

Master of Science HES-SO en Ingénierie du territoire Orientation Géomatique

Autodesk: du nuage de points à la modélisation de données des bâtiments

Fait par

Michaël Ducret

Sous la direction de

Prof. Vincent Barras

Département Environnement Construit et Géoinformation (Ec+G), HEIG-VD, Yverdon-les-Bains

Table des matières

1	Résumé.....	4
2	Introduction.....	5
2.1	Cahier des charges.....	5
3	Choix du bâtiment	6
4	Acquisition des données.....	7
4.1	Méthode d'acquisition	7
4.1.1	Méthode avec le C10.....	7
4.1.2	Méthode avec le FARO	7
4.1.3	Points de liaison.....	8
5	Autodesk ReCap Pro	9
5.1	Présentation	9
5.1.1	Version du produit.....	9
5.1.2	Import et export de données	9
5.2	Importation des données	9
5.2.1	Problèmes rencontrés	10
5.2.2	Décision pour le projet d'approfondissement	10
5.3	Recalage	11
5.3.1	Recalage automatique.....	11
5.3.2	Recalage manuel	11
5.3.3	Indexation des nuages.....	12
5.3.4	Rapport de recalage	12
5.4	Recalage de nuages structurés.....	12
5.4.1	Recalage automatique.....	12
5.4.2	Recalage manuel	13
5.4.3	Comparaison recalage automatique et manuel.....	14
5.5	Recalage de nuages non structurés.....	14
5.5.1	Recalage automatique.....	14
5.5.2	Recalage manuel	15
5.6	Recalage dans Cyclone	15
5.6.1	Principe de calcul.....	15
5.6.2	Comparaison ReCap - Cyclone.....	16
5.7	Référencement.....	16
5.8	Éléments à approfondir.....	16
5.9	Conclusion	17
6	Revit - Modélisation BIM.....	19
6.1	BIM, Définition	19
6.2	Présentation de Revit.....	20

6.2.1	Version du produit.....	20
6.3	Procédure de modélisation	20
6.3.1	Modélisation.....	20
6.3.2	Vues	20
6.3.3	Descriptions des objets	22
6.4	Modélisation à partir de plan	22
6.5	Modélisation à partir du nuage de points	24
6.5.1	Importation nuage de points.....	24
6.5.2	Détermination des niveaux	25
6.5.3	Orientation des élévations	25
6.5.4	Modélisation simplifiée	25
6.5.5	Modélisation rigoureuse	26
6.6	Temps de réalisation	29
6.6.1	Etape 1 - A partir d'un plan	29
6.6.2	Etape 2 – Modélisation simplifiée	29
6.6.3	Etape 3 – Modélisation rigoureuse	29
6.7	Eléments à approfondir.....	29
6.8	Conclusion	29
7	Conclusion	31
8	Références.....	32
9	Liste des figures	32
10	Liste des tableaux	32
11	Liste des annexes.....	33

1 Résumé

Comment passer d'un nuage de points à un bâtiment modélisé en 3D et qui plus est en BIM?

Tout commence par l'acquisition d'un bâtiment à l'aide d'un laser scanner, afin d'obtenir des données sous forme de nuages de points. Puis, le recalage des différents nuages obtenus pour avoir une vue entière du bâtiment.

Pour réaliser cette opération de recalage, le logiciel ReCap, développé par Autodesk, est proposé. Le but est de déterminer s'il est aussi performant qu'un logiciel constructeur, tel que Cyclone, logiciel développé par Leica Geosystems.

Lorsque les données sont recalées, la deuxième partie de ce projet d'approfondissement peut commencer, soit la modélisation du bâtiment en BIM. Là, il s'agit du logiciel Revit, également développé par Autodesk, qui prend le relais.

L'objectif de cette modélisation est de définir si la réalisation d'un modèle 3D, à partir d'un nuage de points est envisageable ou si des compromis doivent être pris pour pouvoir y parvenir.

2 Introduction

Le présent projet d'approfondissement s'inscrit dans le cadre de la formation du Master en Ingénierie du Territoire (MIT), orientation géomatique.

2.1 Cahier des charges

L'intégralité du cahier des charges est disponible en Annexe 1.

Le travail à effectuer pour ce projet d'approfondissement se divise en deux parties.

La première partie consiste à acquérir des données sous forme de nuages de points, afin de pouvoir les recaler dans le logiciel Autodesk ReCap. Le but étant d'analyser la procédure, ainsi que les résultats obtenus. Une comparaison de ces résultats sera effectuée avec le logiciel de traitement de nuages de points développé par Leica Geosystems, Cyclone.

La seconde partie a pour objectif de modéliser le nuage de points dans le logiciel Revit, afin de créer un BIM. La modélisation se fera en trois étapes :

- à partir de plans;
- à partir du nuage de points, de manière simplifiée
- à partir du nuage de points, de manière rigoureuse

Ceci permettra de tester la réactivité du logiciel à modéliser un objet selon différentes contraintes.

3 Choix du bâtiment

Afin de pouvoir, d'une part, effectuer un calcul d'assemblage de nuages de points avec le logiciel ReCap et, d'autre part, réaliser un modèle BIM avec le logiciel Revit, un bâtiment a été choisi qui puisse permettre la réalisation de ce projet d'approfondissement.

L'étudiant ayant eu le choix du bâtiment pour réaliser ce travail, il a opté pour son lieu d'habitation qui se situe au chemin de la Bergerie 10 sur la commune de Saint-Légier-la Chiésaz.

Il s'agit d'une maison d'habitation composée de deux logements répartis sur trois niveaux, dont la surface au sol est d'environ 188 m².



Figure 1. Localisation du bâtiment test © Etat de Vaud, géodonnées © Swisstopo

4 Acquisition des données

Les relevés intérieurs et extérieurs du bâtiment ont été effectués à l'aide de deux instruments, le laser scanner C10 de Leica Geosystems et le laser scanner FARO Focus 3D de la société FARO.



Figure 2. Leica ScanStation C10 et Faro Focus 120 © Leica Geosystems et FARO

L'utilisation de deux instruments n'avait pas pour but de faire une comparaison entre ces derniers, mais plutôt de permettre à l'étudiant de manipuler un nouvel instrument. En effet, au sein de son entreprise, l'étudiant emploie habituellement le C10.

Etant donné le temps à disposition pour réaliser l'ensemble du projet, seule la partie consacrée aux logements a été mesurée. Cette partie représente une surface au sol d'environ 140 m² qui est répartie sur trois niveaux.

Le relevé s'est organisé de la manière suivante :

- Relevé du logement situé au rez supérieur et au 1er étage avec le C10
- Relevé du logement situé au rez inférieur avec le FARO.
- L'extérieur, soit les façades et la toiture, a été relevé avec les deux instruments.

4.1 Méthode d'acquisition

L'utilisation de deux instruments a engendré deux méthodes de mesures différentes, soit une par instrument.

4.1.1 Méthode avec le C10

La méthode d'acquisition effectuée avec le C10 consiste à mesurer une pièce en deux étapes. La première est de mesurer entièrement la pièce et la seconde de mesurer les points de liaison. Les points peuvent être de deux types, soit des cibles, soit des sphères. Dans le cas de la mesure de cibles, l'instrument détecte automatiquement leur centre.

Au final, une seule station se compose de plusieurs nuages se trouvant dans un même système de coordonnées, celui de la station.

4.1.2 Méthode avec le FARO

La méthode d'acquisition avec le FARO est différente car il est impératif de retrouver à la fois les objets et les points de liaison sur un seul nuage. Ce qui signifie que les points de liaison devront être placés avant la mesure, car l'instrument définit automatiquement une nouvelle station à chaque nouvelle mesure. Contrairement au C10, le FARO ne fait pas de reconnaissance automatique directe des cibles. Cette opération s'effectue en post-traitement.

4.1.3 Points de liaison

Les points de liaison ont pour rôle de lier les différentes stations entre elles, afin de pouvoir obtenir un seul nuage de points.

Trois types de cibles ont été utilisées, soit les cibles fournies avec le laser scanner C10, celles du FARO et des sphères en polystyrène mesurant 12 centimètres de diamètre.

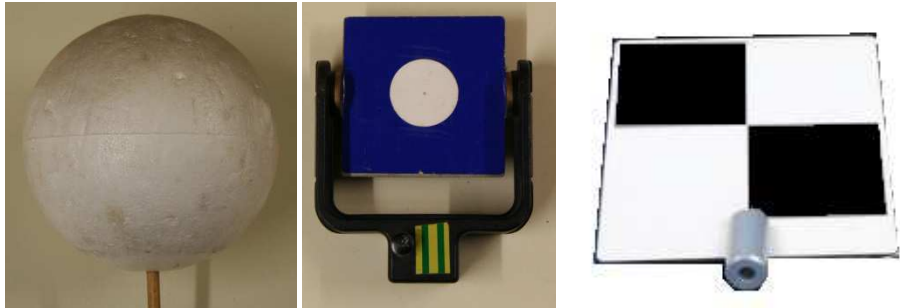


Figure 3. Sphère / Cible pour le C10 / Cible pour le FARO

Les sphères ont été utilisées avec les deux instruments, afin de tester la capacité de reconnaissance du logiciel ReCap.

5 Autodesk ReCap Pro

5.1 Présentation

Autodesk ReCap Pro est un logiciel permettant l'exploitation de données sous forme de nuages de points. Il est notamment possible d'importer et d'exporter différents formats de nuage de points, d'effectuer des recalages et de traiter les données (filtrage, modélisation, ...).

5.1.1 Version du produit

La version du produit utilisée dans le cadre de ce projet d'approfondissement est la 4.0.0.28, version d'évaluation de 30 jours téléchargeable sur le site officiel d'Autodesk. Cette version date du printemps 2017.

Au terme de la version d'évaluation de 30 jours, il est toujours possible d'utiliser le programme pour visualiser des nuages de points. De plus concernant le choix du format, les possibilités d'import et d'export restent inchangées. Ce qui est très positif, contrairement à d'autres logiciels pour lesquels la palette est fortement restreinte au delà de la période d'essai.

L'annexe 2 présente les différences entre la version Basique et la version Pro

5.1.2 Import et export de données

Il est possible d'importer plus d'une vingtaine de formats différents, ce qui est très appréciable. A noter deux petits bémols ; tout d'abord, l'impossibilité de pouvoir importer directement des données provenant du laser scanner C10 de Leica Geosystems et ensuite, la maigre possibilité d'exporter dans seulement cinq formats.

Les tableaux ci-dessous récapitulent les formats d'import et d'export disponibles dans le logiciel.

Formats d'import							
*.rcp	*.rcs	*.fls	*.fws	*.lsproj	*.ptg	*.pts	*.ptx
*.las	*.laz	*.zfs	*.zfprj	*.cl3	*.clr	*.e57	*.rdbx
*.rsp	*.txt	*.xyz	*.prj	*.pcg	*.xyb		

Tableau 1: Récapitulatif des formats d'import

Formats d'export				
*.rcp	*.rcs	*.pts	*.e57	*.pcg

Tableau 2: Récapitulatif des formats d'export

5.2 Importation des données

Comme spécifié précédemment, différents formats de données peuvent être importés dans le logiciel ReCap. Suivant le format, le logiciel classe les données en deux catégories :

- **Numérisation structurée** : Une donnée est considérée comme numérisation structurée si elle est reconnue comme provenant d'une mesure de laser scanner. Ce qui implique qu'elle donne des renseignements concernant non seulement son positionnement, mais également sur la station depuis laquelle elle a été mesurée. La particularité de cette catégorie est sa possibilité de pouvoir procéder à un recalage des données.
- **Nuage de points non structuré** : Si le format de la donnée ne donne aucune information sur la possible provenance d'une mesure au laser scanner, alors la donnée est classée comme nuage de points non structuré. Cette dernière ne pourra pas être recalée à moins que le recalage compte au moins une donnée structurée.



Figure 4. Symboles dans ReCap d'une numérisation structurée et non structurée

Le tableau suivant récapitule les différents formats d'importation testés au cours de ce travail et les classe selon les deux catégories décrites précédemment.

Numérisation structurée	Nuage de points non structuré
*.fls	*.pts
*.ptg	*.xyz
*.ptx	*.txt
*.e57	*.rcp
	*.pcg

Tableau 3 : Formats testés et classés selon leur type de numérisation

Pour les mesures effectuées avec le laser scanner FARO, les fichiers peuvent être directement importés dans le logiciel au format *.fls.

En revanche, concernant les mesures provenant du laser scanner de Leica Geosystems, ces dernières doivent être converties dans un autre format, car le format de sortie de l'instrument ne peut pas être directement importé dans ReCap. C'est pourquoi plusieurs formats ont été testés, afin de déterminer comment sont classés certains formats par le logiciel. Ces conversions ont été effectuées avec le logiciel Cyclone de Leica Geosystems.

Le format choisi pour l'importation des données du C10 dans ReCap est le *.e57.

Il est à noter que la structure des données est la même pour le C10 et le FARO, à savoir qu'un fichier contient une station. Ce qui signifie qu'il faudra importer dans le programme autant de fichiers qu'il y a de stations.

5.2.1 Problèmes rencontrés

Deux problèmes sont survenus lors de l'importation d'un fichier *.e57. Le premier concerne le fait que le fichier importé soit décomposé en plusieurs parties et la seconde est que seule une des parties soit reconnue comme données structurées, les autres parties étant classées comme données non structurées.

Il s'est avéré que, lorsque l'on importe un fichier contenant plusieurs nuages issus d'une même station, le logiciel ne se réfère pas au nombre de stations, soit une en l'occurrence, mais au nombre de nuages. Concernant la catégorisation en données non structurées, il semble que cette définition dépende du nombre de points, ainsi que de la surface représentée.

Les problèmes de décomposition et de catégorisation ont pu être résolu en exportant le fichier dans un autre format. Malheureusement les formats d'export disponibles ne sont pas reconnus comme structuré.

L'annexe 3 présente de manière détaillée les problèmes rencontrés ainsi que leur résolution

5.2.2 Décision pour le projet d'approfondissement

Ce test permet de proposer deux pistes d'améliorations.

Le premier aspect attrait à la méthode d'acquisition avec le C10. Pensant que le mode d'acquisition n'aurait pas d'impact sur l'utilisation des données dans ReCap, l'étudiant a effectué le relevé avant la prise en main du logiciel.

Le second aspect attrait au logiciel lui-même. Il est regrettable de ne pas pouvoir regrouper de manière plus simple les nuages ayant la même origine et surtout sans perdre leur structure.

Suite à ces problèmes, la décision a été prise de ne pas utiliser les mesures acquises avec le C10 dans le cadre de cette partie destinée au logiciel ReCap. Car, en plus de ne pas avoir des données qui puissent être reconnues comme structurées, ces dernières n'ont pas un recouvrement qui soit suffisant pour pouvoir être assemblées.

5.3 Recalage

Une fois les nuages de points issus du laser scanner FARO importés dans le logiciel, trois options sont disponibles :

- Un recalage automatique
- Un recalage manuel
- Une indexation du/des nuage/s

5.3.1 Recalage automatique

Le principe du recalage automatique consiste à laisser le programme assembler les différentes stations entre elles. Ce processus se base sur une comparaison entre les nuages de points, appelée "nuage à nuage", avec comme critère de liaison le pourcentage de recouvrement entre chaque station.

Après analyse de différents tests d'assemblage automatique, il semblerait que le seuil de liaison soit fixé à 25% et qu'il ne soit pas possible de le modifier.

Si ces 25% ne sont pas atteints, soit le logiciel crée un nouveau groupe dans lequel il assemble d'autres stations entre elles, soit, si la station ne peut pas être assemblée avec une autre, il la catégorise comme non recalée.

Dans tous les cas, si le programme n'arrive pas à faire un assemblage unique de toutes les stations, il est nécessaire de passer à un recalage manuel.

5.3.2 Recalage manuel

Le recalage manuel est nécessaire si le recalage automatique n'a pas abouti ou si l'opérateur souhaite lui-même faire le recalage.

Comme pour le recalage automatique, le recalage manuel se base sur une comparaison nuage à nuage, mais avec comme avantage de pouvoir affiner l'assemblage entre deux stations. Cette opération s'effectue soit en utilisant des points de liaisons (cibles et/ou sphères), soit en définissant des plans communs aux deux stations.

Ces points ou ces plans communs peuvent jouer un double rôle. De manière générale, ils servent à affiner le recalage entre deux stations, toutefois ils peuvent également aider le logiciel lorsque celui-ci trouve une correspondance contenant une mauvaise orientation.

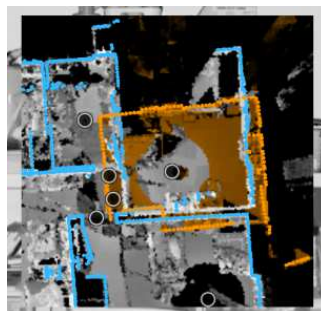


Figure 5. Problème d'orientation © Autodesk ReCap Pro

5.3.3 Indexation des nuages

Cette troisième option permet de directement travailler avec les données sans passer par un recalage. Cette option est utile si les données n'ont pas besoin d'être assemblées, car elles l'ont été préalablement, ou si l'on souhaite simplement avoir une première visualisation du nuage. A priori, il semble que l'absence de recalage, ne limite pas les fonctions disponibles dans le programme.

5.3.4 Rapport de recalage

Tout au long du processus de recalage, il est possible de consulter un rapport, afin de connaître la qualité de ce dernier. Il est divisé en deux parties, la première pour le recalage nuage à nuage et la seconde pour les points de liaison.

Ce rapport peut être exporté au format *.csv ou *.txt avec comme inconvénient la nécessité de le remettre en forme pour pouvoir facilement le lire. Plus particulièrement pour la partie concernant les points de liaison.

Concernant la partie nuage à nuage, chaque station est évaluée selon trois indicateurs :

- Le **chevauchement** qui donne le pourcentage de recouvrement avec les autres stations. Comme indiqué au chapitre 5.3.1, il faut un chevauchement d'au minimum 25%.
- L'**équilibre** qui représente la qualité des stations entre elles. La valeur doit être supérieure à 20%.
- Les **points <6mm** qui indiquent le pourcentage de nombres de points semblables dont la distance est inférieure à 6 millimètres. La valeur doit être supérieure ou égale à 90%.

Les pourcentages indiqués sont issues d'une estimation et ne doivent pas être pris comme exactes. Ils sont définis par défaut par le logiciel et ne peuvent pas être modifiés.

Pour les points de liaison, trois indicateurs sont donnés ; l'erreur moyenne du point par rapport à une station, l'erreur moyenne du point par rapport à toutes les stations et l'erreur moyenne des points par station.

Bien que le programme appelle ces indicateurs des erreurs moyennes (RMS pour *root mean square*), il semblerait que l'erreur moyenne par rapport à une station corresponde à un écart plutôt qu'à une moyenne car dans le rapport de calcul exporté, cet indicateur est nommé *residual* (résidu).

5.4 Recalage de nuages structurés

Afin de pouvoir réaliser cet assemblage avec des données reconnues comme structurées, les données importées sont celles provenant directement du laser scanner FARO (format *.fls).

Au total, 21 stations sont importées dans le logiciel.

Tous les recalages effectués ont été réalisés dans un système de coordonnées local.

5.4.1 Recalage automatique

La procédure détaillée de ce chapitre est présentée dans l'annexe 4.

Le recalage automatique a engendré la création de cinq groupes, composés de deux à dix stations, et la catégorisation d'une station en non recalée.

Ce résultat indique donc que certains recouvrements ne sont pas suffisants et qu'il est nécessaire de compléter l'assemblage par un recalage manuel.

Le but de ce chapitre étant de tester la possibilité d'assembler les stations au plus simple, soit le plus automatiquement possible, seuls des recalages nuage à nuage ont été effectués. Ce qui signifie qu'aucun point de liaison et qu'aucun plan commun n'ont été définis.

Le résultat final de ce recalage est globalement bon. Il est à noter que les valeurs indiquées correspondent à la moyenne de l'ensemble des stations.

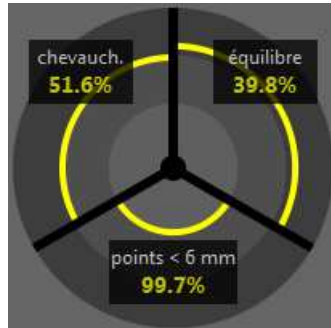


Figure 6. Résultat global du recalage automatique © Autodesk ReCap Pro

Pour fournir un aperçu visuel du résultat, le logiciel teinte les indicateurs en fonction de leur valeur. Si tout est en ordre, en vert, si c'est satisfaisant, en jaune et si c'est insuffisant, en rouge. La limite entre le vert et le jaune correspond aux valeurs indiquées au chapitre 5.3.4. Dans la figure 6, le logiciel colorie les valeurs en jaune, car bien qu'elles soient supérieures à la limite, certaines stations ont des résultats en dessous du seuil fixé. Ainsi bien que le résultat soit acceptable, le logiciel teinte en jaune le graphique afin d'attirer l'attention sur la présence de stations dont les résultats sont en dessous du seuil. La limite entre le satisfaisant et l'insuffisant n'a pas pu être déterminée.

Deux problèmes ont été soulignés durant cette opération. Le premier concerne l'intégration d'une station à un groupe alors que ses indicateurs étaient insuffisants. Le fait de l'enlever et de la réintégrer a suffi à corriger ce problème. Le second se trouve au niveau de la numérotation des groupes qui n'est pas identique entre celle affichée à l'écran et celle exportée dans le rapport de recalage.

5.4.2 Recalage manuel

La procédure détaillée de ce chapitre est présentée dans l'annexe 5.

Les 21 stations ont été recalées les unes après les autres en deux étapes. Tout d'abord en effectuant un recalage nuage à nuage puis en utilisant les points de calage pour affiner l'assemblage. Pour rappel, les points de calage sont constitués de cibles damier noir et blanc et de sphères. Si ces deux étapes ne sont pas suffisantes pour obtenir un recalage satisfaisant, des plans communs peuvent également être définis entre les stations.

Le résultat final donne des indicateurs bons, mais la couleur du graphique indique qu'il y a une ou plusieurs stations pour lesquelles les valeurs sont inférieures au seuil du programme.

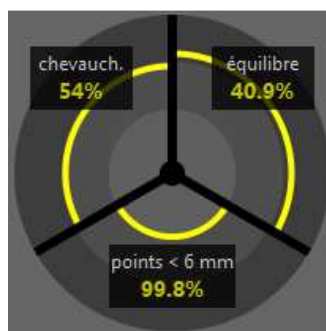


Figure 7. Résultat global du recalage manuel avec et sans points de liaison © Autodesk ReCap Pro

Concernant les points de liaison, après écartement de certaines valeurs dues à des imprécisions, les écarts des points se situent entre 1 mm et 9 mm, ce qui est plus que satisfaisant.

Durant la détermination des points de liaison, plus particulièrement les cibles de type damier noir et blanc, deux problèmes sont survenus. Le premier concerne la reconnaissance de ces cibles qui ne fonctionne pas à chaque fois, et ce, malgré la courte distance avec la station. Le second est un problème de détection du centre qui est mal déterminé, bien que la visualisation donnée par le programme soit correcte. Ne pouvant influencer sur ces opérations qui sont automatiques, la seule possibilité de résoudre ces problèmes est de ne pas utiliser ces points de liaison.

5.4.3 Comparaison recalage automatique et manuel

En se basant sur les indicateurs présentés dans les figures 6 et 7, on constate une légère amélioration du recalage grâce aux points de liaison.

En revanche, il est intéressant de constater que les stations ayant les moins bons et les meilleurs indicateurs ne sont pas systématiquement les mêmes entre le recalage automatique et le recalage manuel.

Le tableau ci-dessous présente les deux meilleurs (en vert) et les deux moins bons (en orange) indicateurs de chaque recalage.

Station	Chevauchement		Points <6mm		Equilibre	
	Auto	Manuel	Auto	Manuel	Auto	Manuel
4	69.2	68.6%	99.8%	99.8%	33.4%	29.1%
19	70.1%	40.2%	99.5%	99.6%	42.4%	19.6%
20	46.9%	40.6%	99.9%	99.3%	23.4%	77.0%
21	26.5%	34.4%	98.8%	99.3%	45.8%	56.8%
16	41.8%	67.7%	99.4%	100.0%	78.2%	38.9%
18	22.7%	43.9%	99.8%	99.9%	16.3%	54.4%

Tableau 4 : Comparaison recalage automatique et manuel

On constate que les différences entre les deux recalages peuvent être relativement importantes au niveau du chevauchement et de l'équilibre.

Le tableau complet avec toutes les stations se trouve en annexe 6.

5.5 Recalage de nuages non structurés

Le recalage de nuages de points non structuré est possible seulement si au moins l'un des nuages est considéré comme nuage structuré. Dans le cas contraire, aucun calage ne pourra être calculé.

L'utilisation d'un seul nuage structuré signifie également que seul un groupe pourra être créé, car il est impossible de créer un nouveau groupe à partir d'un nuage non structuré.

Afin de pouvoir réaliser ce recalage, la station n°1 a été choisie pour être la station structurée.

5.5.1 Recalage automatique

Malgré un recouvrement relativement important entre les différentes stations, le logiciel n'arrive pas à regrouper les stations entre elles.

La figure ci-dessous montre que sur les 21 stations importées, le programme ne trouve aucune correspondance entre elles.

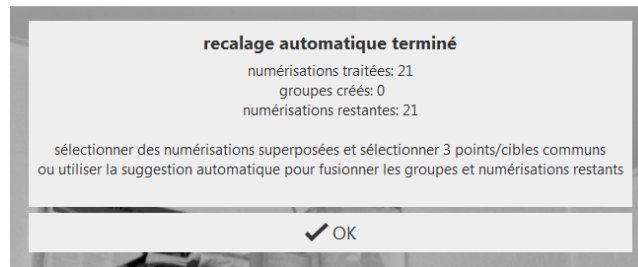


Figure 8. Message de fin de calcul du recalage automatique © Autodesk ReCap Pro

Le recalage automatique n'est actuellement pas adapté pour des nuages non structurés. Il est nécessaire de passer par un recalage manuel.

5.5.2 Recalage manuel

Le premier constat que l'on peut faire est que même si les cibles et les sphères sont facilement identifiables, le logiciel n'arrive pas à les reconnaître. Il n'est donc pas possible de les utiliser pour le recalage, ce dernier doit donc être effectué en utilisant le mode de recalage à partir de trois plans communs.

L'inconvénient de cette méthode est que le logiciel ne donne pas d'indication sur la qualité de ces trois plans.

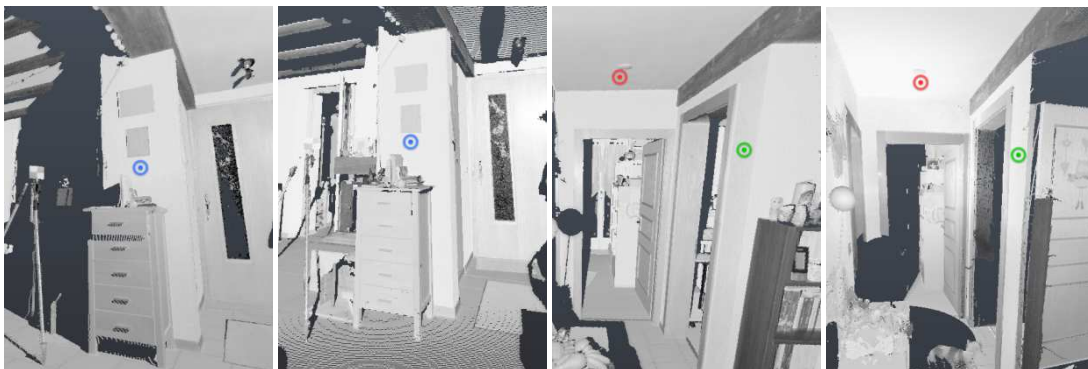


Figure 9. Exemple de recalage à partir de trois surfaces

Au final, il est très difficile d'effectuer un recalage avec des données non structurées, car le logiciel n'est pas en mesure de recalibrer les stations en faisant un nuage à nuage (il n'essaie même pas) et l'utilisation de plans communs est très fastidieuse et relève plus du tâtonnement que de la logique.

Cet essai de recalage n'a donc pas pu aboutir.

5.6 Recalage dans Cyclone

Afin de pouvoir comparer les résultats issus d'Autodesk ReCap Pro, les 21 stations provenant de l'instrument FARO ont été recalées avec le logiciel Cyclone de Leica Geosystems.

5.6.1 Principe de calcul

Contrairement au logiciel ReCap, le principe de recalage de Cyclone se base, dans un premier temps, sur les points de liaison, puis utilise le recalage nuage à nuage pour affiner l'assemblage. La procédure est donc l'inverse de celle utilisée par ReCap.

Etant donné que la partie concernant le recalage sur Cyclone a pour but de faire une comparaison du résultat, toute la procédure de recalage est décrite en annexe 7.

5.6.2 Comparaison ReCap - Cyclone

Les données issues du logiciel ReCap utilisées pour effectuer la comparaison sont celles provenant du recalage automatique (cf. chapitre 5.4.1). Le choix s'est porté sur ce type de recalage, afin de pouvoir tester la qualité d'un recalage peu influencé par l'utilisateur.

Pour pouvoir effectuer ce travail, le nuage de points issus de ReCap a été importé dans Cyclone, puis les points utilisés à la comparaison ont été redéfinis.

La comparaison s'est effectuée à partir des sphères, de certaines cibles et de points quelconques.

Au niveau de la planimétrie, les écarts sont compris entre 2 et 8 mm, tandis que pour l'altimétrie, ils sont entre -7 et 5 mm.

On constate que chaque programme propose un recalage différent. Toutefois ces différences restent négligeables étant donné que les écarts sont inférieurs au centimètre, ce qui est très bon pour ce type de travail. Ces écarts sont probablement liés à la différence de méthode de calcul des deux logiciels.

	N° point	Fx (mm)	Fy (mm)	Fs (mm)	Fz (mm)
Sphères	SF01	-2	4	5	-4
	SF02	-2	5	5	2
	SF03	3	-5	6	-2
	SF04	6	-1	6	-3
	SF05	8	1	7	0
	SF06	0	-7	8	-1
	SF08	-5	-1	5	5
	SF09	-5	-2	5	5
	SF10	0	5	5	2
Cibles	302	0	-2	2	0
	306	-3	-1	3	-7
	308	-1	-4	4	0
	309	-4	1	4	0
Points quelconques	7001	5	5	7	4
	7002	-5	3	6	0
	7003	4	0	4	-2

Tableau 5: Comparaison d'assemblage entre Cyclone et ReCap

La sphère n°7 ne figure pas dans le tableau ci-dessus, car dans le cadre du recalage avec Cyclone, cette dernière a été retirée de toutes les stations, alors qu'avec ReCap, le point a seulement été enlevé de la station n°16.

5.7 Référencement

Il est possible de rattacher le nuage de points dans le système de coordonnées souhaité en créant des « points de topographie ». Cette opération s'effectue seulement lors du recalage manuel au moment où l'on définit les points de liaison.

Un test succinct a été réalisé en définissant trois points comme points de topographie. Le résultat permet bien d'avoir un nuage de points qui soit référencé, mais aucune indication ne semble être donnée concernant les écarts d'intégration dans le système.

5.8 Éléments à approfondir

Ce chapitre présente quelques questionnements qu'il serait intéressant d'approfondir à propos du logiciel ReCap. Ces réflexions sont liées, soit à des problèmes survenus n'ayant pas pu être

approfondis par manque de temps, soit à des fonctions existantes du logiciel n'ayant pas ou peu été testées au vu de la nature de ce travail.

A propos des formats possibles importables, lesquels sont considérés comme numérisation structurée et lesquels ne le sont pas ? Est-il possible de convertir une donnée non structurée en donnée structurée ?

Dans le chapitre 5.2.1, lors de l'import des données provenant du C10 au format *.e57, pourquoi les nuages contenant les points de liaison ne sont-ils pas reconnus comme des numérisations structurées ?

Durant le recalage manuel, l'utilisation de groupes n'a pas été testée. Est-ce qu'un regroupement de certaines stations améliorerait le résultat ? Si oui, sur quels critères ?

Un temps de travail plus long aurait peut-être permis de développer certains aspects tels que le référencement. Car la seule constatation faite est celle concernant la possibilité d'intégrer le nuage de points dans un système de coordonnées souhaité.

Ainsi que les différents outils disponibles dans ReCap. Par exemple, pour la création de maillage. A priori, cette modélisation ne se fait pas directement avec ReCap, mais avec un logiciel qui nécessite l'envoi d'information en ligne. Il serait intéressant de voir jusqu'où peut aller cette modélisation et comment le modèle peut être récupéré.

5.9 Conclusion

Après plusieurs semaines d'utilisation du logiciel ReCap, les premières impressions sont globalement positives.

La prise en main se fait de manière relativement aisée, même pour les novices, grâce à une procédure relativement bien cadrée par le logiciel. Selon le type de données importées (structurées ou non), le logiciel guide l'utilisateur pour arriver jusqu'à la visualisation de ces données. Il est à noter qu'une aide en français est disponible sur le site d'Autodesk.

Au niveau de l'interface, cette dernière est très sobre et très épurée, ce qui évite de se perdre dans des menus et options interminables.

Concernant les recalages effectués, malgré certaines rigidités, notamment au niveau des indicateurs de recouvrement, d'équilibre et de points <6mm, le logiciel ReCap permet de recalcr facilement et rapidement des nuages de points. L'utilisation de points de liaison n'est pas obligatoire et, comme on a pu le constater, n'apporte pas forcément un meilleur résultat.

Les résultats obtenus lors de la comparaison avec le logiciel Cyclone sont plus que satisfaisants, même si les principes de calcul ne sont pas totalement identiques entre les deux logiciels.

Bien que la simplicité d'utilisation et l'interface soient des éléments positifs pour des utilisateurs peu expérimentés, cela peu posé problème à des professionnels plus aguerris. En effet, de par sa simplicité, le logiciel limite certaines possibilités ou options intéressantes à utiliser pour un utilisateur expérimenté. Citons par exemple, les seuils de tolérance des indicateurs.

Le plus contraignant est probablement le fait que le logiciel cherche toujours à faire un recalage nuage à nuage et qu'il n'est donc pas possible d'utiliser uniquement des points de liaison. Par conséquent, il faut être vigilant lors du relevé à avoir un recouvrement suffisant entre les stations.

En ce qui concerne les points de liaison, deux aspects négatifs sont à relever. Le premier attrait à l'impossibilité de créer des points, ce qui limite le choix des types de points utilisables (soit des cibles damiers, soit des sphères). Le second concerne la détermination automatique du centre qui ne peut

pas être totalement vérifié. La visualisation se faisant à partir d'une image, il n'y a pas la possibilité de tourner autour du point pour vérifier si le point est trop "en avant" ou "en arrière".

Il est également à noter que la reconnaissance automatique des cibles est plus efficace sur les sphères que sur les cibles de type damier noir/blanc. Pour ce projet, les sphères ont été reconnues dans toutes les stations, et ce, quelque soit la distance par rapport au centre de la station.

Au final, la simplicité d'utilisation du logiciel Autodesk ReCap fait de lui un logiciel destiné à un large public avec une préférence, en matière de recalage, pour des données structurées possédant un bon recouvrement.

6 Revit - Modélisation BIM

Afin de tester les capacités du logiciel Revit, la modélisation du bâtiment s'est effectuée en trois étapes.

La première étape consiste à réaliser un modèle 3D du bâtiment depuis les plans d'architecte sans utiliser d'information provenant des mesures effectuées.

La seconde et la troisième étape sont liées, car toutes les deux se basent sur le nuage de points acquis lors du relevé. L'aspect qui diffère de ces deux étapes et que pour la seconde, on modélise le bâtiment tout en conservant un principe d'orthogonalité et de verticalité, tandis que pour la troisième étape, le bâtiment sera dessiné au plus proche de la réalité. Cette contrainte imposée a pour but de tester les capacités du logiciel dans de telles situations.

Le nuage de points utilisé pour cette modélisation est celui issu d'un recalage effectué avec le logiciel Cyclone, car il contient l'entier du bâtiment. Pour faciliter l'importation du nuage dans le logiciel et éviter un ralentissement dans la navigation, le nuage a été décimé à un point tous les 5 cm.

6.1 BIM, Définition

L'abréviation BIM signifie en anglais *Building Information Modelling*, en français, on parle de MIB pour Modèle d'Information du Bâtiment. Cette abréviation ne désigne pas un format, mais une méthode de modélisation qui permet de suivre l'évolution d'un bâtiment depuis son élaboration jusqu'à sa démolition.

Le principe du BIM est d'avoir un seul et unique modèle numérique sur lequel tous les intervenants nécessaires à l'élaboration d'un bâtiment peuvent intégrer et partager leurs données.

Le format utilisé pour échanger les données modélisées selon la méthode BIM est le format *.ifc. Ce format signifie *Industry Foundation Classes*. Il permet la conservation de toutes les informations contenues dans un modèle (géométrie, propriétés, relation entre les objets, ...).

Les modèles BIM peuvent être conçus selon différents niveaux de détail, appelés LOD (*Level of Detail*). Il existe cinq niveaux allant du moins détaillé (LOD 100) au plus détaillé (LOD 500).



Figure 10. Niveaux de détail du BIM © <https://www.advenser.com/bim-consulting-services/bim-model-audit/>

6.2 Présentation de Revit

Revit est un logiciel développé par Autodesk dont le but est la création de BIM. Il a comme caractéristique de reprendre la même structure de présentation que le logiciel Autocad. Ce qui facilite l'appropriation des fonctions pour les nombreux utilisateurs d'Autocad.

6.2.1 Version du produit

La version de Revit utilisée pour ce projet d'approfondissement est la 2017, Service Pack 2.

6.3 Procédure de modélisation

Que ce soit à partir d'un plan ou d'un nuage de point, la procédure de modélisation pour un bâtiment dans Revit reste la même.

6.3.1 Modélisation

L'annexe 8 décrit quelques fonctions découvertes durant l'utilisation du logiciel Revit.

Il n'y a pas forcément d'ordre à respecter dans la modélisation des étages. Le choix peut se faire aléatoirement. Toutefois si l'un des étages sert de référence, il est plus judicieux de commencer par celui-ci.

Dans le cadre de ce travail, la première opération dans la modélisation consiste à dessiner les murs, car c'est à partir de ces éléments que les autres objets pourront s'intégrer.

Une fois les murs terminés, l'ordre de modélisation des objets importe peu, car ils ne dépendent pas les uns des autres.

De manière générale, pour ce travail, la deuxième opération, après les murs, consiste à définir l'affectation des pièces, par exemple séjour, cuisine, ... Cette définition permettra d'obtenir un calcul automatique de la surface de la pièce.

Les opérations suivantes consistent à intégrer les portes et les fenêtres et à créer les dalles entre les niveaux qui représentent le plafond et le sol.

La dernière opération effectuée est la modélisation de la toiture.

6.3.2 Vues

Afin de pouvoir procéder à la modélisation, trois types de vue sont disponibles :

- la vue en plan;
- la vue de face;
- la vue 3D.

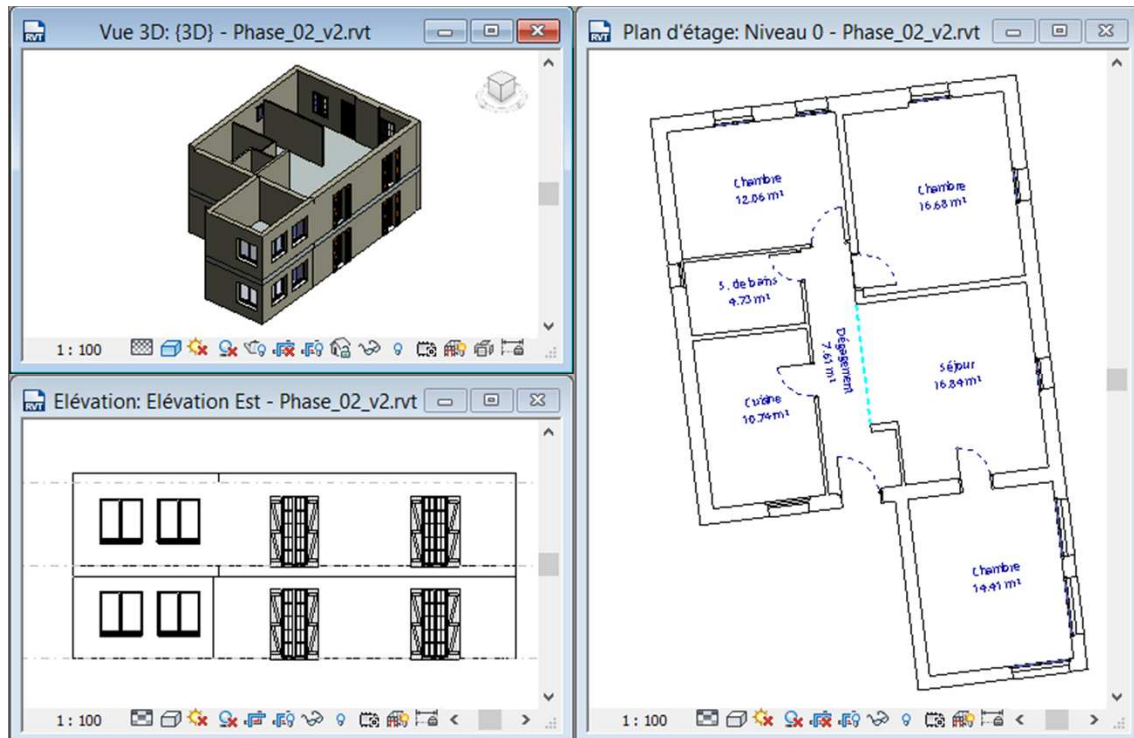


Figure 11. Vue 3D / de face / en plan © Revit

La vue en plan est la plus utilisée, car, bien que le programme gère et affiche de la 3D, les informations concernant l'axe Z sont principalement renseignées comme attributs. Par exemple la hauteur d'un mur ou l'emplacement d'une fenêtre par rapport au niveau du sol. Pour chaque étage, une vue en plan est créée, ce qui signifie que chaque étage est indépendant des autres étages. Une des possibilités dans ces vues est de pouvoir afficher, en filigrane, n'importe quel autre étage, ce qui permet de se caler dessus pour dessiner le suivant.

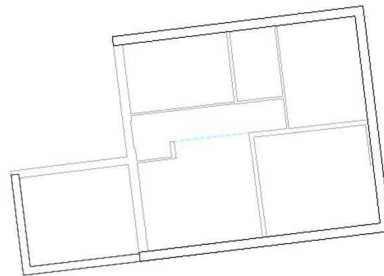


Figure 12. Exemple de représentation d'un étage en filigrane © Revit

Le rôle de la vue de face est de définir les niveaux des différents étages. C'est dans cette vue qu'il est possible d'en créer, d'en modifier ou alors d'en supprimer.

La vue 3D, quant à elle, permettra surtout de visualiser le modèle dans son intégralité et de vérifier sa cohérence. Dans cette vue, la fonction "Mesurer" n'est malheureusement pas disponible.

La description faite de ces vues ne signifie pas que le dessin ne peut se faire que dans la vue en plan, il est tout à fait possible de dessiner, de modifier ou de supprimer des objets sur les autres vues.

Il est conseillé de régulièrement visualiser les autres vues, car certaines erreurs sont plus facilement détectables dans une vue que dans une autre. Par exemple pour évaluer la continuité dans un mur sur plusieurs niveaux.

La visualisation dans Revit ne se limite pas à ces trois vues, il est également possible de créer des coupes avec possibilité de définir l'épaisseur de la coupe.

6.3.3 Descriptions des objets

Le logiciel Revit met à disposition une large palette d'objets à modéliser. Une fois la structure principale du bâtiment modélisée, soit les murs, les ouvertures et la toiture, il est possible d'enrichir le modèle en intégrant de nombreux éléments, tels que la plomberie ou l'électricité.

Ce chapitre présente très sommairement les différents objets utilisés pour la modélisation avec leurs caractéristiques.

Les modèles utilisés sont ceux disponibles dans la bibliothèque du programme. Il est possible d'importer ses propres modèles ou d'en créer, mais cela n'a pas été testé dans le cadre de ce travail.

La plupart des objets sont répertoriés en fonction de leur dimension et de leur type. L'avantage de ce procédé est qu'en cas de modification du modèle, tous les objets attachés sont également modifiés. En revanche, cela implique que tout nouvel objet nécessite la création d'un modèle.

Un point fort à signaler lorsqu'un objet est modélisé est la possibilité de changer très facilement son orientation. Pour ce faire, il suffit de sélectionner l'objet, puis de cliquer sur le symbole "aller-retour" (↔) pour pouvoir le modifier. *Un exemple est présenté dans l'annexe 8.*

6.3.3.1 Murs

Les murs sont non seulement définis par leur épaisseur, mais également par leur composition. Chaque composant pouvant à son tour être décrit par sa nature et son épaisseur.

Les murs peuvent être dessinés selon deux méthodes, soit en donnant le départ et la fin du mur, soit à partir d'une surface. L'avantage de la seconde méthode est la définition automatique de la hauteur car elle s'adapte à la surface sélectionnée.

La hauteur du mur peut être renseignée soit par une valeur métrique, soit en indiquant jusqu'à quel étage il peut aller.

6.3.3.2 Fenêtres et portes

Comme pour les murs, le choix du modèle de la fenêtre et de la porte se fait en fonction de sa dimension et de son type, par exemple, fenêtre simple ou double, avec ou sans imposte, porte fenêtre, ...

Il est, d'abord, nécessaire de créer un mur pour pouvoir y intégrer une porte ou une fenêtre.

6.4 Modélisation à partir de plan

Cette première étape consiste à modéliser un bâtiment à partir de plans en 2D. Ces plans sont bien évidemment au format papier et peuvent être utilisés de deux manières différentes. La première consiste à reprendre les informations graphiquement pour ensuite les reporter dans le logiciel. Tandis que la deuxième numérise le plan afin de l'insérer comme fond dans le programme, puis de dessiner dessus, soit graphiquement, soit en utilisant les cotes. L'avantage de cette dernière est qu'il n'est pas nécessaire de toujours avoir le plan pour pouvoir travailler.

Dans le cadre de ce travail, les deux manières ont été utilisées, car plusieurs plans ont été utilisés. Les plans numérisés sont essentiellement les plans d'étage.

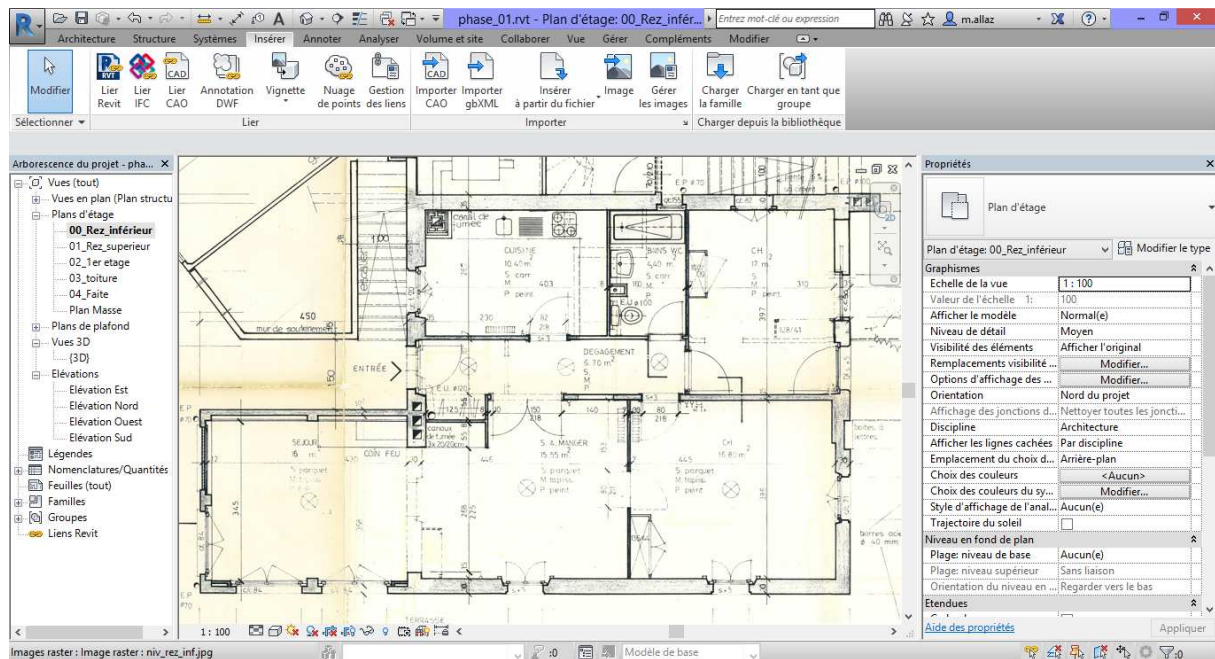


Figure 13. Insertion d'un plan d'étage comme fond de plan © Revit

La modélisation a été réalisée uniquement sur la base des cotes présentes sur le plan, car l'image insérée est un assemblage de plusieurs images et que des déformations sont prévisibles dans ce genre de cas.

Comme décrit dans le chapitre 6.3.1, la modélisation s'est faite en commençant par les murs, puis l'affectation des pièces. Sont ensuite venus les portes et les fenêtres et finalement le toit.

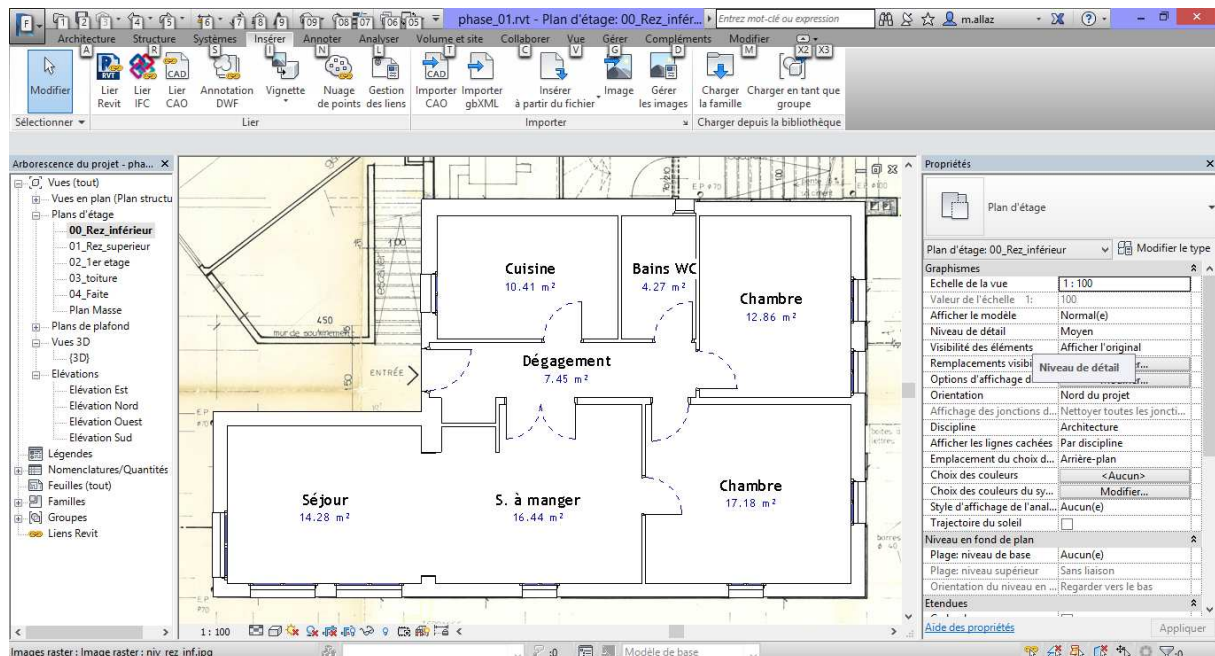


Figure 14. Modélisation d'un niveau (vue en plan) © Revit

La première difficulté rencontrée lors de cette étape ne concerne pas le logiciel, mais plutôt les plans utilisés. En effet, certaines informations étaient manquantes (cotes) ou alors la somme de plusieurs distances ne correspondaient pas à la distance totale indiquée. Ce manque de cohérence des informations a engendré différents aménagements.

Les solutions à ces problèmes ont été choisies de sorte à ce que le modèle soit cohérent sur son ensemble.

Un aspect positif découvert durant cette étape est la possibilité d'utiliser certaines commandes de modification dans la phase de sélection. Voici un exemple pour illustrer le propos.

La sélection d'objets provoque une intersection (traits roses) qui n'est pas tolérée par le logiciel, mais grâce aux outils disponibles, notamment la commande "Ajuster", il est possible de corriger la sélection sans modifier les objets.

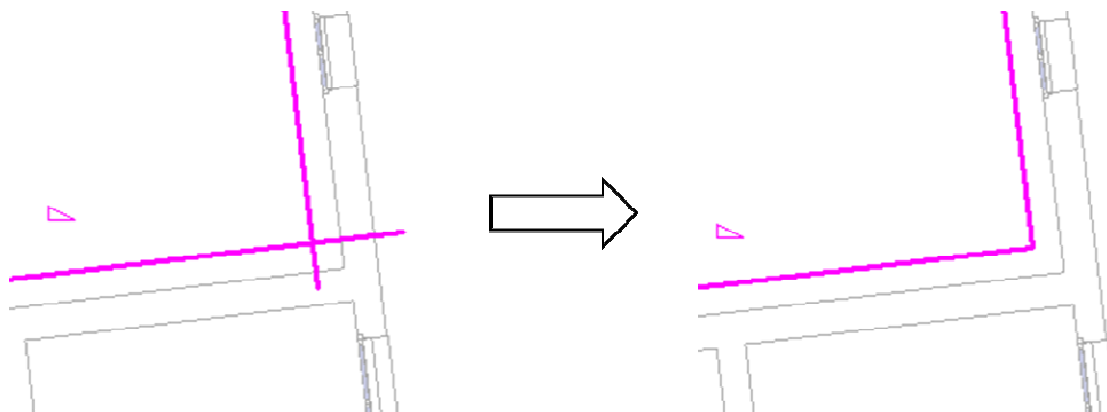


Figure 15. Ajustement de la sélection © Revit

Au final, tous les niveaux ont pu être modélisés, ainsi que la toiture. Comme on le constate sur la figure 16, la toiture n'est pas totalement juste, car elle devrait s'appuyer sur le mur du dernier niveau. Le temps restant pour ce projet d'approfondissement n'a pas permis une recherche plus poussée concernant la procédure de modélisation des toits.

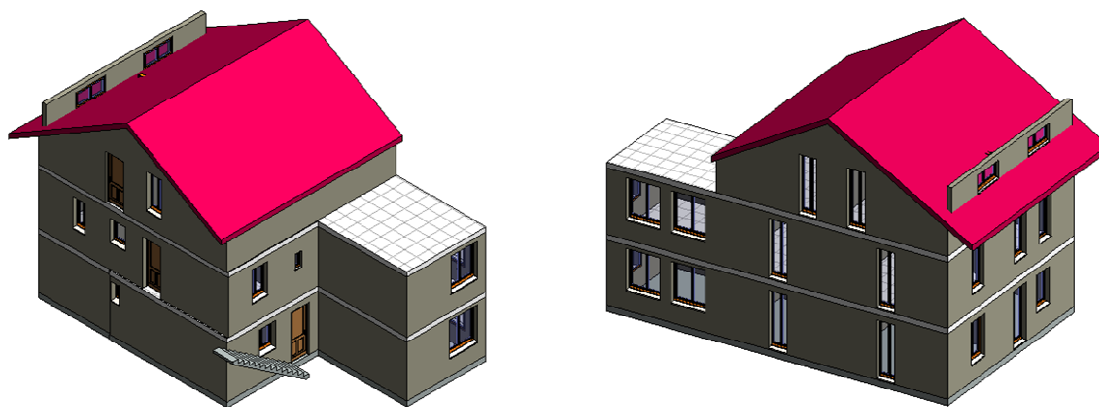


Figure 16. Vue 3D du bâtiment entier © Revit

6.5 Modélisation à partir du nuage de points

6.5.1 Importation nuage de points

En plus des formats *.rcp et *.rcs, formats propres à Autodesk, de nombreux formats de nuage de points peuvent être importés.

Formats d'import										
*.3dd	*.asc	*.cl3	*.clr	*.e57	*.fls	*.fws	*.ixf	*.las	*.las84	*.mpc
*.obj	*.pcg	*.ptg	*.pts	*.ptx	*.rds	*.rep	*.rxp	*.txt	*.zfprj	*.zfs

Tableau 6: Récapitulatif des formats d'import dans Revit

L'avantage des formats *.rcp et *.rcs est que le logiciel n'a pas besoin de les indexer, donc le temps d'importation est beaucoup plus court.

6.5.2 Détermination des niveaux

Une fois le nuage de points importé, la première étape consiste à définir les différents niveaux des étages et, si besoin, à redéterminer le niveau +/-0.00.

L'annexe 8 indique comment réaliser cette opération.

6.5.3 Orientation des élévations

Par défaut, le logiciel place les élévations avec le nord en haut, le sud en bas, l'est à droite et l'ouest à gauche.

Lorsqu'un nuage de points est importé et que son orientation ne correspond pas à celle du programme, trois possibilités sont envisageables. La première consiste à renommer les élévations, car les directions sont justes mais pas dans le bon sens (par exemple le nord et le sud sont inversés, ainsi que l'est avec l'ouest). La seconde est de modifier l'orientation des élévations pour coïncider avec celle du nuage. Enfin, la troisième suit la même logique que la deuxième en réorientant le nuage de points.

Cette opération a comme avantage d'avoir, par la suite, une zone d'affichage qui soit parallèle au nuage de points. Ce qui permet de définir plus facilement les éléments visibles dans l'élévation.

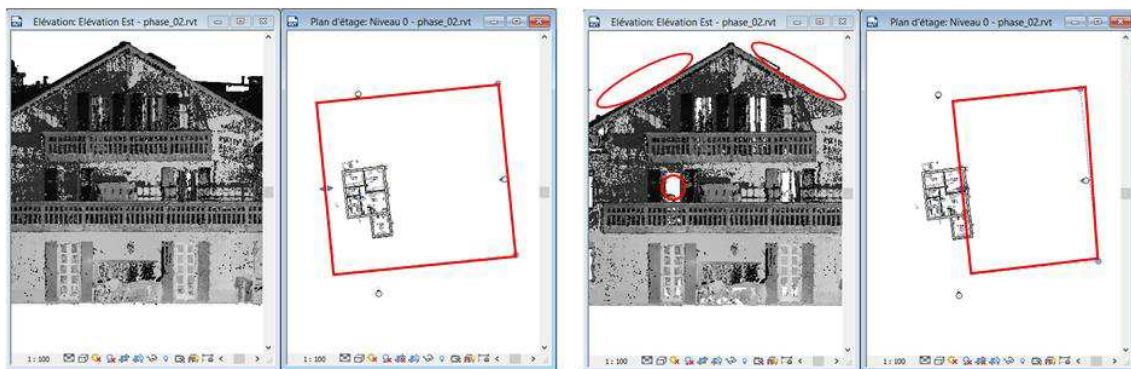


Figure 17. Modification de la zone visible d'une élévation © Revit

6.5.4 Modélisation simplifiée

La première étape de cette modélisation consiste à restituer les murs. Pour ce faire, il est nécessaire de définir une épaisseur de "tranche" du nuage qui soit visible, car par défaut le logiciel affiche le nuage de points par rapport aux valeurs des niveaux. Par exemple, si le 1er étage est compris entre 2.40m (niveau du radier) et 4.40m (niveau du plafond), la "tranche" visible du nuage aura une épaisseur de 2.00m.



Figure 18. Exemple d'une "tranche" du nuage de points avant et après définition d'une épaisseur © Revit

L'un des problèmes récurrent lors de la modélisation d'objets est la nécessité de définir leur dimension avant de pouvoir les dessiner. Ce qui implique, lorsque le travail s'effectue avec un nuage de points, de devoir mesurer avant de dessiner.

Le positionnement des fenêtres s'effectue en deux phases, soit sur deux vues différentes. Premièrement, l'objet doit être placé sur la vue en plan pour déterminer son emplacement planimétrique. Deuxièmement, sa hauteur doit être définie à partir d'une vue de face.

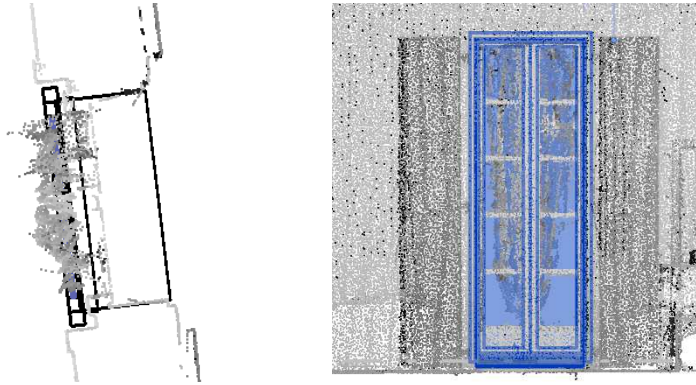


Figure 19. Positionnement d'une fenêtre en deux phases © Revit

Suite au problème décrit au chapitre 6.4, concernant la modélisation de la toiture, il a été décidé de ne pas la modéliser.

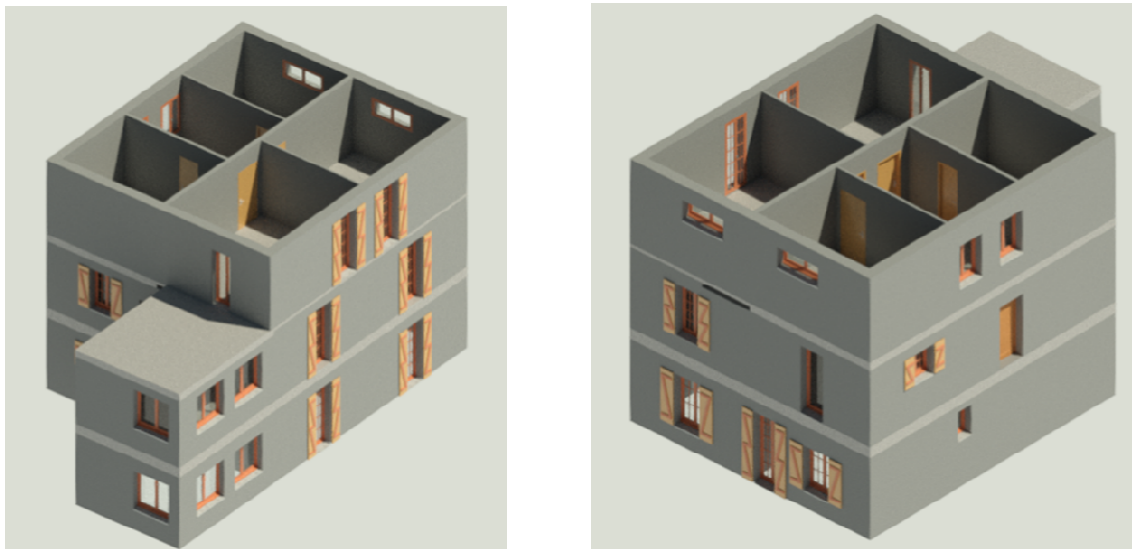


Figure 20. Résultat de la modélisation © Revit

6.5.5 Modélisation rigoureuse

Durant l'étape précédente, la possibilité de pouvoir s'accrocher au nuage de points afin de modéliser les objets a permis de déterminer que le logiciel gère des objets qui ne sont pas orthogonaux entre eux, comme les murs.

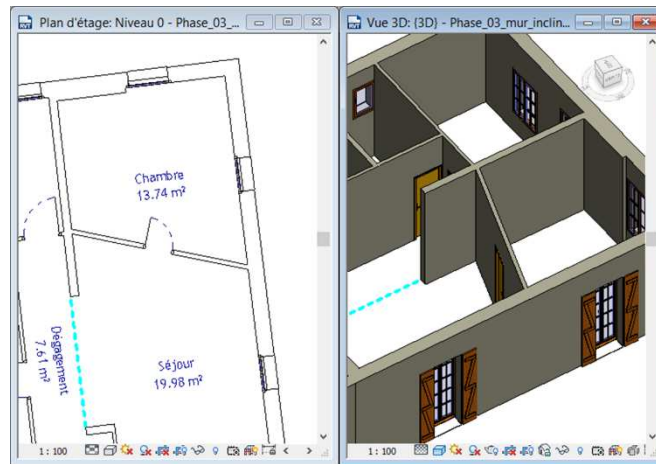


Figure 21. Modélisation d'un mur incliné en planimétrie © Revit

Un second test a été effectué, afin de définir les limites du logiciel en termes d'orthogonalité, plus particulièrement pour les murs. Différents volumes et surfaces ont été créés dans le logiciel pour ce test, soit :

- Une sphère ;
- Une forme composée de surface droite et arrondie (arc de cercle) ;
- Une surface composée uniquement de *spline*.

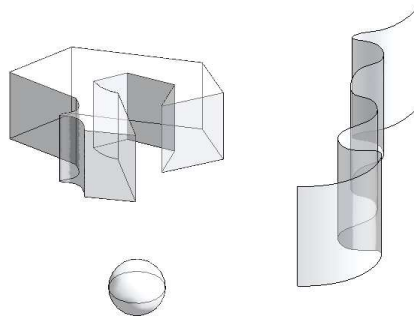


Figure 22. Volumes et surfaces créés pour le test d'orthogonalité © Revit

Au final, un mur a pu être créé sur chacune des surfaces pour autant, bien évidemment, que l'épaisseur définie soit cohérente avec le rayon de courbure des surface non rectilignes.

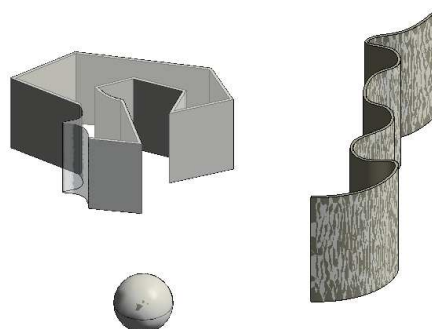


Figure 23. Volumes et surfaces recouverts par un mur © Revit

En revanche, modéliser un mur qui n'est pas vertical n'est pas impossible, mais plus complexe. Citons par exemple le cas du conduit de la cheminée.

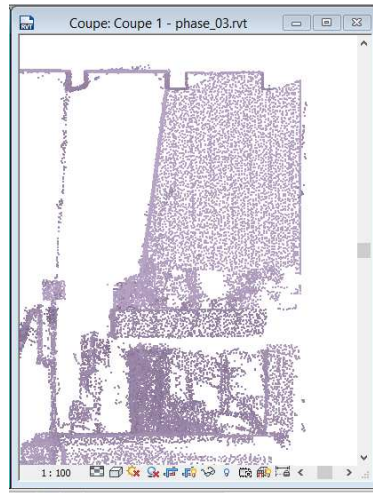


Figure 24. Illustration du mur incliné © Revit

Deux méthodes sont possibles pour créer un mur oblique. La première consiste à dessiner un mur vertical, puis à modifier son profil.

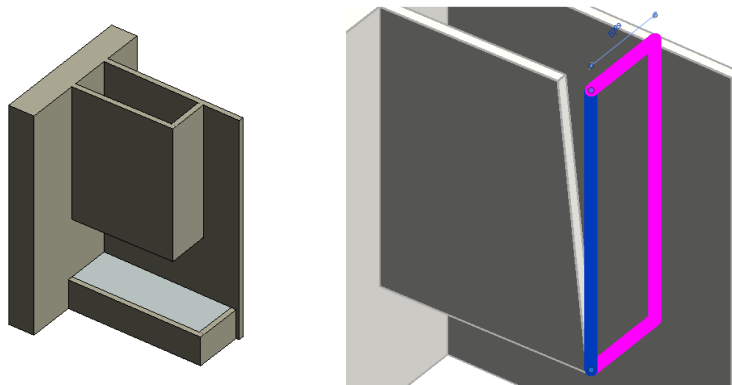


Figure 25. Illustration de la première méthode © Revit

Mais au final, cette méthode s'avère très approximative, car l'utilisation des accrochages aux objets ne fonctionne pas.

La seconde méthode consiste à dessiner un volume pour pouvoir ensuite dessiner des murs sur ce volume.

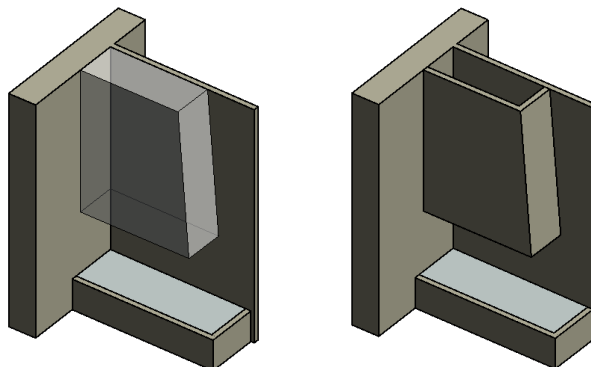


Figure 26. Illustration de la seconde méthode © Revit

Suite à ces différents tests, on peut en conclure que le logiciel n'est pas, ou pas encore, adapté à la modélisation de murs verticaux.

Un dernier test a été effectué en essayant d'importer un volume non vertical provenant de Sketchup, mais malheureusement sans résultat concluant, car bien que l'objet puisse être importé, Revit ne le reconnaît pas comme un volume.

6.6 Temps de réalisation

6.6.1 Etape 1 - A partir d'un plan

Le temps de réalisation effectué pour la modélisation d'un niveau à partir d'un plan est d'environ trois heures. Suivant le niveau de détail souhaité et la qualité des informations du ou des plans utilisés, cette durée peut rapidement augmenter.

L'estimation comprend la modélisation des murs, des fenêtres, des portes et du sol, ainsi que la définition de l'affectation des pièces.

Le bâtiment complet avec la toiture a été réalisé en 10 heures.

6.6.2 Etape 2 – Modélisation simplifiée

Pour l'étape 2, la réalisation d'un étage dure deux fois plus longtemps que pour l'étape 1, soit environ six heures. Deux raisons principales en sont la cause. Tout d'abord, la gestion du nuage de points n'est pas des plus optimales, car il faut gérer son affichage. Ensuite, le fait de devoir mesurer tous les objets avant de pouvoir les modéliser demande également un certain temps.

La réalisation des trois étages a été réalisée en 20 heures environ.

6.6.3 Etape 3 – Modélisation rigoureuse

Etant donné la difficulté à modéliser des murs non verticaux, aucune estimation de temps n'a été réalisée pour cette étape.

6.7 Eléments à approfondir

Au vu du travail réalisé, l'un des aspects intéressant à approfondir concerne la description et le fonctionnement de tous les éléments modélisables dans le logiciel. Ceci permettrait de comprendre comment ils sont représentés et comment ils sont intégrés dans le modèle.

Un second aspect à approfondir concerne l'intégration de modèles plus complexes provenant d'autre logiciel comme Autocad par exemple. Au départ, cet aspect a été défini dans le cahier des charges, mais étant donné le peu de temps restant à disposition, il a été décidé de le mettre en option.

6.8 Conclusion

Bien que l'interface du logiciel Revit soit identique au logiciel Autocad, la prise en mains en est tout autre. En effet, il est nécessaire de consulter quelques tutoriels pour comprendre le fonctionnement du logiciel ainsi que pour se familiariser avec les fonctions de base. A noter que ces tutoriels sont proposés sous forme de vidéos en français dans l'aide en ligne.

Le jonglage entre les différentes vues est également important, car suivant la modélisation réalisée, certains conflits sont plus aisément détectables.

La difficulté qui revient lorsque l'on modélise certains objets est l'interprétation des dimensions à indiquer. En effet, il a été constaté, notamment pour les portes et les fenêtres, que les dimensions mesurées sur le nuage ou reprisent d'un plan ne sont pas forcément celle qu'il faut fournir au logiciel. Certains éléments, tels que les cadres de portes par exemple, doivent également être pris en considération. Il est donc important de déterminer comment sont définies les dimensions des objets dans Revit.

Malgré le fait qu'il soit nécessaire de créer un nouveau modèle pour tout objet dont les caractéristiques sont différentes d'un autre; ce procédé à l'avantage de permettre de faire des modifications sur plusieurs objets en même temps simplement en modifiant le modèle.

Durant la modélisation des murs, un conflit avec le logiciel s'est souvent répété sans pouvoir en déterminer la raison. Lorsque l'on choisit la fonction permettant de dessiner un mur, il est possible, dans les propriétés, de définir les contraintes inférieures et supérieures. Dans l'exemple présenté ci-dessous, le mur à modéliser se trouve au niveau 1, donc la contrainte inférieure est le niveau 1 et celle supérieure est le niveau 2. Mais lorsque ces paramètres sont définis, le logiciel indique un message d'erreur. Le mur est dessiné par défaut au niveau 0. Pour pouvoir le placer dans le bon niveau, il faut modifier les paramètres après avoir dessiné le mur pour que le logiciel accepte la modification.

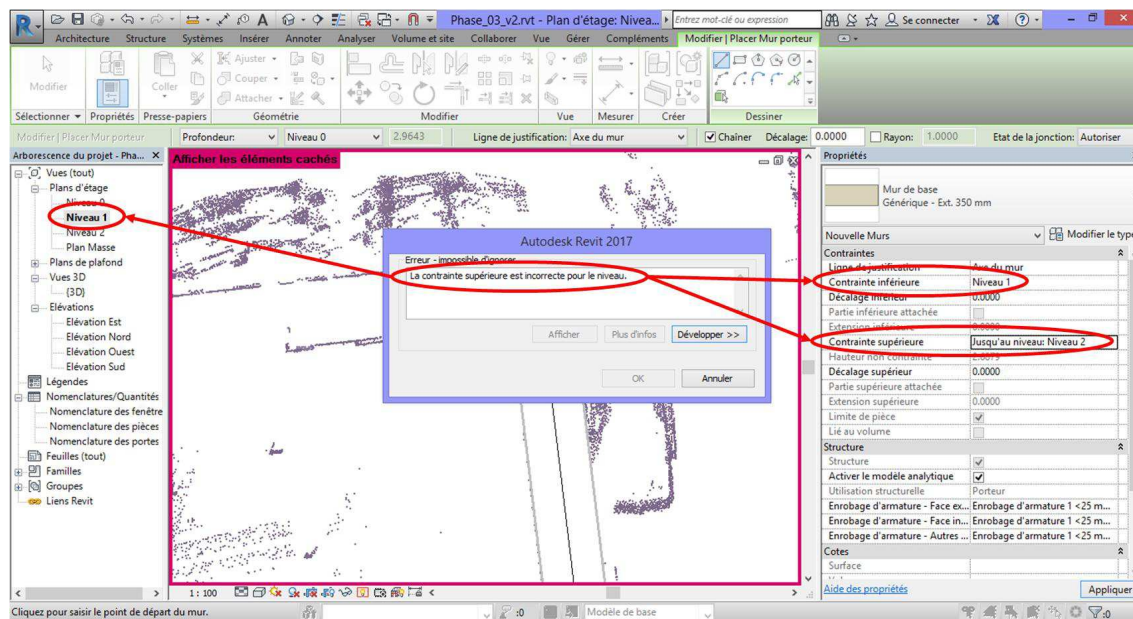


Figure 27. Exemple de conflit © Revit

Pour conclure, en regard avec l'objectif fixé pour ce travail, la modélisation de bâtiment existant est réalisable si on la simplifie, surtout concernant la verticalité des objets. La réalisation d'un modèle rigoureux n'est pas impossible, mais malheureusement le programme n'est pas encore adapté pour réaliser ce type de modélisation.

7 Conclusion

La première partie de ce projet d'approfondissement m'a permis de m'initier à un logiciel traitant des nuages de points qui n'a pas à rougir face à ceux proposés par les constructeurs de laser scanner. Certes, la comparaison avec le logiciel Cyclone montre des différences des les résultats des recalages, mais elles sont acceptables étant donné que chacun à sa propre méthode de calcul. Le choix de l'un ou de l'autre dépendra principalement du travail à effectuer.

Le point fort du logiciel ReCap est sa simplicité d'utilisation, grâce à une procédure guidée pas à pas. Malheureusement, de par cette simplicité, le logiciel limite les options ce qui ne permet pas une certaine liberté pour l'utilisateur.

La deuxième partie, consacrée à l'utilisation du logiciel Revit, m'a fait découvrir l'intérêt à utiliser du BIM. Tout d'abord, la notion de partage du modèle qui est, à mon avis, indispensable pour pouvoir créer un modèle dans son intégralité. Chaque intervenant étant spécialiste dans son domaine, il est nécessaire que chacun puisse y contribuer. C'est également grâce à ce partage qu'il est possible de détecter les conflits, probablement même plus rapidement qu'avec la méthode actuelle. Enfin, l'emploi du BIM impose l'utilisation d'un seul et unique modèle, ce qui permet d'une part d'éviter d'avoir différentes versions et d'autre part d'avoir un modèle toujours à jour. Ce qui permettra de plus, un gain de temps et d'efficacité.

La difficulté principale au cours de ce projet d'approfondissement a été la répartition du temps accordé aux deux logiciels. En effet, afin de pouvoir terminer certains tests avec ReCap, le temps consacré au logiciel Revit s'est vu réduit d'où la modification du cahier des charges.

Le logiciel Revit nécessite un certain temps d'adaptation pour mieux cerner ses nombreuses capacités et il mériterait un projet d'approfondissement à lui seul.

Finalement, ce projet d'approfondissement m'a démontré qu'il existe d'autres solutions que les logiciels proposés par les constructeurs d'instruments et que la création d'un BIM nécessite un certain niveau de connaissances au vu des différents domaines de la construction touchés. Car il ne s'agit pas de "simplement" dessiner un bâtiment, mais d'avoir un modèle en relation avec tous ses composants.

Lausanne, le 12 juin 2017



Michaël Ducret

8 Références

<http://www.objectif-bim.com>

<http://www.villagebim.typepad.com>

<http://www.autodesk.com>

9 Liste des figures

Figure 1. Localisation du bâtiment test © Etat de Vaud, géodonnées © Swisstopo.....	6
Figure 2. Leica ScanStation C10 et Faro Focus 120 © Leica Geosystems et FARO	7
Figure 3. Sphère / Cible pour le C10 / Cible pour le FARO	8
Figure 4. Symboles dans ReCap d'une numérisation structurée et non structurée	10
Figure 5. Problème d'orientation © Autodesk ReCap Pro	11
Figure 6. Résultat global du recalage automatique © Autodesk ReCap Pro	13
Figure 7. Résultat global du recalage manuel avec et sans points de liaison © Autodesk ReCap Pro .	13
Figure 8. Message de fin de calcul du recalage automatique © Autodesk ReCap Pro	15
Figure 9. Exemple de recalage à partir de trois surfaces	15
Figure 10. Niveaux de détail du BIM © https://www.advenser.com/bim-consulting-services/bim-model-audit/	19
Figure 11. Vue 3D / de face / en plan © Revit	21
Figure 12. Exemple de représentation d'un étage en filigrane © Revit.....	21
Figure 13. Insertion d'un plan d'étage comme fond de plan © Revit.....	23
Figure 14. Modélisation d'un niveau (vue en plan) © Revit	23
Figure 15. Ajustement de la sélection © Revit.....	24
Figure 16. Vue 3D du bâtiment entier © Revit	24
Figure 17. Modification de la zone visible d'une élévation © Revit	25
Figure 18. Exemple d'une "tranche" du nuage de points avant et après définition d'une épaisseur © Revit.....	26
Figure 19. Positionnement d'une fenêtre en deux phases © Revit	26
Figure 20. Résultat de la modélisation © Revit.....	26
Figure 21. Modélisation d'un mur incliné en planimétrie © Revit	27
Figure 22. Volumes et surfaces créés pour le test d'orthogonalité © Revit.....	27
Figure 23. Volumes et surfaces recouverts par un mur © Revit.....	27
Figure 24. Illustration du mur incliné © Revit.....	28
Figure 25. Illustration de la première méthode © Revit.....	28
Figure 26. Illustration de la seconde méthode © Revit	28
Figure 27. Exemple de conflit © Revit.....	30

10 Liste des tableaux

Tableau 1: Récapitulatif des formats d'import	9
Tableau 2: Récapitulatif des formats d'export.....	9
Tableau 3 : Formats testés et classés selon leur type de numérisation	10
Tableau 4 : Comparaison recalage automatique et manuel	14
Tableau 5: Comparaison d'assemblage entre Cyclone et ReCap	16
Tableau 6: Récapitulatif des formats d'import dans Revit.....	24

11 Liste des annexes

- Annexe 1: Cahier des charges
- Annexe 2: Différence entre la version Basique et Pro
- Annexe 3: Problème d'import des données du C10
- Annexe 4: Procédure détaillée du recalage automatique
- Annexe 5: Procédure détaillée du recalage manuel
- Annexe 6: Comparaison entre le recalage manuel et automatique
- Annexe 7: Procédure détaillée du recalage Cyclone
- Annexe 8: Quelques fonctions dans Revit