérations sur les solides pour un raccord mur/toiture

Précisions sur des points particuliers

La question de l'ossature bois

La question de la représentation de l'ossature bois sur les documents graphiques s'est posée plusieurs fois durant le processus de modélisation étudié ici. Si elle n'est pas nécessaire au regard de l'échange avec CadWork puisque les charpentiers la dessinent entièrement à partir des volumes globaux des différents éléments, il est important qu'elle soit présente sur les plans et les coupes 2D. Nous disposons de deux possibilités pour représenter les différents éléments composant l'ossature bois : des hachures 2D rapportées (et donc qui ne seront pas intégrées au modèle IFC) ou des éléments 3D sur un calque spécifique qui sera désactivé au moment de l'export. Il apparaît donc indispensable d'apporter un soin tout particulier à l'organisation des éléments de construction utilisés afin qu'ils soient classés correctement. Après discussion avec les architectes, nous avons convenu de les représenter en 3D, pour un confort de visualisation et pour pouvoir effectuer des modifications de manière groupée.

Dessiner le maximum en 3D

Le point précédent fait ressortir les avantages de dessiner un maximum d'éléments en 3D. En effet, cela permet de visualiser le projet en volume jusque dans les détails. C'est également un processus qui facilite la reprise du travail par une autre personne puisque chaque élément a été dessiné avec le bon outil. Enfin, dessiner au maximum en trois dimensions permet de générer facilement et rapidement autant de coupes que nécessaire sans avoir besoin de rajouter à chaque fois une couche d'informations 2D par dessus.

Echanges IFC (partie commune)

L'objectif recherché dans cette phase du travail réalisée en commun est de déterminer les conditions d'un échange de maquette numérique entre architectes (ArchiCad) et les charpentiers (CadWork) avec comme support le standard IFC. Les résultats détaillés et les fiches récapitulatives des différents tests sont regroupés dans le un dossier séparé (cf Annexe : fiches de tests concernant les échanges IFC).

Présentations des résultats des expérimentations (d'ArchiCad vers Cadwork)

Nous l'avons vu, nous avons identifié trois facteurs pouvant impacter la maquette numérique lors d'un échange entre logiciels. Nous avons réalisé des expérimentations pour chacun de ces facteurs afin de mesurer leur impact et déterminer dans quelle proportion nous pouvons agir sur chacun d'entre eux.

La manière de modéliser

La manière dont est modélisée une maquette numérique influe sur la qualité du modèle IFC. Nous avons utilisé les réglages par défaut au moment de l'export en IFC et testé plusieurs paramètres tels que le sens de construction des murs/toitures (horaire ou antihoraire), l'impact liée à l'emploi de murs simples ou composites ou encore du type de toiture (nombre de pans). Pour une maison simple composée de quatre murs et une toiture, plusieurs anomalies sont relevées lors de la lecture du fichier IFC : dans certains cas des murs ont disparu et dans d'autres la toiture ne limite plus le mur. Le tableau des résultats de la figure 14 ne permet pas d'établir clairement une règle en fonction du paramètre considéré. De plus, il serait extrêmement contraignant pour les architectes de respecter un processus de dessin ou les murs et/ou la toiture doivent être dessiné dans un sens précis. Ce facteur là n'est donc pas un levier à considérer pour améliorer notre modèle IFC.

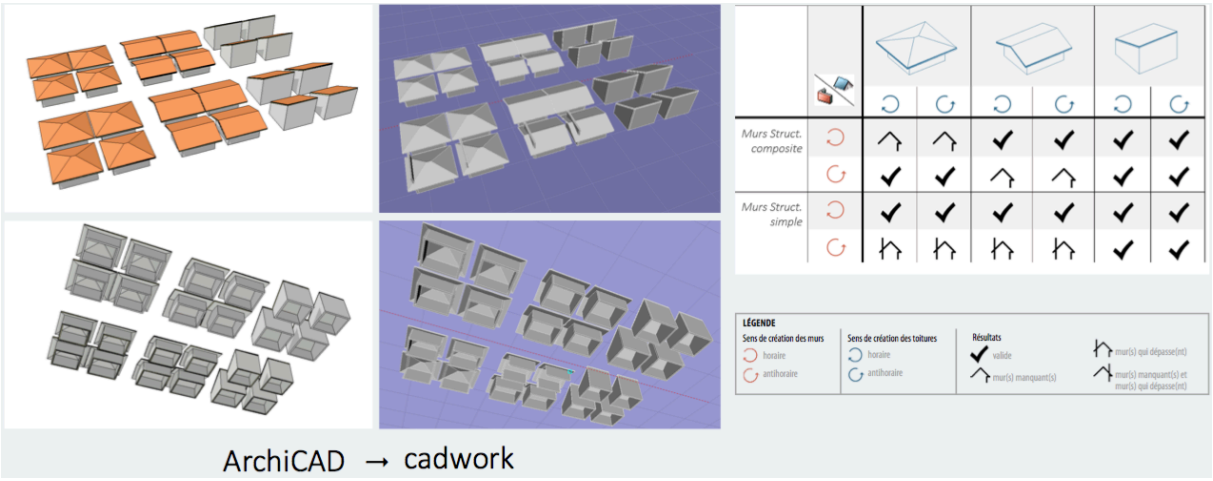


Fig 14 - Tableau des résultats du test de l'impact de la manière de modéliser

Le logiciel de lecture

Chaque logiciel compatible BIM a sa propre manière de lire un modèle IFC. Ainsi, importer notre maquette numérique avec plusieurs logiciels/viewers IFC nous a permis de constater que des erreurs visibles lors de l'échanges ArchiCad vers Cadwork disparaissent dans certains cas (avec Solibri Model Viewer), et dans

d'autres cas de nouvelle erreurs apparaissent (avec Revit ou Tekla BimSight). Là encore, il n'est pas possible de tirer de conclusions, d'autant que la manière de modéliser rentre toujours en compte. Ce facteur nous a offert un éventail de visualisations, mais n'est pas en soi un levier d'actions possible puisque qu'il est situé en bout de chaîne lors de l'échange de données.

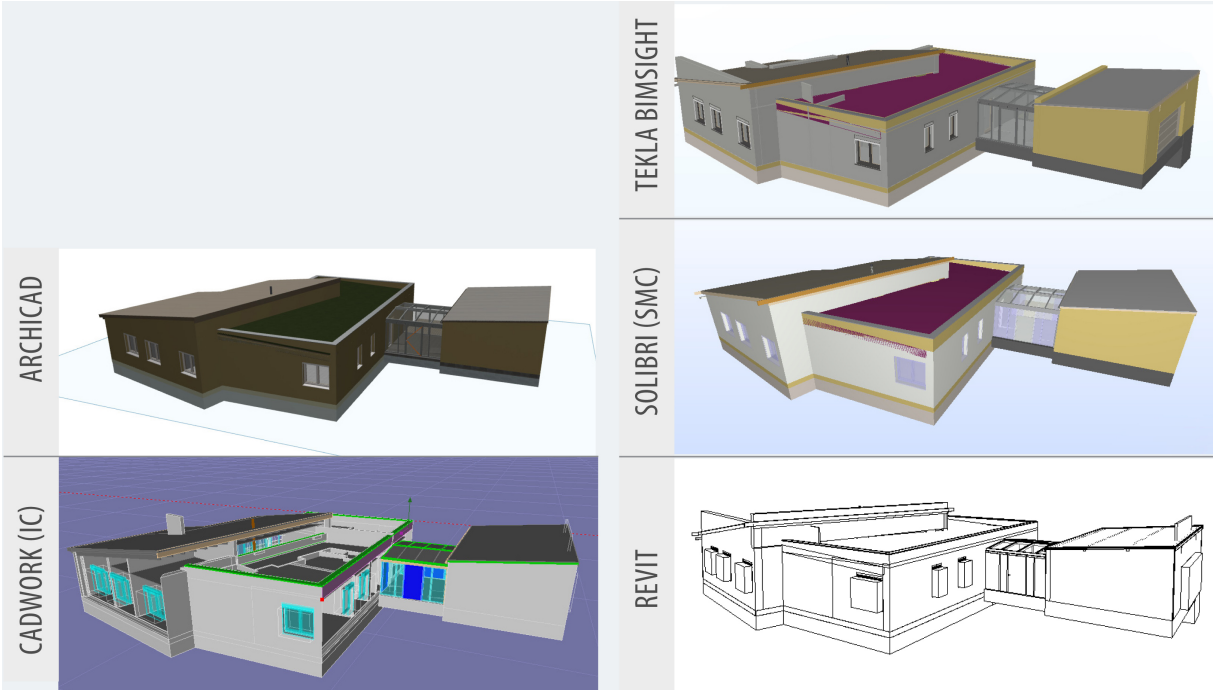


Fig 15 - Les différentes visualisations du même modèle IFC suivant le logiciel de lecture

Le profil d'export (traducteur)

Configurer le modèle 3D au moment de son export au format IFC apparaît donc comme le levier principal d'action possible sur notre maquette numérique. ArchiCad rend possible ce travail grâce aux traducteurs qui sont éditables et personnalisables suivant les besoins. Nous allons ainsi tenter de configurer un traducteur afin de répondre au mieux aux objectifs d'échanges que nous nous sommes fixés.

Après un premier échange avec le traducteur de base, nous nous sommes aperçus qu'échanger le modèle dans sa globalité n'est pas la bonne solution. En effet, le modèle 3D étant très détaillé, un grand nombre d'éléments ne sont pas nécessaires pour le travail des charpentiers et impliquent donc un travail fastidieux de nettoyage du modèle lors de l'import sur CadWork. Nous avons donc décidé, en accord avec la réflexion sur les vues métiers, de n'exporter que les éléments ou parties d'éléments définis comme structurels dans notre modèle ArchiCad. Il s'agit dans notre cas des couches porteuses pour une structure bois (épaisseur de l'isolant/structure & voile de contreventement). Cela suppose un travail rigoureux dans la modélisation afin que chaque élément soit correctement défini.

Cependant plusieurs problèmes se posent. En effet, nous avons vu dans la partie sur l'aspect graphique que le modèle a parfois besoins d'être adaptés afin de garder sa justesse de représentation. Cela se traduit par des murs segmentés, parfois composites, parfois simples, etc … De plus, les liaisons entres murs et entre

murs/toitures créent en 3D une sorte de « crénelage » puisque les couches d'un même matériau sont raccordées entre elles comme le montre la figure 16. Tout ceci est incompatible avec une exploitation directe du modèle IFC par les charpentiers qui de leur côté considèrent un mur en tant qu'entité volumique parallélépipédique ou trapézoïdale. Il apparaît donc qu'à l'issue de nos premières recherches, le modèle échangé dans le sens architectes -> charpentiers sera utilisé comme base de travail tridimensionnelle. Les avantages de ce premier changement dans la méthode de travail sont un gain de temps et une fiabilité accrue, puisque les charpentiers disposent d'un support précis permettant de vérifier, directement dans leur outil de travail, dimensions et pentes de toiture.

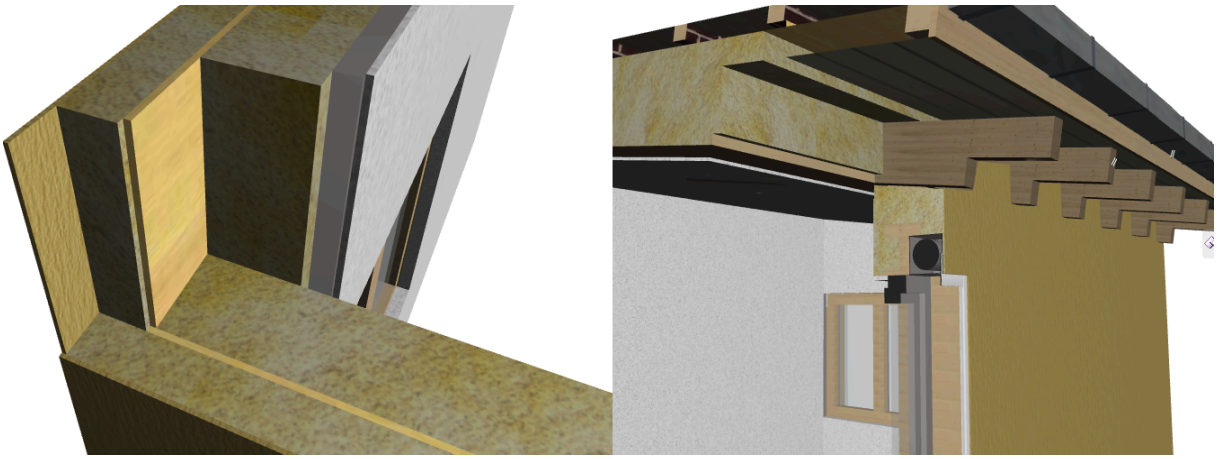


Fig 16 - Visualisation tridimensionnelle des jonctions d'éléments (plan horizontal et plan vertical)

Concernant la configuration du traducteur, les recherches se sont portées sur la sélection et l'organisation des éléments à intégrer au modèle IFC, la manière de convertir la géométrie des éléments, et la décomposition d'un élément composite en ses différentes couches.

```
<Exporting>
        <ElementsToExport value="Visible elements"/>
        <ViewDefinition value="Coordination view v2.0"/>
        <ExtendedModelViewName value=""/>
        <ModelUnits>
                <LengthUnit value="Millimeter"/>
                <AngleUnit value="Degree"/>
                <AreaUnit value="Square Meter"/>
                <VolumeUnit value="Cubic Meter"/>
                <CurrencyUnit value="USD"/>
                <TimeUnit value="Year"/>
        </ModelUnits>
        <PropertiesExportMode value="All"/>
        <GeometryRepresentationOptions>
                <UseBRepGeometry value="1"/>
                <ExplodeToBuildingElementPart value="1"/>
                <ExportCollisionDetectionOnly value="0"/>
                <MultiSkinElements value="As building element parts"/>
                <SolidOperation value="BREP"/>
                <Junctions value="BREP"/>
                <SlantedEdgeSlabs value="BREP"/>
                <UseLegacyGeometricMethodsAsInCV1 value="0"/>
                <SiteProperties value="with detailed geometry (BREP)"/>
        </GeometryRepresentationOptions>
        <CalculateAreaAndVolume value="0"/>
        <ExportGeometryToTypeObjects value="0"/>
        <ExtendedProperties value="0"/>
        <SpaceBoundaries value="0"/>
        <SpaceContainment value="0"/>
        <BoundingBox value="0"/>
        <ZoneCategory value="0"/>
        <KeepExistingGUID value="1"/>
        <FileEncoding value="ANSI - for compatibility mode"/>
</Exporting>
```

Eléments à exporter : éléments visibles (sur tous les étages)
Définition de vue modèle IFC : Vue de coordination Version 2.0

Par défaut, tous les éléments visibles sur chacun des étages seront inclus dans le modèle IFC. Cependant, Si des éléments sont sélectionnés dans le projet au moment où vous lancez l'exportation, le nom de ce contrôle se change automatiquement en "Eléments sélectionnés seulement", quel que soit le réglage par défaut du traducteur.

La Vue de coordination représente actuellement la vue la plus répandue du Schéma IFC. Elle contient des informations liées à la structure spatiale, à la construction et aux éléments annexes de la construction nécessaires pour coordonner des informations du dessin parmi ces disciplines.

Options de représentation de géométrie :
- Utiliser géométrie BREP pour tous les éléments
- Décomposer en parties éléments composites et de profil complexe

Utiliser la géométrie BREP définit la représentation géométrique BREP pour tous les éléments complexes, pour les éléments des Opérations élément solides, pour les éléments des jonctions, etc.

C'est la méthode qui reproduit avec le plus de fidélité la forme réelle de l'élément avec ses sections et connexions. Toutefois, l'historique des opérations réalisées sur ces éléments est perdu et les éléments BREP (Représentation des contours) d'un fichier IFC importé sont transformés en éléments non éditables.

Décomposer en partie les éléments complexes enregistrera les éléments composites (par exemple des murs et des dalles) et les profils complexes (par exemple de poteau, de mur ou de poutre) en "Parties d'éléments de construction". Cela veut dire que l'élément principal (par exemple un IfcWall) sera enregistré comme un élément conteneur sans géométrie, et ses parties (les couches ou composants de profil) fourniront la géométrie. Cette option assure l'exportation correcte des couleurs individuelles associées aux Matériaux de construction de chaque composant.

Fig 17 - Code du traducteur personnalise et précisions sur les options d'exportation

Le retour d'informations (de Cadwork vers ArchiCad)

Nous avons jusqu'à maintenant évoqué l'échange de données uniquement dans le sens architectes -> charpentiers, mais l'intérêt d'un processus d'échange BIM est que le modèle puisse faire des allers-retours entre les deux partenaires. Nous pouvons donc nous poser la question de savoir comment les architectes peuvent exploiter le modèle 3D détaillé modélisé par les charpentiers sur CadWork.

Nous avons vu que dans le processus de travail actuel, il existe un point délicat au moment du retour d'informations vers les architectes lorsqu'ils vérifient la cohérence et la conformité du travail effectué par les charpentiers. Actuellement, ce travail de visa se fait sur la base de plans papier. Or, les deux partenaires n'utilisent pas les mêmes conventions graphiques, que ce soit pour la représentation ou la cotation, ce qui rend la lecture des plans très difficile comme le montre la figure 18.

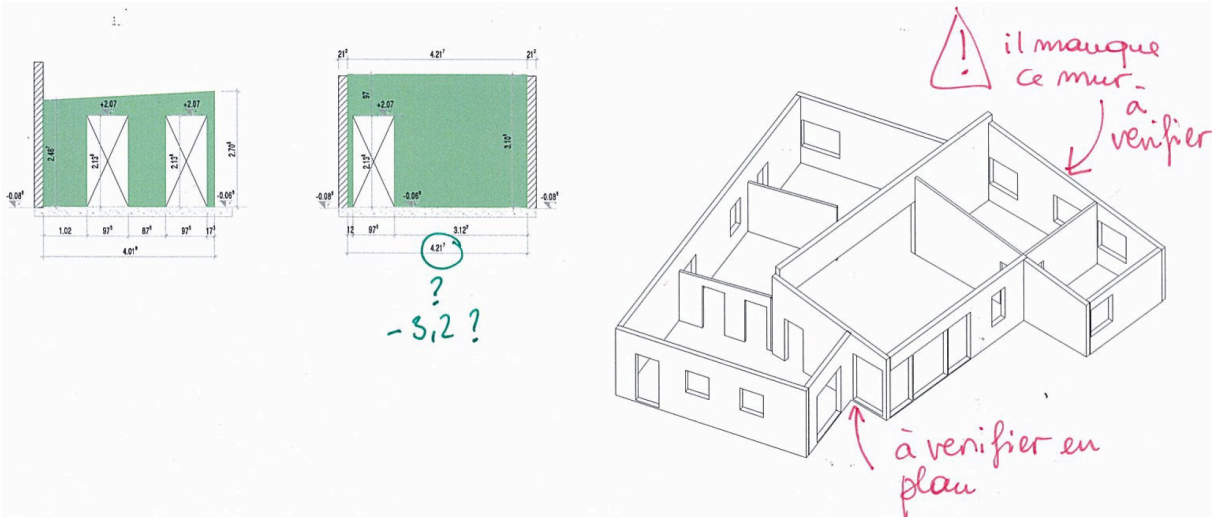


Fig 18 - Extrait d'un plan de visa issu de l'entrprise de charpente

Une manière de rendre ce travail moins fastidieux peut être de récupérer le modèle des charpentiers au format IFC et de la superposer à celui des architectes soit dans ArchiCad soit dans un logiciel tiers, afin de détecter les éventuelles différences. Cette méthode permet de visualiser immédiatement une erreur et facilite donc la vérification de la conformité architecturale des modèles.

Nous avons choisi d'externaliser ce processus en utilisant le logiciel gratuit Tekla BimSight afin d'avoir un outil dédié et de ne pas surcharger les manipulations sur ArchiCad. Cet outil permet de superposer très facilement plusieurs modèles IFC. Sur la figure 19, on observe à gauche le modèle IFC réalisé sur ArchiCad, représentant les volumes englobant des couches structurelles d'un mur. Au centre, on trouve le modèle IFC détaillé par les charpentiers avec le détail des pièces constituant l'ossature bois (montants, lisses, voile travaillant), générées en utilisant le support fourni par les architectes. Enfin, à droite, on superpose les modèles, et on observe que dans le cas illustré ici, ils se chevauchent parfaitement, ce qui montre que la conformité architecturale est respectée.

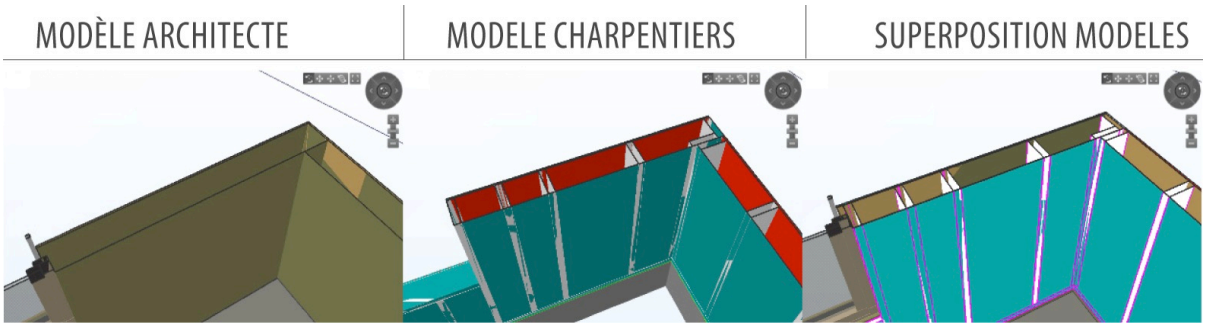


Fig 19 - Superposition de modèles réalisée sous Tekla Bimsight

L'influence de la modélisation (enjeux conflictuels)

Les deux types d'objectifs relatifs à l'exploitation du modèle tridimensionnel dans le cadre de notre expérimentation sont intrinsèquement liés puisque issus du même modèle. En effet, nous avons vu que pour assurer la représentation graphique, il est nécessaire d'adapter la manière de modéliser, en compliquant parfois la maquette numérique. A l'inverse, pour obtenir un modèle 3D propre en vue d'une exploitation par un partenaire, l'aspect graphique sera altéré. Cet impact réciproque a empêché le développement de la totalité des deux types d'objectifs fixés au départ et a nécessité une adaptation des objectifs initiaux.

IV. Limites de l'expérience et conclusion

Ce travail de recherche a été une expérience enrichissante de par son ancrage dans l'actualité du secteur de la construction mais également son déroulement en partenariat avec des entreprises directement intéressées par le sujet. Cependant, un certains nombre d'éléments ont rendu cette expérimentation difficile à mener. En effet c'est un travail très conséquent qui nécessite un bagage technique important et un investissement temporel considérable.

Contexte difficile

Nécessité de production de l'agence

Une des difficultés lorsqu'un travail de recherche est effectué en immersion dans une agence d'architecture est d'arriver à concilier les missions purement destinées à l'agence et le travail lié au stage. Nous n'avons pas spécifiquement défini de créneau alloué au travail de stage, celui-ci s'est donc effectué de manière morcelée, entre les différentes tâches que j'ai effectuées pour les projets de l'agence.

Des délais courts

Le délai a également été une contrainte, puisque ce travail se déroule sur une période équivalente à deux mois et demi, répartis sur un semestre, en parallèle du projet de fin d'études (PFE) venant clore la 5ème année d'études. C'est un laps de temps très court pour définir les notions utilisées, définir les objectifs, modéliser le projet test, réaliser des expérimentations et proposer une solution afin de répondre aux objectifs. Ce travail, au potentiel indéniable, mérite d'être poursuivi et développé sur une période plus longue, par exemple au moyen d'une thèse.

Un cas très spécifique

Enfin, le sujet de ce travail, « définition d'une méthode pour la mise en place d'un processus d'échanges BIM entre ArchiCad et Cadwork », est un cas très spécifique au sein d'une thématique beaucoup plus large. Malgré de nombreuses recherches, il n'existe pas de littérature sur cet exemple en particulier. Un contact au sein de Cadwork a évoqué des recherches menées actuellement sur les échanges IFC entre les deux logiciels en question mais nous n'avons pas réussi à en apprendre d'avantage.

Un processus complexe

Un processus d'échanges de données numériques entre deux entreprises de l'industrie du bâtiment et plus globalement la collaboration des différents acteurs du projet autour de la maquette numérique est un processus complexe qui bouleverse les méthodes établies et utilisées jusqu'à maintenant. Une conscience mutuelle des bénéfices pouvant être tirés d'un tel changement de méthodes favorise son assimilation.

Une mise en place par étapes

Dans le cas de l'expérimentation que nous avons menée, l'agence d'architecture est une structure de petite taille et l'entreprise de charpente n'a jamais utilisé de méthodes BIM. Il est donc impossible de mettre en place tout de suite l'ensemble des composantes d'une méthode collaborative autour d'une maquette numérique.

Le travail se fait étapes par étapes, en adaptant les outils aux besoins de chaque structure. D'ailleurs, Bertrand DELCAMBRE préconise dans son rapport la mise en place d'un groupe de travail spécifique pour la mise au point de mesures particulières à destination des TPE/PME.

La première étape pour les architectes est la transition vers un dessin en trois dimensions orienté objets et les bénéfices immédiats qui en découlent : gain de temps lors de modifications du projet, réduction du risque d'erreur, création rapide de vues perspectives pour la compréhension du projet, etc … Dans la volonté d'échange avec l'entreprise de charpente, le modèle 3D au format IFC sera d'abord utilisé comme support de travail pour les charpentiers, puis en retour permettra de vérifier la conformité du dessin par superposition des modèles.

L'étape suivante envisagée par les architectes serait de faire entrer le BIM sur les chantiers au moyen de la technologie BIMx (développée par Graphisoft, éditeurs du logiciel ArchiCad). Cette technologie permet de transférer un modèle BIM sur un support mobile – par exemple une tablette – et d'avoir ainsi accès sur le chantier à la fois à une navigation dans le modèle 3D et à l'ensemble des documents 2D associés (plans, coupes, plannings, comptes rendus, marchés de travaux, etc …). Cet usage permet la centralisation des documents liés à un projet et offre un accès immédiat à toutes les informations relatives à ce projet.

En conclusion

Ce stage-mémoire a représenté une occasion unique d'aborder les thématiques qui vont transformer la pratique du métier d'architecte. Tout d'abord, réaliser cette expérimentation en fin de 5ème année permet de préparer la transition vers une future pratique professionnelle. De plus, effectuer ce travail au sein d'une structure pratiquant le métier et demandeuse vis à vis de ces thématiques offre l'opportunité de découvrir ses méthodes et d'adapter les réponses à ce cas spécifique. Enfin, combiner ce stage en agence avec un stage relié au laboratoire scientifique de l'ENSAN débouche sur un travail enrichi, ou les expérimentations pratiques sont renforcées par un travail de recherche et de documentation important, même si nous avons vu qu'il est parfois difficile de coordonner les deux. Enfin, au fil de l'avancement des tests d'interopérabilité, nous avons fait évoluer nos objectifs afin de correspondre aux capacités actuelles des deux entreprises. Même si les objectifs théoriques initiaux ne sont pas atteints, les travaux effectués constituent le premier pas de la transition vers un usage généralisé de la maquette numérique.

V. Complément sur les missions effectuées

Cette dernière partie, séparée volontairement du reste du rapport, a pour objectif de présenter succinctement les diverses missions (autres que celles concernant le travail de recherche présenté plus haut) que j'ai effectuées au sein de l'agence d'architecture durant mon stage.

J'ai essentiellement assisté les architectes pour des missions de dessin pour les différents projets en phase études. J'ai également assisté à quelques rendez-vous avec les clients lors des rendus ponctuant les différentes étapes de la conception d'un projet. Enfin, j'ai accompagné les architectes à plusieurs réunions de chantier, et approfondi ma connaissance de l'aspect économique et administratif d'un projet, au travers de la réalisation de descriptifs, quantitatifs, situations, …

Relevé et esquisse

Ce projet de rénovation thermique et réhabilitation concerne une habitation individuelle située à Bosserville (54). La première étape du travail a été la réalisation d'un relevé, afin de dessiner l'état existant de la construction. Puis, ce travail a servi de base pour le développement du projet, pour la réalisation de l'étude thermique et pour la création des descriptifs/quantitatifs.

En plus d'isoler complètement la maison, le projet propose la transformation d'une chambre au RDC en petit salon et la création de deux chambres et une pièce d'eau à l'étage, à la place d'un grenier. Le plan représenté figure 20 montre l'état existant et indique en rouge les transformations et démolitions.

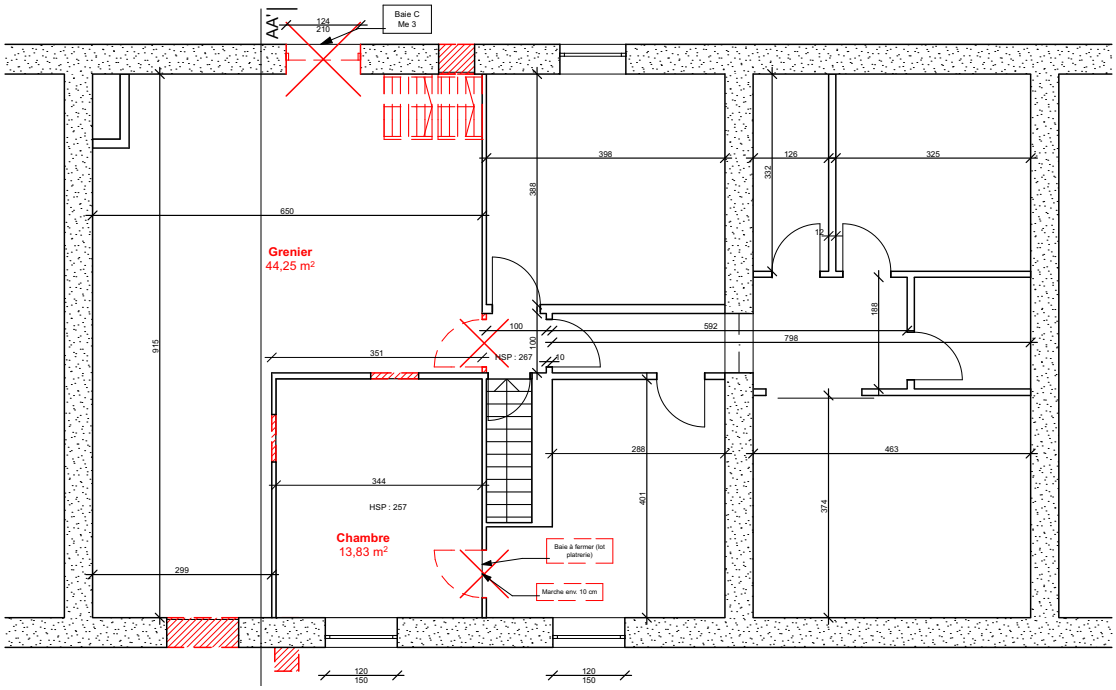


Fig 20 - Plan de l'étage, état existant & démolitions - © Atelier MPA

La figure 21 illustre quant à elle une version du projet proposé. A ce stade des études, le projet est encore assez peu détaillé et le dessin ne rentre pas dans les détails techniques.

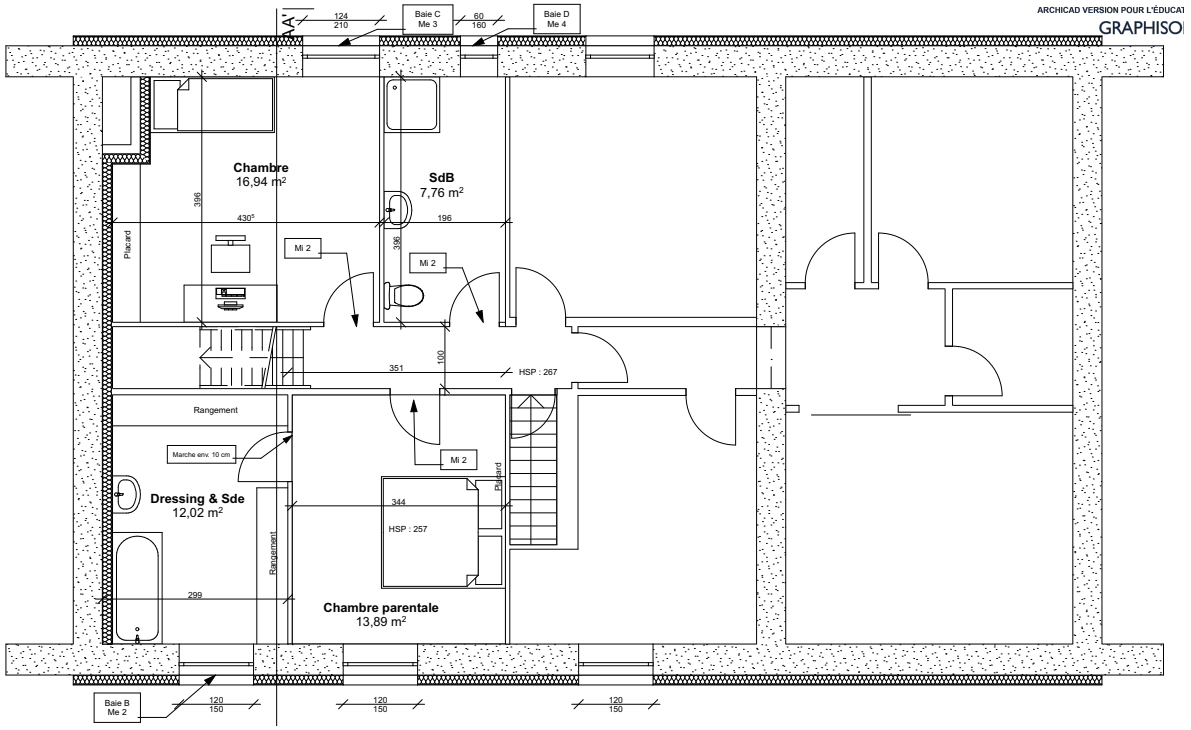


Fig 21 - Plan de l'étage, état projet - © Atelier MPA

Permis de construire

J'ai travaillé sur la constitution de dossiers de permis de construire de plusieurs projets. Ce travail comprend à la fois la préparation des documents graphiques nécessaires, mais également la rédaction de notices architecturales et techniques et la mise en forme des formulaires CERFA. Le projet présenté ici comprend la réhabilitation et l'extension d'un corps de ferme situé à Laneuveville-devant-Bayon (54) pour en faire une maison d'habitation. En plus des éléments cités plus haut, ce projet m'a permis de préciser certains points techniques, dans ce cas la filière d'assainissement, qui s'est traduit par la production de documents graphiques supplémentaires.

Fig 22 - Vue 3D du projet pour le PC - © Atelier MPA

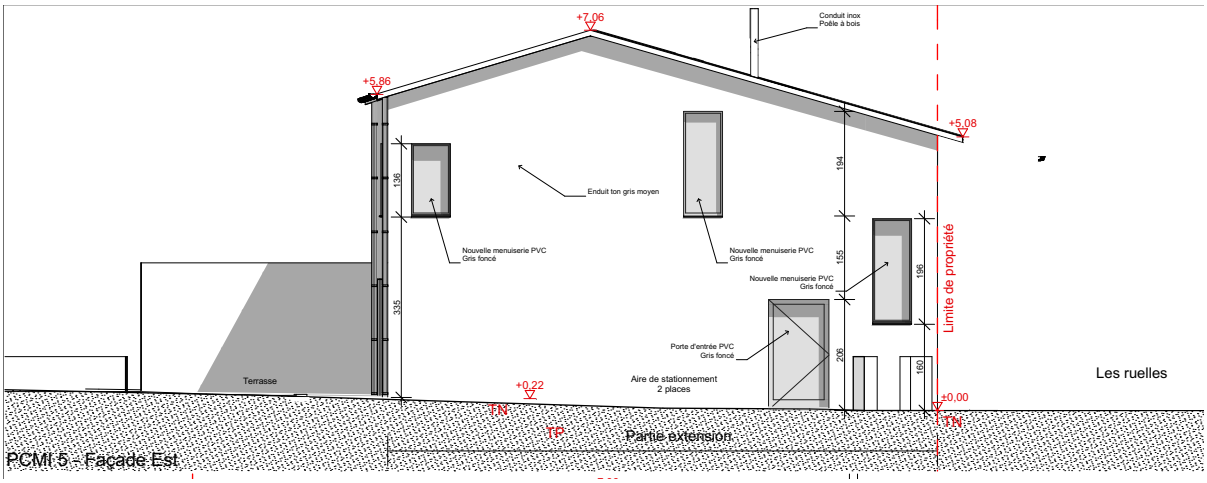


Fig 23 - Façade Est, état projeté - © Atelier MPA

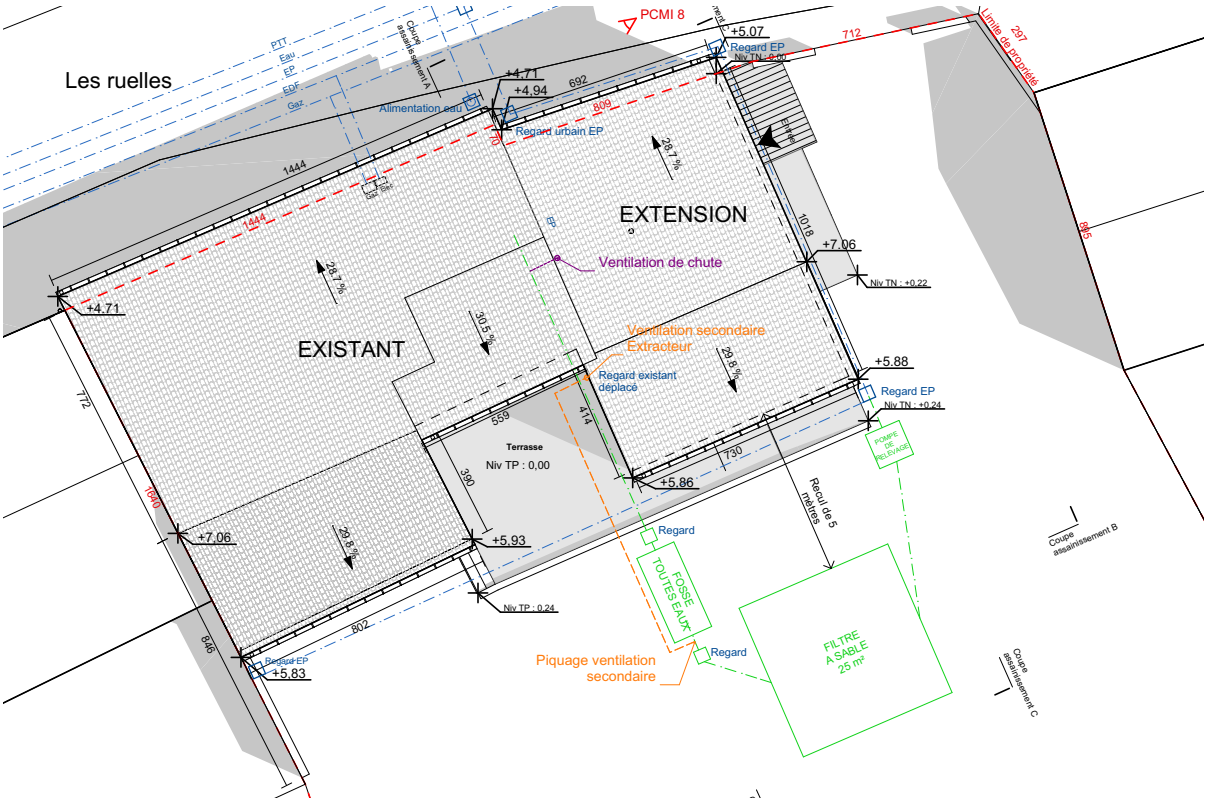


Fig 24 - Plan de toiture avec filière assainissement - © Atelier MPA

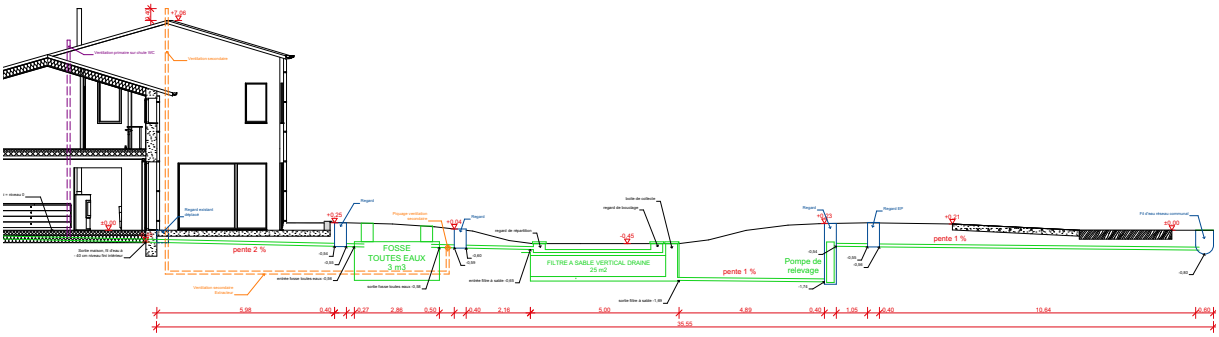


Fig 25 - Coupe en long filière assainissement - © Atelier MPA

Phase PROJET

Après l'obtention du permis de construire, un projet se précise. La phase PROJET a pour objectif la consultation des entreprises qui vont réaliser ce projet. Les plans et coupes sont plus détaillés, les détails techniques sont progressivement définis, les plans de réseaux sont réalisés. Le projet présenté ici est l'extension d'une habitation individuelle située à Nancy (54).

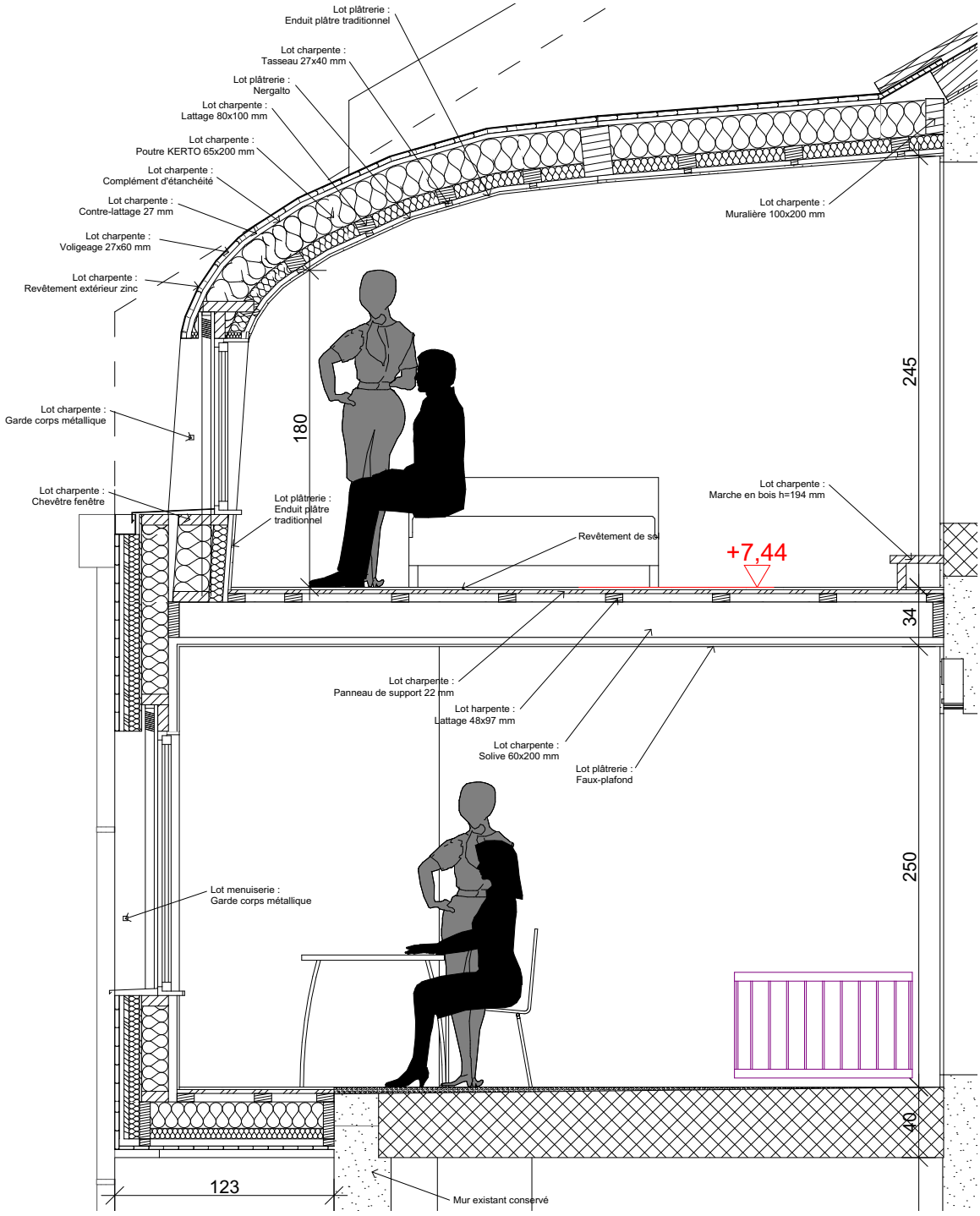


Fig 26 - Coupe détail sur l'extension du projet - © Atelier MPA

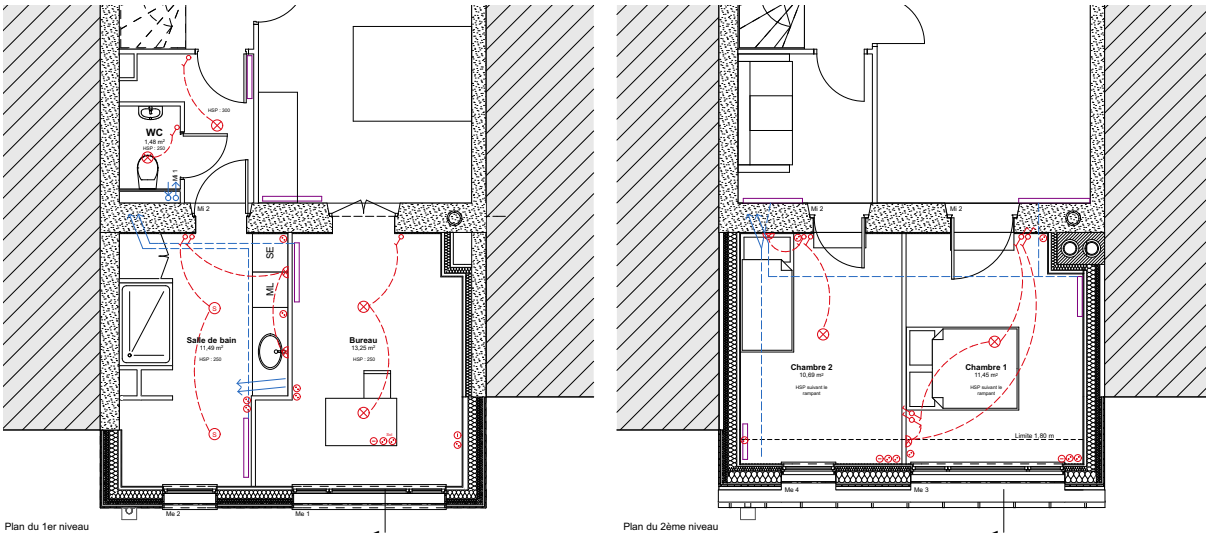


Fig 27 - Plans des réseaux électricité et chauffage de l'extension - © Atelier MPA

Bilan de l'expérience

Ce stage m'a offert deux opportunités : travailler sur un sujet qui constitue un enjeu d'avenir et qui va transformer radicalement la pratique du métier d'architecte (les échanges autour de la maquette numérique) et renforcer mon expérience pratique au sein d'une agence d'architecture.

Ce stage a également permis de confortet mon envie d'exercer le métier d'architecte sur le terrain, à travers la pratique du projet, afin de continuer à mettre en place l'usage de la maquette numérique et implanter les méthodes de dessin en trois dimensions chez les professionnels.

Notes de Références

CONSTANTINE, Larry et LOCKWOOD, Lucy. Software focuse : a practical guide to the models on methodes of usage centered-design. Boston, MA : Addison Wesley, 1999

DELCAMBRE, Bertrand. *Rapport Mission Numérique Bâtiment*. [S. l.] : [s. n.], décembre 2014

GOUESNARD, Simon. *« Le BIM, pertinent aussi pour les petits ouvrages ».* In Mediaconstruct [article en ligne], 18 Décembre 2014. (http://www.mediaconstruct.fr/sinformer/le-blog-du-bim/post/4452/le-bim-pertinent-aussi-pour-les-petits-ouvrages-dinan-22), consulté en juillet 2015.

SCHAEFFER, Séverin. « To BIM or not to BIM, that is the question … ». In AMC-Archi [article en ligne], 01 juillet 2015. (https://www.amc-archi.com/article/to-bim-or-not-to-bim-that-is-the-question-par-severin-schaefer-architecte-et-bim-manager,2058), consulté en juillet 2015.

Archigraphie : chiffres et cartes de la profession d'architectes (2015). In Ordre des Architectes, site internet de l'ordre des architectes [publication en ligne]. (http://tools.architectes.org/INFODOC/ArchiGraphie-light.pdf), consulté en juillet 2015, pp 48.

COMPUTER INTEGRATED CONSTRUCTION RESEARCH PROGRAM. *BIM Project Execution Planning Guide – Version 2.0.* University Park, PA, USA : The Pennsylvania State University, juillet 2010.

Dossier « Le BIM est-il l'avenir de l'architecture ? ». In AMC-Archi [en ligne], Mars 2015. (https://www.amc-archi.com/article/le-bim-est-il-l-avenir-de-l-architecture,1534), consulté en juillet 2015

IFC – Basic Informations. In IFC-Wiki [Article en ligne], 28 avril 2011. (http://www.ifcwiki.org/index.php/Basic_Informations), consulté en juillet 2015.

IFC2*x* Edition 3 Technical Corrigendum 1. In BuildingSmart, International home for openBIM [publication en ligne], 2007. (http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC2x3/TC1/html/), consulté en juillet 2015.

McGraw Hill Construction. *SmartMaket Report « The business value of BIM for construction in major global markets »*, 2014. In Mediaconstruct [publication en ligne]. (http://www.mediaconstruct.fr/Portals/0/Fichiers/Informations/Actualites/Report_on_Value_of_BIM.pdf), consulté en juillet 2015, pp 4, 5, 19, 28.

Model View Definitions. In Helpcenter Graphisoft [publication en ligne]. (http://helpcenter.graphisoft.com/guides/archicad-18-int-reference-guide/interoperability/file-handling-and-exchange/working-with-ifc/model-view-definitions/), consulté en juillet 2015.

SÉMINAIRE DE CONCEPTION ARCHITECTURALE NUMÉRIQUE, KUBICKI, Sylvain, HALIN, Gilles, et al. (dir.). *Interaction(s) des maquettes numériques: actes du 6ème Séminaire de conception architecturale numérique, [Luxembourg, 18-20 juin 2014]*. Nancy : PUN-Éd. universitaires de Lorraine, 2014, p. 65-67.

ANNEXES

1/ Plan du RDC du projet référence, dessiné sur AutoCad (format A3)

2/ Plan du RDC du projet référence, dessinée sur ArchiCad (format A3)

3/ Coupes (1) du projet référence, dessinées sur AutoCad (format A3)

4/ Coupes (2) du projet référence, dessinées sur AutoCad (format A3)

5/ Coupes du projet référence, dessinées sur ArchiCAd (format A3)

1/ Plan du RDC du projet référence, dessiné sur AutoCad (format A3)

ventilation secondaire

CH1 19,6 m² parquet hsp 250

CH2 13,5 m² parquet hsp 250

CH3 12,6 m² parquet hsp suivant le rampant

bureau 8,5 m² parquet hsp 250

sdb 4,2 m² carrelage hsp 240

SDB 10 m² carrelage hsp 250

WC 2,4 carrelage hsp 240

RGT 1,3

DGT 9,2 m² carrelage hsp 240

séjour 44,2 m² carrelage hsp suivant rampant

entrée 4,7 m² carrelage hsp 240

vestiaire 4,5 m² carrelage hsp 240

buanderie 6,4 m² carrelage hsp 240

cellier 7,9 m² carrelage hsp 240

cuisine 15,1 m² carrelage hsp 250

aire 7,6 m² Niv +0,40 ngf + 315,5

jardin d'hiver 18 m² carrelage Niv + 0,10 ngf + 315,5

Niv +- 0,00 ngf + 315,4

terrasse N°1 33,1 ngf + 315,40

terrasse N°2 15,8 ngf + 315,50 niv +0,10

rampe en platelage 15,8 pente 1,17%

aire 19,6 m²

aire stationnement 73,6 m²

garage 53 m²

Niv + 0.20 ngf + 315,6

stockage bois

bricolage

cave à vin enterrée Niv -2.00

rampe en béton desactivé

rampe béton

béton désactivé

fond bétonné pour passage du rail

pente naturelle 6,3 %

Talus 32,5 % au plus fort

13,33 %

5,9 %

14 %

5 %

ventilateur double flux

poêle à bois dans séjour

mur en terre pisé non enduit

bardage bois

lot maçonnerie : feuillure pour menuiserie

lot plomberie : Robinet de puisage

lot gros oeuvre : siphon

lot plomberie : Robinet de puisage pompe sur récupération d'eau de pluies

lot menuiseries extérieures : occultation et coulissage bleau au teinte RAL 8017

lot menuiseries extérieures : occultation et tapotage bleau au teinte RAL 8017

pose en applique extérieure en vue d'une future isolation

soufflage air pour séjour traversée MOB h 235 tbl

soufflage air pour séjour traversée MOB h 270 tbl

cheminée

ECS

VMC

SL

LV

Tableau

cardeau

enduit

enduit et laine de bois lot façade

LIMITE DE PROPRIETE

LIMITE DE PROPRIETE

N°48

Maître d'ouvrage
M. et Mme HORNUT Jean-Marie
54 rue de Maron - 54840 VILLEY-LE-SEC

Information
La parcelle se situe au 50 rue de Maron
54840 VILLEY-LE-SEC

Maison passive à VILLEY-LE-SEC

Plan de RDC

indice A

5 août 2014 | 1/50

DET | 2

atelier mpa MADDALON PIGUERAL ARCHITECTURE

Maître d'oeuvre
ATELIER MPA
BP15 - 54131 SAINT-MAX cedex
tel : 06.12.85.15.46 - E.mail : contact@atelier-mpa.com

2/ Plan du RDC du projet référence, dessinée sur ArchiCad (format A3)

C-09

C-11

B

C-08

C-11

Chambre 1
19,54 m²
Parquet
HSP suivant rampant

Salle d'eau
4,32 m²
Carrelage
HSP : 240

Chambre 2
13,50 m²
Parquet
HSP : 250

Bureau
8,51 m²
Parquet
HSP : 250

Chambre 3
12,53 m²
Parquet
HSP suivant rampant

Bibliothèque
1,00 m²

SdB
10,10 m²
Carrelage
HSP : 225

Dégagement
9,59 m²
Carrelage
HSP : 238

Séjour
44,34 m²
Carrelage
HSP suivant rampant

WC
2,44 m²
Carrelage
HSP : 225

Rgt
1,18 m²
HSP : 225

Niv +- 0.00

Entrée
4,70 m²
Carrelage
HSP : 238

Garage
50,08 m²

Niv + 0.20

Jardin d'hiver
18,38 m²
Carrelage

Niv + 0.10

Vestiaire
4,20 m²
Carrelage
HSP : 225

Buanderie
6,61 m²
Carrelage
HSP : 217

Cellier
7,96 m²
Carrelage
HSP : 217

Cuisine
15,11 m²
Carrelage
HSP : 250

atelier mpa
MADDALON PIQUEMIL ARCHITECTURE

Informations

Maître d'ouvrage :
M. et Mme HORNUT Jean-Marie
54 Rue de Maron - 54840 VILLEY-LE-SEC

Maître d'œuvre :
ATELIER MPA
BP15 - 54131 SAINT-MAX - CEDEX
tél : 0612851546 - mail : contact@atelier-mpa.com

Maison passive à Villey-le-Sec

Plan du Rez-de-Chaussée

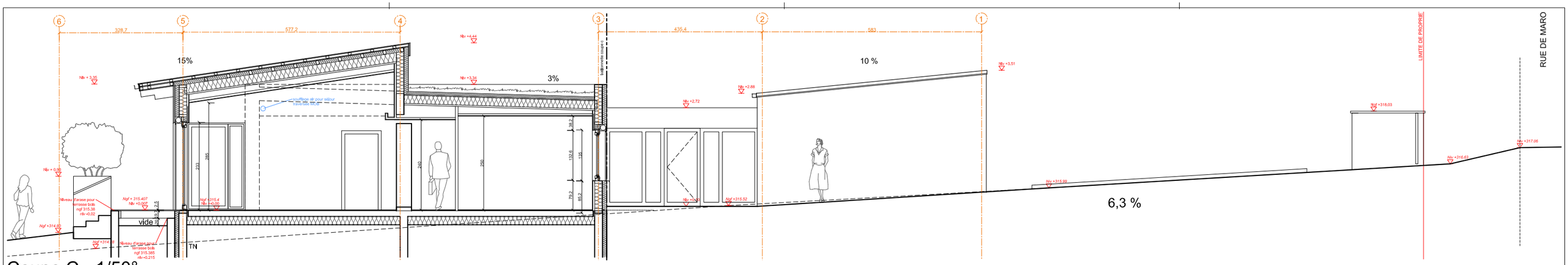
14/04/2015

1:50

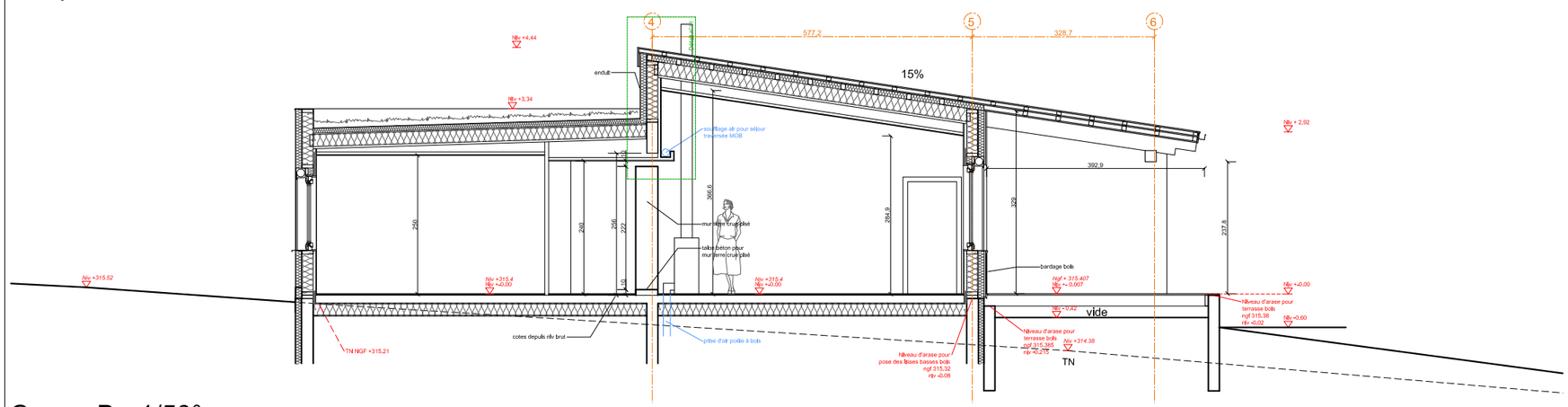
DET

1

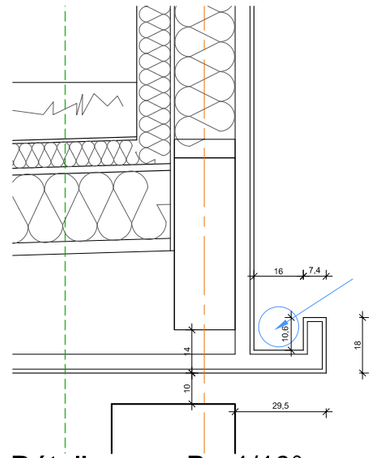
3/ Coupes (1) du projet référence, dessinées sur AutoCad (format A3)



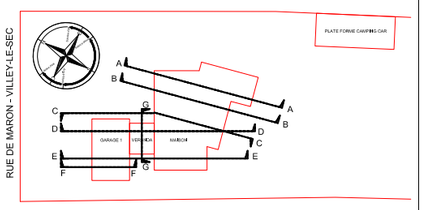
Coupe C - 1/50°

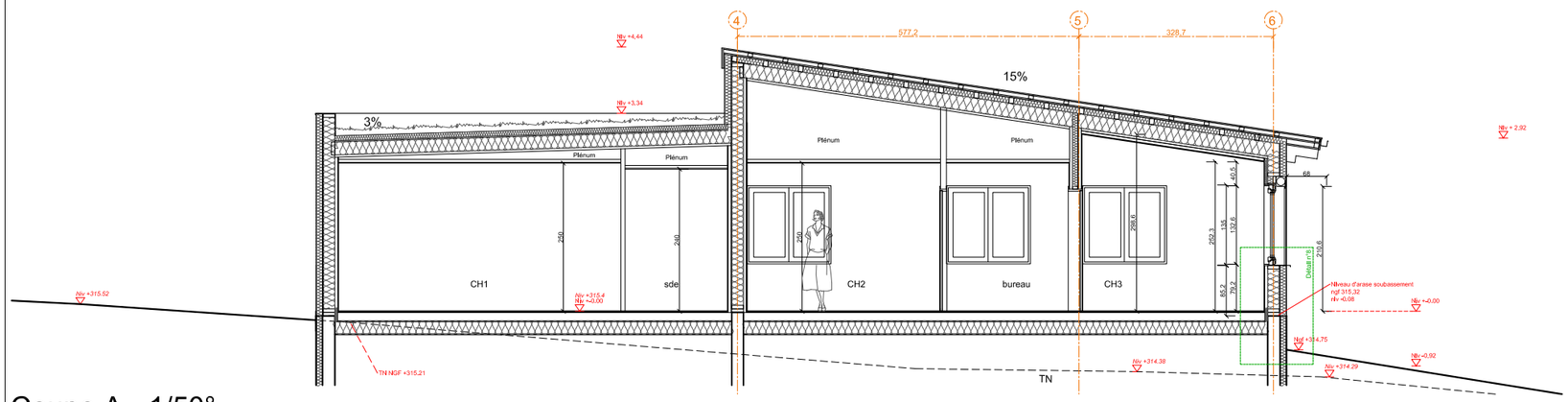


Coupe B - 1/50°

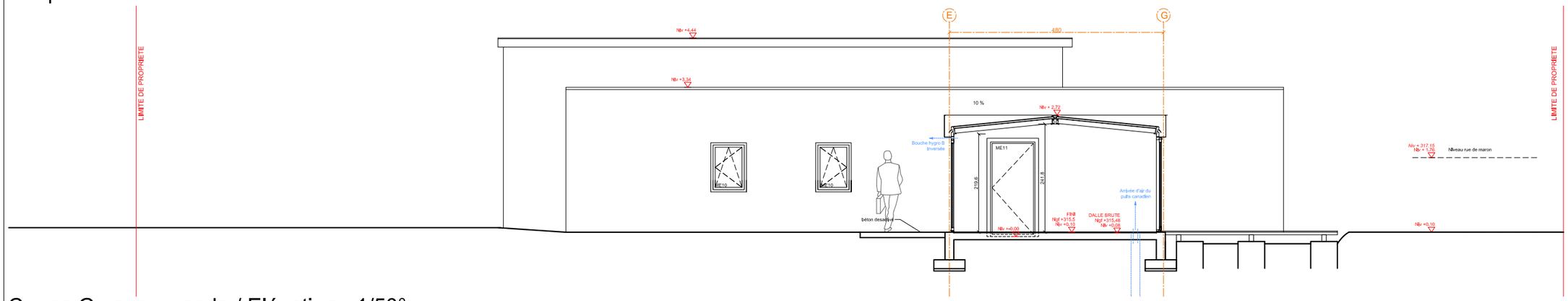


Détail coupe B - 1/10°





Coupe A - 1/50°



Coupe G - sur veranda / Elévation - 1/50°

Maître d'ouvrage
M. et Mme HORNUT Jean-Marie
54 rue de Maron - 54840 VILLEY-LE-SEC

Information
La parcelle se situe au 50 rue de Maron
54840 VILLEY-LE-SEC

Maison passive à VILLEY-LE-SEC

COUPES

indice A

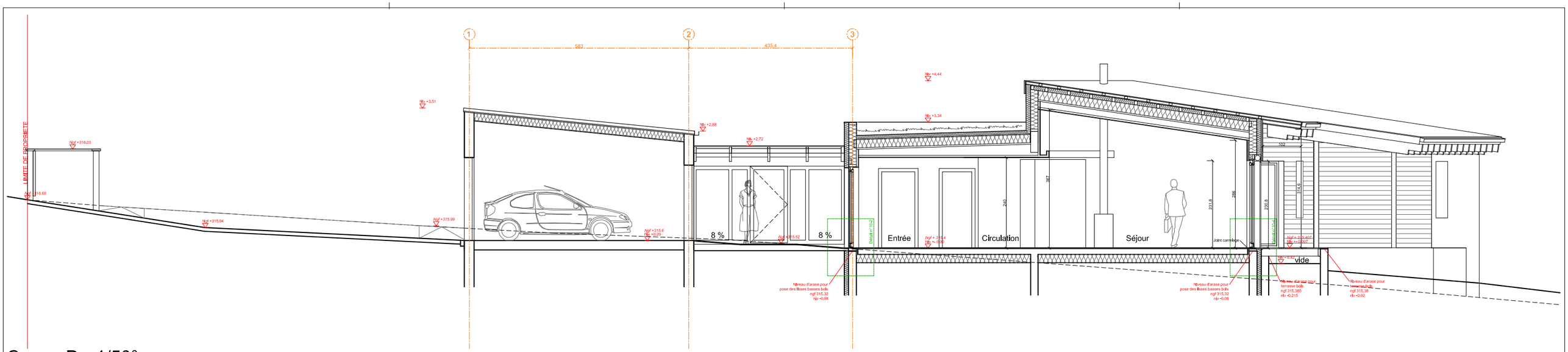
5 août 2014 | 1/50

DET | 3

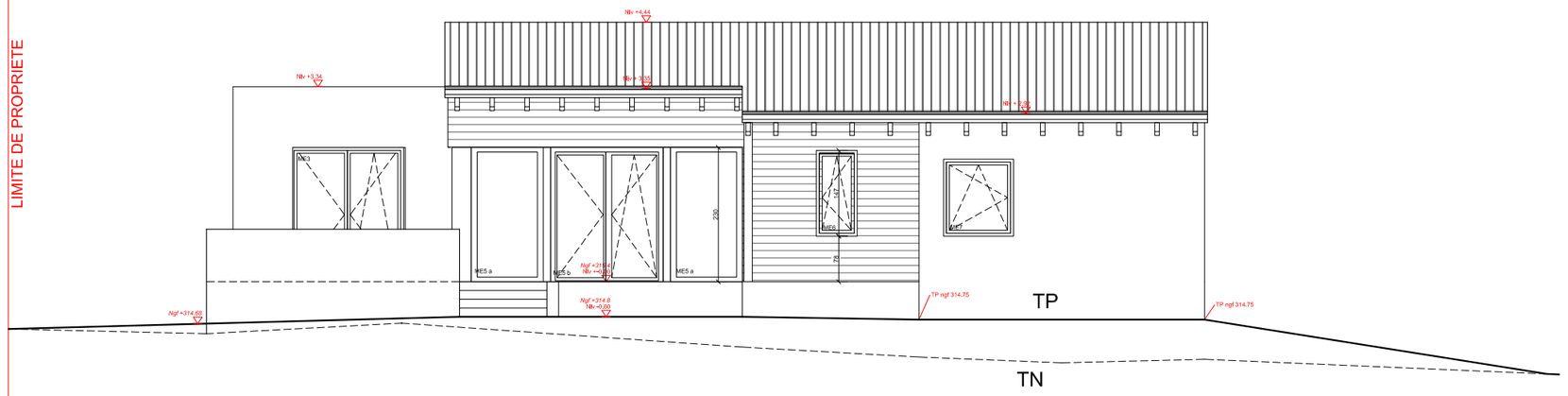
atelier mpa
MADDALON PIQUEMIL ARCHITECTURE

Maître d'oeuvre
ATELIER MPA
BP15 - 54131 SAINT-AMAX cedex
tél : 06.12.85.15.46 - E.mail : contact@atelier-mpa.com

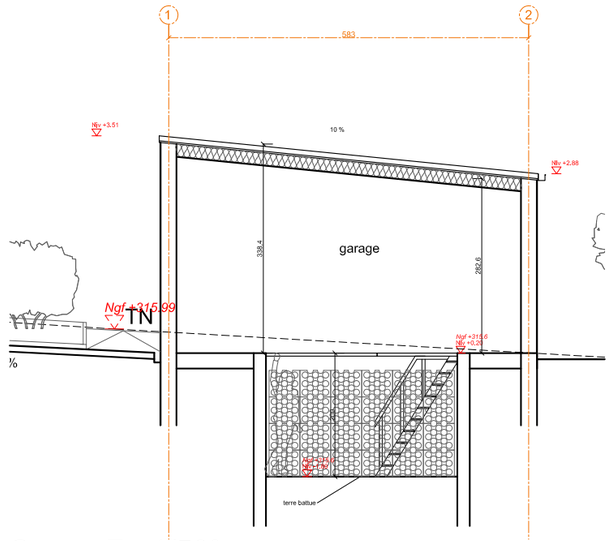
4/ Coupes (2) du projet référence, dessinées sur AutoCad (format A3)



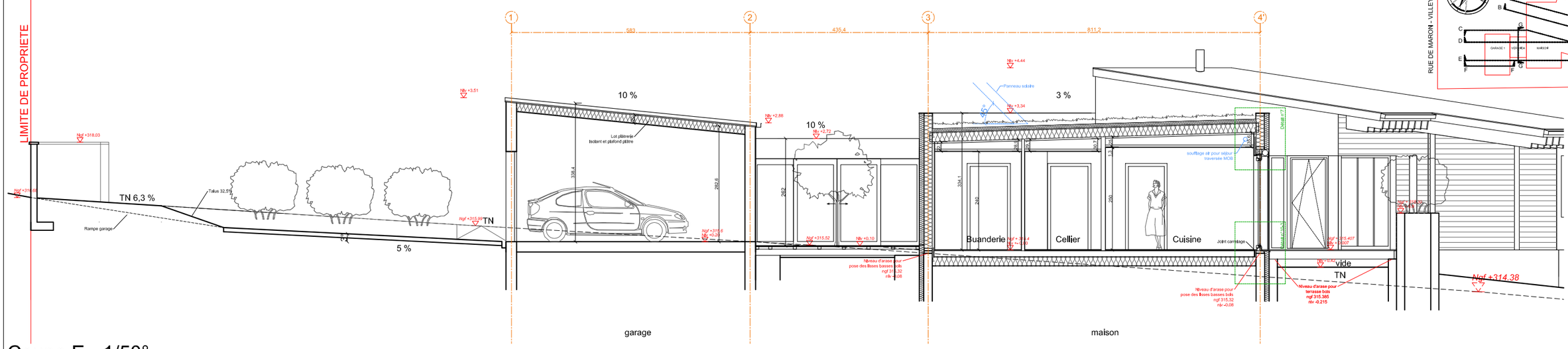
Coupe D - 1/50°



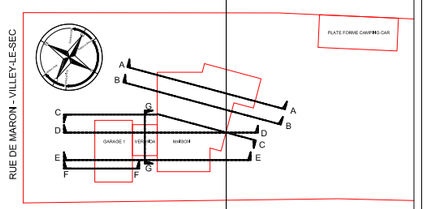
Façade Sud - 1/50°



Coupe F - 1/50°



Coupe E - 1/50°



Maître d'ouvrage
M. et Mme HORNUT Jean-Marie
54 rue de Maron - 54840 VILLEY-LE-SEC

Information
La parcelle se situe au 50 rue de Maron
54840 VILLEY-LE-SEC

Maison passive à VILLEY-LE-SEC

Coupe et façades

indice A

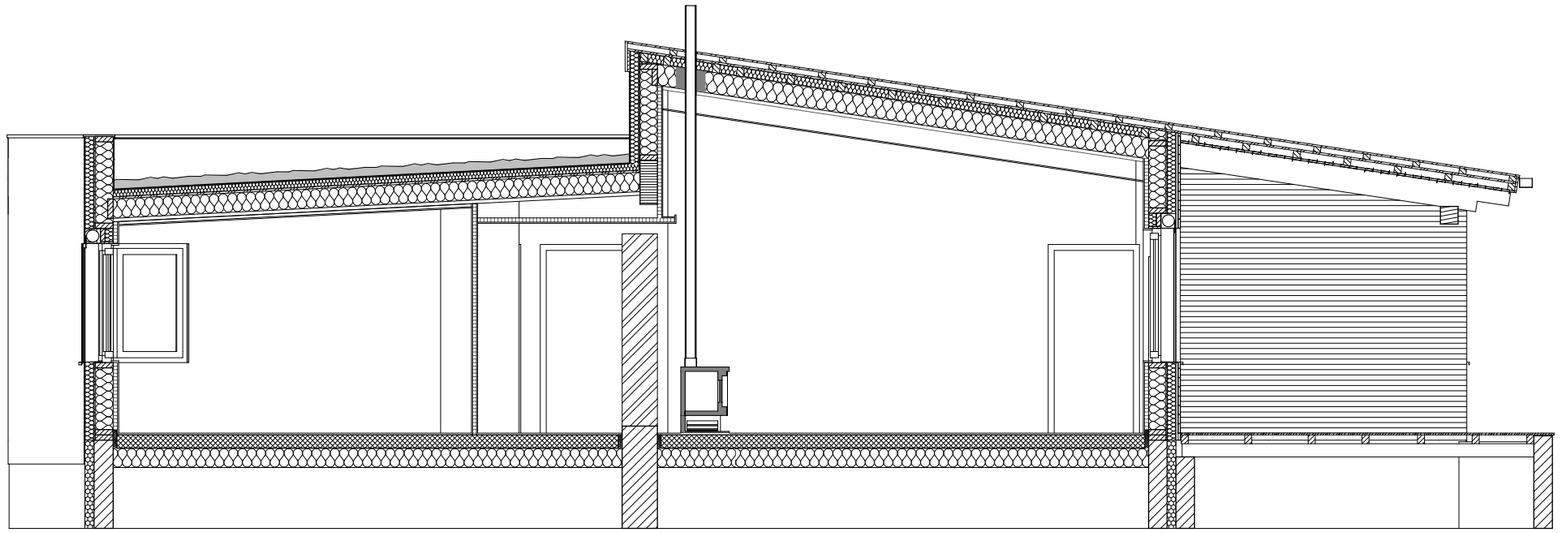
5 août 2014 | 1/50

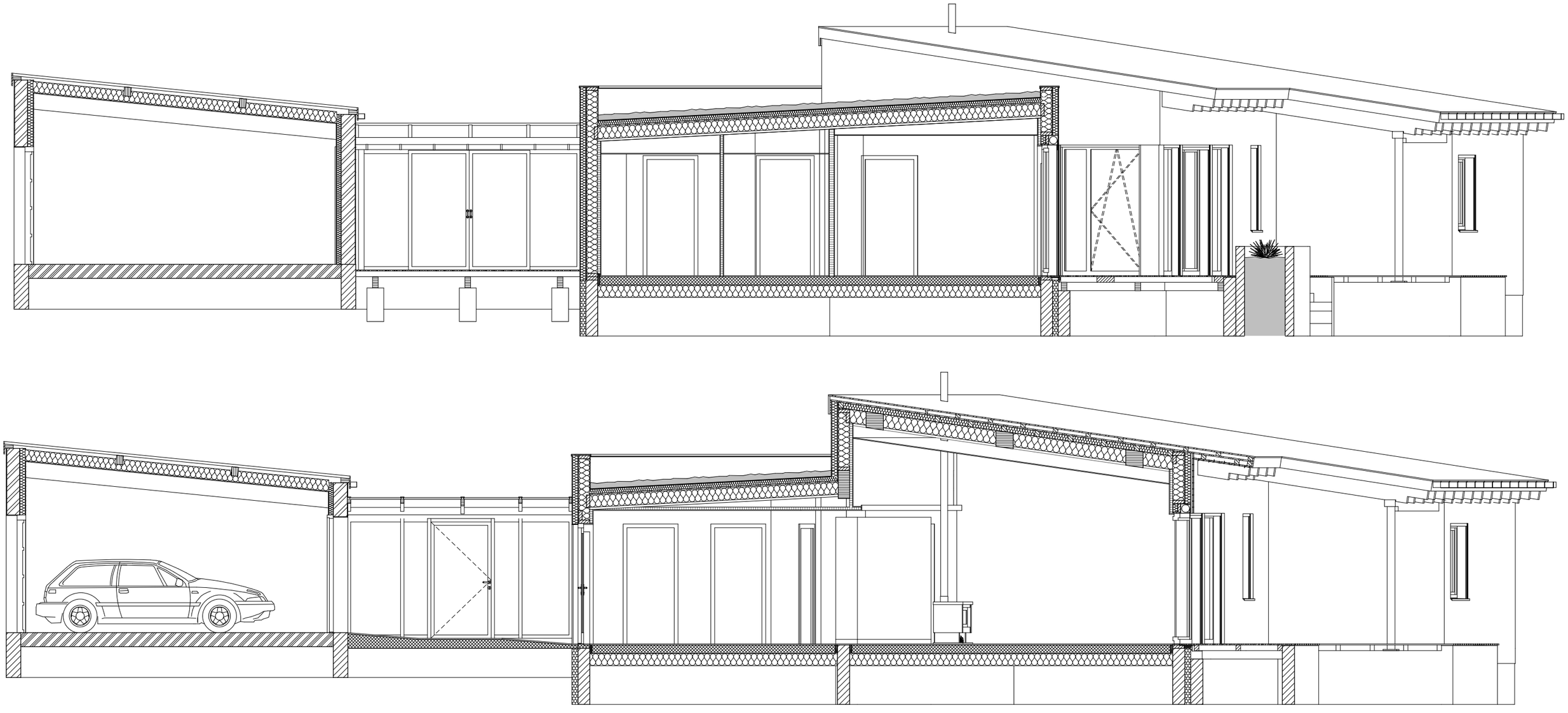
DET | 4

atelier mpa
MADDALON PIQUEMIL ARCHITECTURE

Maître d'oeuvre
ATELIER MPA
BP15 - 54131 SAINT-MAX cedex
tél : 06.12.85.15.46 - E.mail : contact@atelier-mpa.com

5/ Coupes du projet référence, dessinées sur ArchiCAd (format A3)





atelier mpa MADDALON PIQUEMIL ARCHITECTURE

Informations

Maître d'ouvrage :
M. et Mme HORNUT Jean-Marie
54 Rue de Maron - 54840 VILLEY-LE-SEC

Maître d'oeuvre :
ATELIER MPA
BP15 - 54131 SAINT-MAX - CEDEX
tél : 0612851546 - mail : contact@atelier-mpa.com

Maison passive à Villey-le-Sec

Coupes

15/04/2015

1:50

DET

2

Résumé :
Les agences d'architecture sont actuellement confrontées à la transformation de leurs méthodes de conception du projet et de gestion du chantier, induites par la révolution numérique du secteur du bâtiment. L'enjeu pour les architectes est d'arriver à saisir cette opportunité de reprendre la maîtrise globale de l'acte de construire. Ce travail s'articule autour de la maquette numérique, un modèle informatique regroupant l'ensemble des informations liées à un projet, que les différents acteurs peuvent s'échanger et compléter.

Dans le cadre de notre travail, nous nous sommes intéressés aux échanges de fichiers entre une agence d'architecture et une entreprise de charpente. Notre étude nous a amenés à manipuler des notions informatiques, des concepts de sciences sociales, mais également des aspects plus concrets de la vie d'une agence d'architecture et du fonctionnement interne d'une entreprise de charpente.

Marc RIBEREAU-GAYON

UMR 3495 MAP CRAI
ARCHITECTURE NANCY
UNIVERSITÉ DE LORRAINE