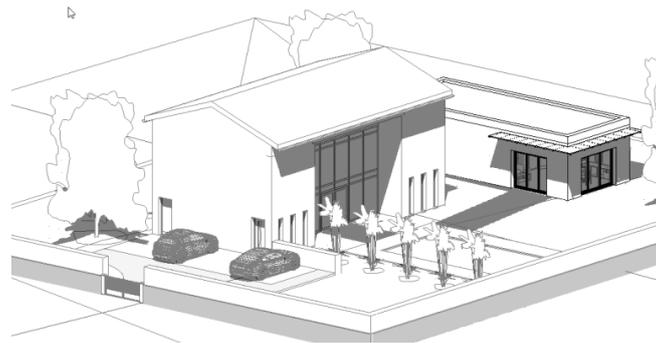
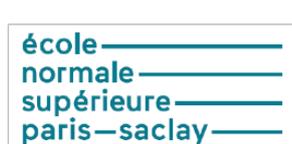


## Session 2b : Formations Bac+3/Bac+6

### Intégration du BIM dans le parcours de formation Licence-Master Génie Civil de l'Université de Nantes



#### Les soutiens d'EduBIM 2019



Ressource publiée sur Culture Sciences de l'Ingénieur : <http://eduscol.education.fr/sti/si-ens-paris-saclay>

# Intégration du BIM dans le parcours de formation Licence-Master Génie Civil de l'Université de Nantes

Pascal Rougeron<sup>(1)</sup> – Yann Gilbert<sup>(1)</sup> – Anne Sophie Enée<sup>(2)</sup> – Romain Clerc<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> *Faculté des sciences et techniques de l'université de Nantes*

<sup>(2)</sup> *Polytech' Nantes – Département Génie Civil*

## Résumé

Il y a quatre ans une réflexion sur l'intégration du BIM a débuté dans la filière Génie Civil de la faculté des Sciences de l'Université de Nantes. Ce projet a été validé par le conseil de perfectionnement. Il s'articule autour de trois phases : apprentissage de REVIT en L2, initiation à la conception collaborative et aux usages de la maquette en L3 (calcul de structure, métré/chiffrage, réalité virtuelle), et mise en situation professionnelle simulée en M1 et M2. A chacune de ces phases est associée une stratégie pédagogique spécifique (pédagogie « descendante » en L2, pédagogie de type « approche projet » en L3, mise en situation professionnelle simulée en M1 et M2). L'objectif est de faire du BIM le fil rouge de cette formation professionnalisante au public hétérogène et aux projets professionnels des étudiants très divers (de l'étude technique à la conduite de travaux en passant par la maîtrise d'œuvre).

## 1. Contexte de la formation

Le cadre général du retour d'expérience proposé ici concerne un cycle de formation Licence et Master au sein de l'UFR sciences et techniques de l'Université de Nantes. La licence SPI (sciences pour l'ingénieur) d'abord, généraliste, avec un parcours Génie Civil qui se dessine à partir de la L2, accueille en L3 un flux d'environ 50 étudiants dont plus de la moitié sont issus de la validation des acquis, après l'obtention d'un BTS ou d'un DUT. Le Master ensuite, alimenté à plus de 70% par la licence, comporte deux parcours de formation, CRB (conception et réalisation des bâtiments) et TP2M (travaux publics maritimes et maintenance), et s'articule autour d'un tronc commun. Le flux est d'environ 60 étudiants.

La formation est assurée sur le site délocalisé de Saint Nazaire, sauf la L2 qui est maintenue à Nantes dans le portail de la licence SPI. Le choix de Saint Nazaire résulte du fonctionnement global de la filière Génie Civil de l'Université de Nantes, qui regroupe l'IUT de Saint Nazaire, le département de Génie Civil de Polytech'Nantes, et notre équipe de l'UFR sciences. Cette proximité voulue permet une mutualisation de nombreux moyens expérimentaux et informatiques, et facilite les échanges entre collègues sur les pratiques pédagogiques. Enfin, nous disposons sur le bassin nazairien du Technocampus Smart Factory avec son centre industriel de réalité virtuelle, spécialisé dans la digitalisation de l'industrie ; centre avec lequel nous entretenons une collaboration régulière.

L'enseignement autour du BIM est décliné de la L2 au M2, soit sur 4 années de formation pour un étudiant qui suit la filière dans son intégralité. On peut déjà noter une hétérogénéité des publics à chaque niveau, liée au parcours initiaux de formations, en particulier pour les entrées en cours de cycle (L3 et M1) : les prérequis en compétences scientifiques (maths, informatique) et en usage des outils numériques sont très variés. Aussi, le Master de Génie Civil, à vocation professionnelle, fait appel à de nombreux vacataires dans les enseignements dispensés et offre aux étudiants des cycles importants de formation en entreprise, par les stages et l'alternance en Master 2. On s'appuie donc sur une équipe pédagogique diversifiée et inégale en usage des outils numériques, et des projets professionnels d'étudiants dans un large spectre autour de l'acte de construire. Les besoins de formation sur les questions du numérique peuvent être très différents selon les positionnements métiers, en particulier en ce qui concerne le BIM.

## 2. Le BIM comme fil rouge de formation du L2 au M2

La mise en place du contrat quinquennal 2017-2022 et des maquettes pédagogiques associées a mis en évidence le besoin de structurer et d'établir des perspectives sur le BIM. Besoins de la profession, demande des étudiants, évolution majeure perçue par les enseignants... Le tout à partir d'une feuille quasiment vierge.

Nous avons donc réfléchi à une approche globale, et établi un cadre général assez souple pour qu'il reste évolutif au cours de la mise en place des pratiques. D'emblée, nous avons perçu que l'enjeu de formation pour de futurs cadres en ingénierie et production ne se situait pas au niveau de la modélisation ni de la construction de la maquette, mais bien sur les usages et les paradigmes de l'acte de construire apportés par le BIM.

Nous retrouvons donc des modules autour de l'usage du BIM chaque année de la L2 au M2. L'ambition est aussi qu'après une prise en main ciblée et cadrée en L2 et L3, les étudiants s'approprient la démarche et systématisent leur approche "maquette" de façon autonome dans les projets de Master.

Nous avons donc mis en place les modules suivants, aux différents niveaux de formation :

- En L2, un module est consacré à la découverte du BIM et à la modélisation. Il s'agit pour les étudiants d'être capable de concevoir la maquette numérique d'un projet de bâtiment suivant la philosophie BIM, et d'exposer les principaux enjeux du BIM dans le Bâtiment. Cela passe par trois étapes : (i) la prise en main guidée d'un logiciel dédié pour la création d'une maquette numérique à partir de plans architecturaux; (ii) l'utilisation de la maquette BIM en autonomie pour proposer une rénovation architecturale de ce bâtiment – les étudiants développent un projet de rénovation par groupes et exploitent ensuite des outils « BIM » (chiffrage, phasage, étude d'ensoleillement) pour produire un dossier de rénovation ; (iii) la rédaction d'un rapport de synthèse pour prendre du recul sur le travail de modélisation effectué et le resituer dans la réalisation d'un projet BIM.
- En L3, un projet transversal permet très vite d'orienter le travail autour des usages de la maquette, avec plusieurs objectifs : l'interopérabilité d'abord, avec des exploitations produites en calcul de structures, en quantitatifs et méthodes, en modelage pour la réalité virtuelle. La maquette est ici exploitée comme une base de données riche et multiple et on s'appuie sur différents formats d'échanges dont l'IFC (Industry Foundation Classes). Ensuite, le projet est réalisé en mode collaboratif, avec une maquette centrale partagée sur le réseau par les étudiants d'un même groupe. Toujours en L3, les cours de Rdm et de BA sont l'occasion de travailler sur les modèles structuraux et le calcul numérique pour la conception et le dimensionnement des ouvrages. Dans ces deux modules, la plupart des activités confrontent le calcul manuel au modèle numérique, aussi bien en TD, en TP qu'en projet.
- En Master 1, un projet d'étude technique se concentre plus particulièrement sur l'usage de la maquette pour l'analyse mécanique structurelle. L'accent est mis sur le modèle analytique, son transfert vers un logiciel de calcul de structures, et son exploitation. Les compétences attendues concernent la modélisation spatiale, la conception (stabilité, descente de charges), le calcul réglementaire (multi matériaux), et enfin la validation des résultats par des auto-contrôles et des calculs manuels.
- En Master 2 pour finir, le projet d'étude de prix va progressivement s'appuyer sur l'exploitation d'une maquette pour les métrés, la préparation de chantier, les plannings (4D et 5D) et in fine le chiffrage.

Ce fil rouge reste incomplet puisque la dimension équipements techniques (chauffage, ventilation, climatisation) n'est pour le moment pas abordée. Le master 2 parcours CRB comporte un projet d'études techniques Chauffage / climatisation qui pourrait à l'avenir être le support de ce champ d'applications.

### 3. Choix des logiciels

Le choix des outils retenus et en particulier le choix du modelleur BIM a été guidé par les résultats d'une enquête menée auprès des bureaux d'études de la région nantaise il y a 5 ans. Ce choix a été évidemment conforté par la stratégie commerciale de l'éditeur Autodesk, et a été également fait par l'ensemble des enseignants de la filière GC de l'université de Nantes, après concertation et formation de l'équipe pédagogique. Nous utilisons donc REVIT, ROBOT et Naviswork. Le choix de l'outil de réalité virtuelle a été dicté par la proximité géographique avec le centre de réalité virtuelle du technocampus situé à quelques kilomètres de Saint Nazaire. Nous utilisons Unity pour le transfert de fichier et une application développée par le technocampus pour le transfert vers le logiciel de réalité virtuelle associé à notre casque HTC Vive. Pour la liseuse IFC, nous avons retenu Bim vision arbitrairement.

### 4. Stratégies pédagogiques

L'objectif initial qui nous a permis de bâtir notre projet de formation a été de mettre en place des scénarios de formation qui initient des dynamiques de projet de groupes. Notre objectif est de faire comprendre aux étudiants que le BIM est une démarche et pas seulement l'usage d'outils numériques.

Comme précisé, le projet de formation comporte 3 phases. Pour chacune d'entre elle, la stratégie de formation est spécifique.

#### 4.1 Phase 1 : appropriation de l'usage du modelleur 3D :

La première phase est une phase de prise en main guidée pas à pas de REVIT, constituée d'un module de formation de L2. L'objectif est de découvrir l'utilisation d'un modelleur volumique, de faire le lien entre représentation plane et représentation spatiale et de percevoir l'intérêt du processus BIM notamment dans la gestion du cycle de vie d'un bâtiment. L'approche pédagogique est de type « descendante » sur la base d'un exemple très détaillé que les étudiants doivent suivre pas à pas. L'enseignant donne le rythme des acquisitions et les séances sont programmées avec un avancement « frontal » semblable pour tous les étudiants. Cette approche est rendue possible parce que les étudiants découvrent le logiciel et le niveau est donc très homogène. Cette stratégie permet dans un premier temps, de permettre à tous les étudiants d'acquérir un niveau de compétence leur permettant d'être autonome. Rapidement, les étudiants peuvent aller chercher des informations complémentaires sur Internet, les comprendre et peuvent ainsi se les approprier. Cette capacité « autoformation » et d'auto appropriation des informations disponibles sur Internet sera exploitée dans la deuxième phase du projet de formation.

##### 1.1.1 Première partie : Modélisation individuelle guidée

Dans un premier temps, et après un cours sur le processus BIM et ses enjeux, les étudiants sont initiés à la conception de maquette numérique avec REVIT par modélisation complète – des fondations aux finitions – d'une villa. Celle-ci est dérivée d'un support pédagogique produit par E. Holtz (Figure 8-1). Le dossier support, traditionnel, est constitué de plans (élévations, coupes, plans d'architecte, plans de structure) que les étudiants apprennent à lire par « autoformation », et ce au fur et à mesure de la modélisation. En effet, celle-ci est guidée par un tutoriel « papier » – doublé par des vidéos accessibles en ligne – qui se veut de moins en moins détaillé au fil de l'avancement. Par ailleurs, puisque la L2 est le point d'entrée de nos étudiants dans le Génie Civil, ce travail, couplé à la rédaction du rapport de

synthèse (troisième partie) leur permet également de fixer la terminologie du bâtiment et d'appréhender les modes de réalisations des différents éléments.



Figure 8-1 – source du bâtiment support (E. Holtz) : [http://eduscol.education.fr/sti/ressources\\_pedagogiques/bim-formation-revit-2016-0#description](http://eduscol.education.fr/sti/ressources_pedagogiques/bim-formation-revit-2016-0#description)

A l'issue de cette activité, les étudiants sont invités à modéliser en totale autonomie l'annexe de la villa (à droite sur la Figure 8-1) à partir du dossier de plans fourni. Ce travail permet d'évaluer leurs compétences de modélisation et de communication sur REVIT.

Il ressort de cette première partie une attitude volontaire des étudiants vis-à-vis de la réalisation en 3D, qui leur permet en grande majorité d'acquérir non seulement la maîtrise des outils de conceptions de base sur Revit, mais aussi les compétences de base en lecture de plan et en terminologie de la construction.

### 1.1.2 Deuxième partie : Rénovation individuelle en autonomie

Après s'être initié à l'utilisation de REVIT, les étudiants sont invités à proposer un projet de rénovation bioclimatique de l'annexe de la villa (Figure 8-2) – par groupe de 4 à 5 – et à insérer individuellement et en autonomie ce projet dans la maquette numérique. C'est lors de ce travail que l'intérêt du BIM commence à transparaître, puisque l'utilisation des phases et des variantes, couplée l'étude d'ensoleillement et au chiffrage implémentés dans REVIT permet aux étudiants d'élaborer, d'implémenter et de communiquer leur projet, tout en l'inscrivant dans le cycle de vie du bâtiment. Par ailleurs, puisque nos étudiants découvrent le Génie Civil, cette partie est l'occasion de soulever des problématiques désormais incontournables telles que l'impact environnemental des constructions.

Ce travail permet d'évaluer les compétences de modélisation acquises ainsi que la capacité d'appropriation de nouveaux outils en temps limité et de communication de projet.

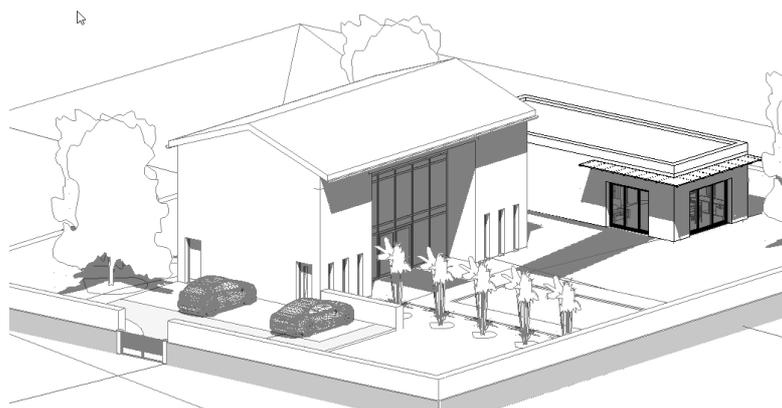


Figure 8-2 - bâtiment support après rénovation

### 1.1.3 Travail annexe : rapport de synthèse

Au cours du module, les étudiants rédigent – par groupes de 4 ou 5 – un rapport comportant un chapitre sur le BIM et ses enjeux actuels – qu'ils alimentent de leur expérience en classe et d'interview(s) de professionnel(s) – ainsi qu'un chapitre sur la réalisation in situ du bâtiment modélisé. Nous les amenons ainsi à se questionner sur les différents corps d'états intervenant dans la réalisation d'un bâtiment et sur leur coordination, que le BIM entend faciliter. Par ailleurs, ce rapport est également un prétexte à l'« autoformation » des étudiants sur les méthodes de constructions d'ouvrages classiques, pour développer leur culture Génie Civil.

Il est important de rappeler que ce travail sur la culture Génie Civil – annexe à l'utilisation de Revit – n'est pas anecdotique dans cette Phase 1 puisque, dès l'entrée en L3, les étudiants de L2 seront rejoints par des étudiants d'IUT et de BTS.

## 4.2 Phase 2 : Mise en place de la gestion de projet BIM :

La deuxième phase, à destination des étudiants de L3 (groupe important et très hétérogène), a pour but de mettre en place une démarche structurée de projet sur le thème de la modélisation numérique.

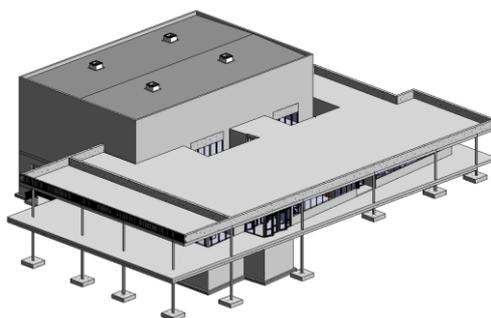


Figure 8-3 – Exemple de projet L3

Les étudiants de L3 sont d'origine diverses avec un niveau de maîtrise de l'utilisation de REVIT très hétérogène. Cette partie de formation comporte deux parties : la première est consacrée à la modélisation collaborative, et la deuxième est dédiée à l'usage de la maquette (calcul structure, métré, réalité virtuelle, liseuse IFC).

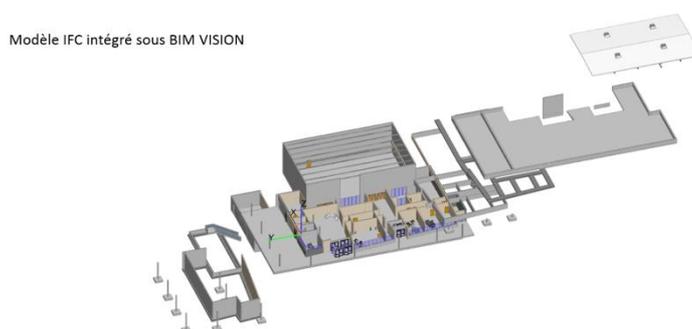


Figure 8-4 – Exemple d'utilisation de la liseuse IFC

L'approche pédagogique est sur cette phase de type « approche projet ». Ce choix de stratégie pédagogique se caractérise par la mise en place d'un jeu de rôle. L'objectif est que les étudiants commencent à associer l'utilisation du modèle volumique et de la démarche projet (démarche BIM). Notre exigence est la mise en place d'une structuration des groupes dans laquelle chaque étudiant a une fonction particulière (figure 4) : un chef de projet, responsable de la planification des étapes de travail et interlocuteur unique de l'enseignant, un référent REVIT, seul étudiant à assister aux séances de cours consacrés à l'utilisation de REVIT, un BIM manager, responsable de la coordination lors des phases de travail collaboratif et du stockage/transfert/usage de la maquette.



Figure 8-5 – Principe de structuration des groupes projet

Cette distribution des rôles permet de créer une dynamique d'équipe vraiment intéressante. Chaque étudiant a sa part de responsabilité dans la réussite, ou l'échec d'ailleurs, du projet. Sur les phases de formation REVIT, l'obligation de restitution des indications de l'enseignant vers les collègues du groupe induit une écoute et une curiosité de qualité de l'étudiant référent REVIT. Cet étudiant complète d'ailleurs, très fréquemment, les indications de l'enseignant par des informations trouvées sur Internet ou dans des ouvrages. Cet effet « autoformation » est pour nous essentiel pour aller vers l'autonomie dans l'usage des outils numériques proposés.

#### 1.1.4 Première partie : Modélisation collaborative :

Dans la première partie, consacrée à la modélisation collaborative, chaque étudiant est responsable d'un "lot technique" ou d'une zone de l'ouvrage (figure 5).

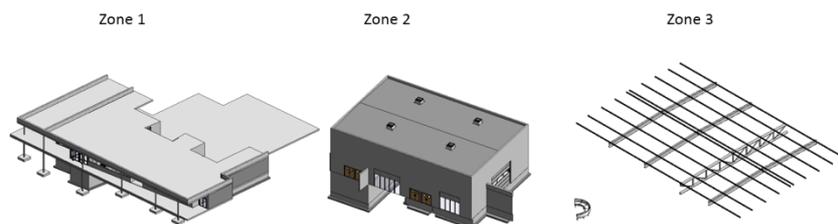


Figure 8-6 – Exemple de décomposition de l'ouvrage pour le travail collaboratif

Chaque groupe modélise la structure à partir d'un DCE en dwg (Figure 8-7).

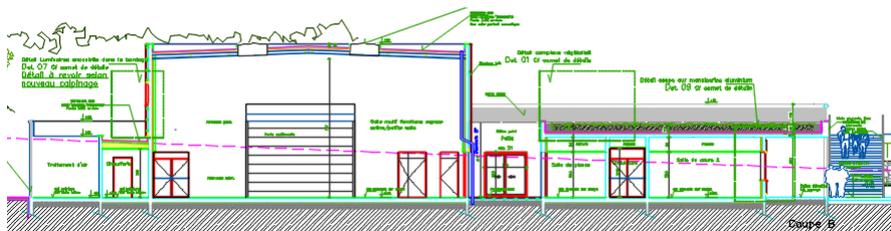


Figure 8-7 – Exemple d’information fournie aux étudiants (extrait DCE au format dwg)

Cette partie met en évidence les difficultés du travail collaboratif (organisation de l'avancement, gestion des droits ...) mais également les intérêts de ce type d'approche (gain de temps pour la modélisation d'un projet complexe). L'avancement du projet est géré par le chef de projet, tandis que le BIM manager s'assure de la bonne mise en place et du respect de la procédure de travail collaboratif (Figure 8-8).



Figure 8-8 – Logique de travail collaboratif

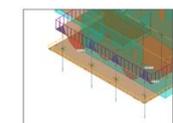
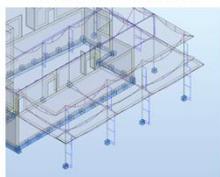
Un des effets induits par la structuration des groupes « projet » est la possibilité de réduire la taille du groupe lors des phases de "cours" REVIT. En effet, seul l'étudiant référent REVIT est présent et il a la charge de transmettre à ses collègues les informations transmises par l'enseignant.

### 1.1.5 Deuxième partie : usages de la maquette numérique :

La deuxième partie est consacrée à l'utilisation de la maquette autour de trois axes, le calcul de structure (descente de charge Figure 8-9), le métré (définition des volumes de béton, poids d'acier Figure 8-10), la réalité virtuelle (visite technique faite par l'étudiant pour décrire la conception structure Figure 8-11, Figure 8-12, Figure 8-13 et Figure 8-14).

#### Description projet

Calculs de Structure sous ROBOT



Intégration des résultats sous REVIT

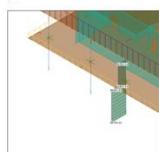


Figure 8-9 – Exemple d’utilisation du modèle analytique



Figure 8-10 – Exemple d’intégration sous Naviswork pour analyse des métrés et visualisation du phasage global de chantier

Cette partie met en évidence deux points singuliers. Le premier révèle que la modélisation initiale en général ne permet pas un transfert immédiat vers les applications tierces mais nécessite des adaptations en fonction des besoins (modèle analytique, définition des éléments en fonction des informations exploitée pour le métré).

Le deuxième concerne la mise en place et l'usage de la réalité virtuelle. Le logiciel UNITY nous semblait au départ compliqué d'utilisation mais les étudiants se le sont appropriés très facilement grâce entre autre, aux nombreux tutoriels accessibles sur le WEB. Une nouvelle fois, cette phase d'autoformation a été très fructueuse. Enfin la visite technique finale de l'étudiant à travers sa maquette pour expliquer aux enseignants la logique de conception structurelle a révélé une appropriation surprenante de l'ouvrage étudié. Cette visite a permis aux étudiants de visualiser les défauts de la maquette numérique de façon infiniment plus simple grâce à l'immersion dans le modèle virtuel.

Modèle REVIT intégré sous Unity pour la visite en Réalité Virtuelle



Figure 8-11 – Illustration de l'intégration du modèle Revit sur Unity 3D

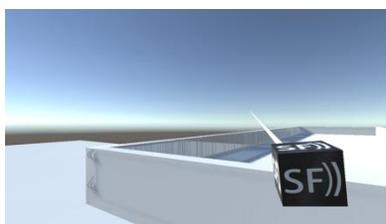


Figure 8-12 - illustration de la visualisation des armatures et exemple de détection de défaut pendant la visite virtuelle



Figure 8-13 – visite intérieure de la salle de spectacle qui permet de mieux comprendre la conception de la structure



Figure 8-14 – visite extérieure de l'ouvrage qui permet de mieux comprendre l'architecture globale du projet

### 4.3 Phase 3 : Mise en situation professionnelle simulée des usages de la maquette

La troisième phase est mise en place en M1 et M2. Elle s'appuie sur les deux phases précédentes et a pour objectif de mettre les étudiants en situation professionnelles simulées. Pour le moment, seuls deux aspects sont explorés, le calcul de structure et le chiffrage des ouvrages. Les stratégies d'enseignement sont différentes. Le principe est de confronter l'analyse conduite manuellement et les résultats numériques obtenus à partir de la maquette numérique. L'objectif n'est plus la modélisation de l'ouvrage mais uniquement l'exploitation qui est faite des usages possibles de la maquette numérique. Ces projets sont conduits conjointement par un professionnel du secteur en activité et un enseignant.

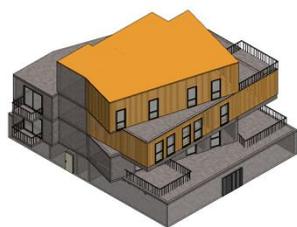


Figure 8-15 – Exemple de projet traité en M1

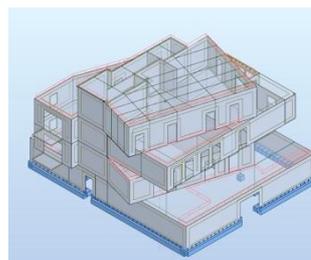


Figure 8-16 Exemple d'exploitation avec Robot en M1

Le professionnel du secteur pilote les étudiants sur l'analyse "traditionnelle" du projet, et l'enseignant guide les étudiants qui modélisent et exploitent le modèle. A nouveau, une approche projet est mise en place de telle sorte à ce que les étudiants participent à la fois à l'analyse manuelle mais aussi à l'analyse de résultats numériques. Plusieurs revues de projet sont organisées au cours du module et chaque étudiant doit expliquer l'état d'avancement de la partie sur laquelle il n'a pas travaillé.

Les effets observés sont intéressants. La maquette permet une visualisation spatiale qui aide grandement les étudiants à la compréhension de la logique de transfert de charge pour l'analyse de la descente des charges et l'identification des zones à problème. La confrontation des résultats obtenus manuellement et de ceux calculés a entraîné des discussions scientifiques et techniques concernant le calage du modèle numérique, que seule cette analyse spatiale peut permettre.

Pour le moment, cette stratégie fonctionne très bien sur un module de calcul de structure, mais est plus difficile à mettre en place sur le module consacré au métré/chiffrage. Cette année, pour la première fois, la maquette numérique a été intégrée au module Étude de prix / Méthodes. Les étudiants travaillent sur un Dossier de Consultation des Entreprises (DCE) qu'ils ont choisi en accord avec les enseignants. L'objectif de ce module est d'aboutir au prix de vente du lot gros œuvre de l'ouvrage et de préparer le chantier (planning, plan d'installation de chantier et rotation de matériel).

La maquette dessinée par les étudiants doit leur permettre d'accéder aux quantités (dimensions, surfaces de coffrage, volumes, masse d'acier...) concernant les éléments de structure : fondations, voiles, poutres, poteaux, planchers.

Les difficultés rencontrées sont liées à la définition du modèle initial : jonction entre les différents éléments, volumes de béton incohérents avec les dimensions récupérées, distinction entre les voiles intérieurs ou de façade, etc... D'où des écarts parfois important entre quantitatifs manuels et numériques.

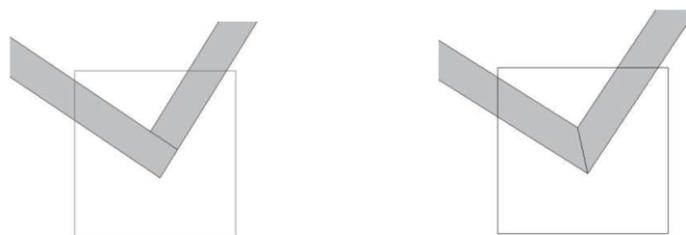


Figure 8-17 – Exemple de type de jonction entre voiles

<b>&lt;05 - Plancher haut Rdc&gt;</b>						
A	B	C	D	E	F	G
Type	Matériau structurel	Nombre	Niveau	Epaisseur du porte	Surface	Volume
R+1						
BA C25/30 e=20cm	C25/30	2	R+1	20	250.09 m <sup>2</sup>	50.02 m <sup>3</sup>
BA C25/30 e=23cm	C25/30	1	R+1	23	58.68 m <sup>2</sup>	13.50 m <sup>3</sup>
BA C25/30 e=25cm	C25/30	2	R+1	25	639.75 m <sup>2</sup>	159.94 m <sup>3</sup>
Total général: 5					948.52 m <sup>2</sup>	223.45 m <sup>3</sup>

Figure 8-18 – Exemple de nomenclature de plancher

Obtenir des quantitatifs fiables nécessite d'abord une bonne compréhension du processus d'étude de prix / méthodes, une bonne connaissance des différents types d'informations que l'on souhaite récupérer et de la rigueur lors de la modélisation.

Ainsi une bonne réflexion préalable à la modélisation (par exemple la réalisation d'un métré manuel sur une petite partie de l'ouvrage) ainsi que l'établissement d'une sorte de « guide des bonnes pratiques en vue du métré opérationnel » permettront d'obtenir des résultats fiables.

A l'avenir, on peut imaginer l'utilisation de la maquette pour la planification 4D, la rotation de matériel...

## 5. Conclusions

La mise en place du projet de formation cohérent intégrant le BIM est difficile. Il nécessite de modifier des habitudes. En particulier, les découpages horaires de formation n'intègrent pas le temps nécessaire à la modélisation ou à l'usage des outils numériques associés à la maquette. Les emplois du temps des étudiants sont trop chargés pour qu'ils puissent y consacrer le temps nécessaire en dehors des heures d'enseignement. De plus, l'accès aux matériels informatiques en dehors des heures d'enseignement n'est pas toujours facile. Et les équipements personnels des étudiants ne sont pas nécessairement suffisamment performants pour être utilisés. Enfin, nos formations font appel à de nombreux vacataires qui ne possèdent pas forcément les compétences (ou la volonté) pour intégrer dans leurs enseignements l'usage de la maquette et du BIM en général. Plus généralement, le coût global (investissement humain et financier) nécessaire à l'intégration du BIM dans une formation existante est énorme et est un frein considérable même si tous les acteurs de la formation s'accordent à penser que l'intégration du BIM est indispensable.

En revanche, nous avons noté des effets induits qui nous incitent à continuer dans cette voie. L'utilisation des outils numériques rendent plus attrayantes les études techniques. De plus en plus d'étudiants choisissent cette voie professionnelle. De surcroît, le modèle numérique est vraiment une aide à la compréhension des problèmes technologiques et permet de s'affranchir des techniques lectures de plan, souvent mal maîtrisées. Il permet également de visualiser les détails d'interface sur lesquels l'attention n'était pas nécessairement posée lors d'une étude globale : le modèle numérique opérationnel, pour être exploitable, nécessite une description très détaillée des ouvrages.

Pour conclure, nous sommes confrontés aux mêmes difficultés que celles rencontrées dans les entreprises et qui sont liées à des changements d'habitude : prise en compte du temps de modélisation, développement des compétences pour l'usage du modèle numérique, investissement humain et financier nécessaire à une mise en place effective d'une démarche BIM, appropriation et adaptation des outils logiciels.

En ce qui nous concerne, nous avons le sentiment que le BIM peut être un fil rouge qui donne une cohérence supplémentaire au cycle de formation complet du L2 jusqu'au M2.