

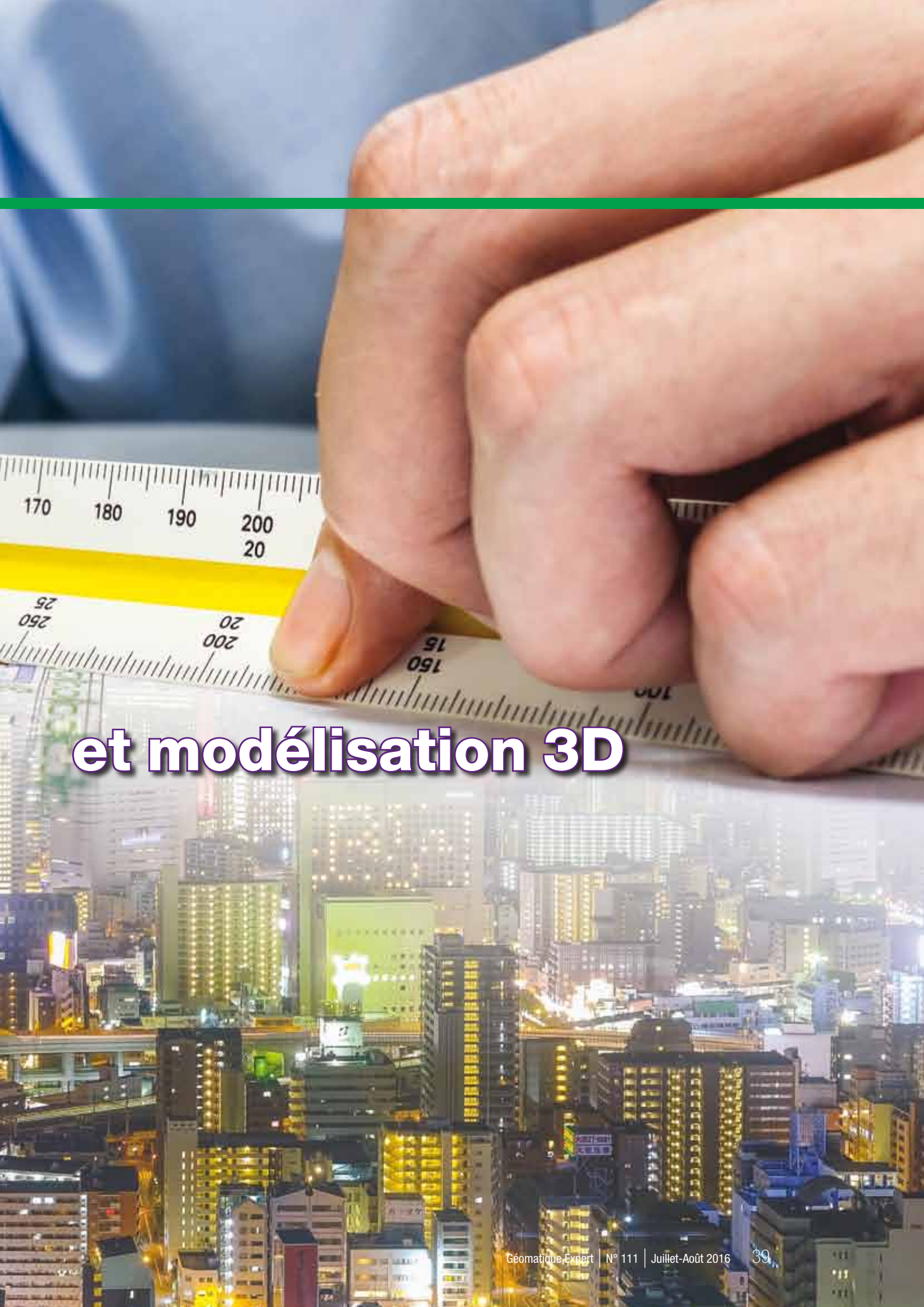


Mobilité

BIM, géomètres

Quel rôle le géomètre-expert peut-il jouer tout au long du processus BIM ? Cette question sera au centre du prochain congrès de l'ordre à Nancy. D'ores et déjà, une étude du cabinet lyonnais *Arpenteurs* permet de répondre à certaines interrogations, et, par l'étude d'un cas concret, d'identifier certains pièges dans la constitution d'une maquette numérique « *telle que construit* ».

Julien Colombe - SELARL Bourguignon Cellier Lacour Varillon



et modélisation 3D

Le BIM et le géomètre-expert

Le BIM, tout le monde en parle. Il est donc logique que les géomètres experts s'y intéressent. Mais, dans quelle mesure les géomètres-experts peuvent-ils être concernés par le BIM ? Afin de lister l'intégralité des missions du géomètre-expert pouvant être affectées par le recours aux processus BIM, ou tout du moins à la maquette numérique, nous avons pris le parti de reprendre les trois grands domaines énoncés dans l'article premier de la loi de 1946 et de chercher pour chacun d'eux les missions concernées.

• **Domaine 1 : Bornage et Délimitation de la propriété**

Dans ce domaine, hormis l'intégration des limites de propriété dans la maquette globale d'un projet de construction de bâtiment ou d'infrastructures, il apparaît qu'aucun processus BIM n'est engagé. Le recours à la maquette numérique semble toutefois pouvoir être intéressant en permettant de clarifier certaines situations grâce à la 3D, dans le cas de bornages complexes en milieu bâti dense et fortement imbriqué ;

• **Projets de construction de bâtiments neufs**

Dans ce type d'opérations, deux missions du géomètre sont concernées par le recours aux processus BIM : l'état des lieux du terrain objet de la construction en amont du projet, puis les missions ponctuelles récolement en phase chantier. Commençons par l'état des lieux. Cette mission consiste pour le géomètre à figurer graphiquement la topographie, les ouvrages existants (bâti, voies, réseaux), les limites de propriété, les servitudes éventuelles ainsi

que les règles inscrites dans les documents d'urbanisme. L'idée, pour s'inscrire dans le processus BIM, est de modéliser ces données en 3D pour produire une maquette d'état des lieux. Le géomètre peut, par la suite, intervenir en phase chantier pour effectuer un levé de récolement des éléments mis en œuvre par les entreprises afin de contrôler la conformité de ces éléments avec la maquette élaborée par la maîtrise d'œuvre, appelée maquette « *tel que conçu* » (ou « *as planned* »). À noter que le récolement permet dans le même temps de faire passer le statut de la maquette de « *tel que conçu* » à « *tel que construit* » (ou « *as built* ») ;

• **Projets de réhabilitation/ rénovation de bâtiment existant**

Dans ce type d'opérations, le géomètre intervient traditionnellement pour produire des plans d'intérieur, de façades et de coupes destinés à être utilisés par l'architecte pour monter son projet. De la même manière, il peut intervenir pour produire la maquette « *tel que construit* » du bâtiment objet de la réhabilitation. Il peut également être missionné, comme dans le cas d'un projet neuf, pour effectuer le récolement en phase chantier ;

• **Missions bureau d'études et maîtrise d'œuvre sur des opérations d'aménagement urbain, de lotissement ou de ZAC**

Les processus BIM pouvant concerner des projets de construction d'infrastructures, il semble que la conception d'ouvrages VRD (*Voirie et Réseaux Divers*) par le géomètre dans le cadre d'un projet d'aménagement puisse se faire sur la base d'une maquette numérique. À l'issue de la mission, le produit de la conception

pourrait, selon l'aménagement en question, alimenter les maquettes urbaines, en plein développement actuellement, ou être délivré aux acquéreurs des lots pour servir de base à leur propre projet d'aménagement. Une conception 3D permettrait également de satisfaire directement l'intérêt grandissant des lotisseurs et promoteurs pour les rendus visuels 3D dans une optique de commercialisation. À terme, le dépôt des demandes d'autorisations d'urbanisme devrait se faire sous la forme de maquette, à en croire un premier test d'instruction de permis de construire numérique 3D réalisé courant avril par la commune de Bussy-Saint-Georges (Seine-et-Marne) concernant un projet de cent neuf logements sociaux réalisé par l'architecte François Pellegrin ;

• **Évaluation en valeur vénale des immeubles**

Le BIM peut impacter la mission d'estimation immobilière de bâtiment pratiquée par certains géomètres experts de deux manières. Tout d'abord, la maquette numérique d'un bâtiment constitue une carte d'identité de l'immeuble en définissant son état actuel ainsi que l'historique des opérations de rénovation et de maintenance ayant été réalisées. Avoir accès par une source d'information unique à ces informations simplifiera donc grandement la mission. De plus, l'exploitation d'un bâtiment « *BIMisé* » permettant d'effectuer des économies relativement importantes en termes de gestion, on est en droit de penser que ces économies devraient pouvoir entraîner une augmentation de la valeur vénale des immeubles ;

• **Gestion immobilière** – Comme nous l'avons vu plus haut, la maquette numérique du bâtiment

constitue un outil extrêmement intéressant pour répondre à des problématiques de gestion immobilière. Les géomètres exerçant cette activité sont donc directement touchés. Mais le géomètre peut également intervenir à deux niveaux. Tout d'abord en proposant un service de production de maquette « *tel que construit* » aux gestionnaires de biens immobiliers désireux d'opérer une transition vers un mode de gestion BIM. Mais également et plus important peut-être, en proposant auxdits gestionnaires une prestation d'assistance à maîtrise d'ouvrage en gestion BIM afin de définir leurs besoins et la solution de gestion la plus à même d'y répondre ;

• **Copropriété et division en volumes** – L'intérêt de concevoir une copropriété en 3D ne saute pas aux yeux, le travail consistant essentiellement à calculer des surfaces dans le but de définir des tantièmes. Néanmoins, la copropriété nécessitant d'être gérée par un syndic, nous revenons à la mission de gestion immobilière précédemment abordée. En division en volumes, l'intérêt de la 3D est beaucoup plus flagrant pour produire des visuels permettant une meilleure compréhension du mode de division de l'immeuble. Pour le reste, nous revenons également au domaine de la gestion immobilière. Dans le cas de l'apparition d'EDD et EDDV numériques 3D, la question des modalités de publication de ces documents par le service de la publicité foncière devra être posée ;

• **Division foncière** – Cette mission du géomètre ne semble en rien affectée par le recours à la maquette numérique. De même que dans le cas du bornage, l'outil

pourrait néanmoins permettre de mieux définir l'emprise de servitudes relativement complexes créées à l'occasion de divisions foncières. Pour ce qui est de penser à un DMPC numérique 3D, d'une part l'intérêt ne semble pas flagrant au vu des coûts qu'il pourrait engendrer, et, d'autre part, cela présupposerait certainement la création d'un cadastre 3D qui ne sera pas disponible demain... À noter qu'ici aussi, la question des modalités de publication d'un DMPC numérique 3D par le service de la publicité foncière se poserait.

Les domaines d'intervention privilégiés du géomètre-expert potentiellement concernés par le recours aux processus BIM et, plus largement, par la maquette numérique sont donc nombreux. L'idée ici n'est pas de tous les traiter. La principale raison à cela est que comme nous l'avons vu, le recours au BIM ne semble pas avoir beaucoup à apporter aux domaines du bornage et de la division foncière, si ce n'est une meilleure compréhension liée à la représentation en 3D.

Dès lors, nous nous concentrerons principalement sur les problématiques en lien avec le monde du bâtiment. Le géomètre intervenant majoritairement sur le bâti existant, nous mettrons donc l'accent plus spécifiquement sur les domaines de la réhabilitation/ rénovation de bâtiment et de la gestion patrimoniale.

Angle d'attaque potentiel

Les chances sont minces pour qu'un maître d'ouvrage commande spontanément une maquette numérique à un géomètre-expert, il convient pour ce dernier de trouver un

moyen détourné de le faire venir lui. Pour cela, il semble qu'établir des partenariats avec les intermédiaires (architecte, AMO BIM, éditeur de logiciels de gestion BIM-compatible) soit une solution intéressante. En effet, dans la plupart des cas, lesdits intermédiaires n'ayant pas intégré la compétence de levé/modélisation, ils ont recours à des prestataires pour mener à bien cette mission. En se faisant connaître des intermédiaires, ces derniers pourraient alors orienter leurs clients maîtres d'ouvrage vers le géomètre-expert.

Bien sûr, le principe d'un partenariat étant pour les partenaires de s'apporter réciproquement un avantage, le géomètre doit trouver le moyen de contenter les intermédiaires. Et la solution est toute trouvée : le géomètre-expert côtoie au quotidien des acteurs du monde du bâtiment et des gestionnaires de biens. Se faire « *commercial du BIM* » en exposant les gains envisageables permettrait potentiellement de rapporter des clients aux partenaires.

La condition du fonctionnement de tels partenariat est la production de maquette de qualité. La balle est donc dans le camp des géomètres. De nos jours, sur un marché relativement récent et en fort développement comme celui du BIM, une condition indispensable pour décrocher des marchés est de pouvoir justifier d'une certaine expérience traduisant ses capacités dans ledit domaine. Et le géomètre-expert est là dans un cercle vicieux. En effet, comment prouver cette capacité si les clients potentiels qui lui permettraient de bâtir son expérience ne sont pas prêts à lui faire confiance du fait de son inexpérience... ? Pour pallier

cette difficulté et s'extraire de son statut de novice dans le domaine, la première initiative du géomètre-expert doit être de tenter de suggérer le recours au BIM, ou du moins à la maquette numérique, à des clients venus le consulter sans idée préconçue de la méthode à employer.

Dans un premier temps, il semble évident que le géomètre-expert ne doit pas attendre que ses clients potentiels identifient eux-mêmes leur besoin de recourir au BIM. C'est à lui, à l'occasion des demandes de travaux traditionnels par sa clientèle, de suggérer les avantages que procurerait le recours aux processus BIM ou à la maquette numérique.

Une étude menée au sein du cabinet *Arpenteurs* a démontré qu'essayer d'imposer le recours à des processus BIM comme alternative à une demande traditionnelle de la clientèle du cabinet s'avère relativement difficile dans le sens où la réussite d'une telle tentative repose sur la capacité des autres intervenants au projet à suivre notre démarche. S'il est difficile d'obtenir des marchés BIM du fait d'un manque de références, et que tenter de créer ces références en suggérant des solutions BIM à nos clients comme alternative à des solutions traditionnelles semble également compliqué, une solution serait de chercher des marchés en s'associant à d'autres acteurs ayant déjà des références, en un mot : coopérer.

Co-traitance et communication

La recherche de co-traitants adaptés n'est pas évidente. En effet, inutile de tenter de s'associer avec de grosses structures déjà fortement

familiarisées aux processus BIM, ces dernières bénéficiant des ressources suffisantes en interne pour gérer seules leurs projets. Il convient donc de trouver des structures de plus petites tailles susceptibles de devoir s'associer pour répondre à des demandes importantes.

Le marché du BIM étant encore relativement nouveau, maîtriser les processus liés ne suffira pas. Une démarche de communication efficace semble indispensable pour sensibiliser les maîtres d'ouvrage et informer les professionnels du domaine de notre positionnement sur le secteur. Outre une mise à jour du site internet du cabinet créant un onglet dédié au BIM, et une campagne de démarchage globale, deux outils de communication semblent intéressants :

- Partant du principe que la communication visuelle a un impact fort, réaliser de courtes animations vidéo mettant en scène les possibilités offertes par le BIM et illustrées par des premiers dossiers de production maquette ou à défaut par des projets test ;
- Toujours concernant la communication visuelle et bien que nous nous éloignons là du BIM à proprement parler, il semble que certains acteurs, comme les communes, soient intéressés par des rendu 3D visant à mettre en avant leur patrimoine architectural. Afin de communiquer auprès de ces interlocuteurs, faire imprimer en 3D un bâtiment test afin de donner une idée des possibilités de cette technologie semble intéressant. Le coût d'impression est de l'ordre d'une centaine d'euros pour une maquette globalement cubique de sept

centimètres de côté, sachant que les logiciels courants de modélisation 3D type *Revit* permettent un export au format FBX directement imprimable.

Modélisation 3D

Pour modéliser l'existant en 3D, par exemple dans le cadre d'un projet de réhabilitation, la méthode d'acquisition la plus évidente est le scanner *3D laser*. Mais, dans le cadre d'un projet de réhabilitation de bâtiment, s'il est prévu de supprimer une partie des éléments en place comme certains doublages, ce qui intéresse l'architecte est de connaître la position précise du mur porteur. Or les rayons du scanner 3D étant arrêtés par le doublage, ils ne détectent que celui-ci et pas le mur porteur. Dès lors, la solution la plus simple serait de demander à l'architecte de faire réaliser le curage des éléments voués à être supprimés avant de procéder au levé.

Cependant, l'architecte a besoin de la maquette en amont du projet, pour réaliser ses esquisses et son estimation de coûts. De plus, la démolition représente un poste important d'un chantier de réhabilitation, et ne peut être entreprise sans être chiffrée. Un levé en amont du curage est donc indispensable.

Dès lors, la solution serait de réaliser un premier levé avant curage pour réaliser une maquette « *estimée* », dans le sens où on représentera un mur en respectant sa structure avec une partie porteuse et une partie doublage, même s'il n'est pas possible de définir la limite entre ces deux parties et donc leurs épaisseurs respectives. Une fois le curage effectué, on pourra effectuer un nouveau levé et ainsi

retirer l'épaisseur de doublage ayant été supprimée, et donc placer précisément la limite de la partie porteuse restante.

Certains projets de réhabilitation (énergétiques notamment) ne portant que sur l'enveloppe extérieure d'un bâtiment (isolation par l'extérieur par exemple), la question du moment du levé ne se pose donc pas.

Des missions spécifiques nécessitent de sous-traiter

En fonction des éléments à modéliser, le recours à un sous-traitant peut s'avérer nécessaire. En effet, si les réseaux divers du bâtiment sont à représenter, deux problématiques se posent. Tout d'abord, le géomètre n'ayant pas l'habitude de représenter ces réseaux, ses connaissances en la matière sont limitées, ce qui complexifie considérablement la mission. De plus, les réseaux étant la plupart du temps intégrés dans le doublage des murs ou dans les faux plafonds, ils ne sont pas visibles et nécessitent d'être détectés. Cette mission de détection demande des connaissances spécifiques maîtrisées par certaines entreprises de CVC (*Climatisation Ventilation Chauffage*) et d'électricité.

Présentation de la démarche mise en place au sein du cabinet Arpenteurs

Afin d'appuyer notre réflexion sur une expérience personnelle et non sur des retours d'expérience externes, nous avons décidé de nous lancer dans la modélisation d'un bâtiment. Nous avons donc réfléchi à un dossier du cabinet ayant donné lieu à la production d'un nuage de points pouvant convenir pour

une modélisation. Ayant lu dans divers articles, dont un publié sur le site internet d'*Autodesk*, que commencer par un projet simple n'était pas forcément la bonne solution dans le sens où certaines problématiques complexes n'émergeraient pas, nous avons décidé de retenir un bâtiment ancien d'époque Renaissance présentant des murs et escaliers en pierre irréguliers, des demi-niveaux, des fenêtres à meneaux...

En ce qui concerne le logiciel de modélisation, nous n'avons pas souhaité mener d'étude comparative, ce travail ayant déjà été effectué à de multiples reprises. Les conclusions des

Détermination du logiciel le plus adapté à la modélisation de l'existant

Les trois logiciels de modélisation 3D permettant un travail collaboratif les plus connus sont *Revit*, *ArchiCAD* et *Allplan*. Comme nous l'avons expliqué plus haut, nous n'avons pas souhaité mener d'étude comparative entre les différents logiciels du marché. Ce travail aurait pris trop de temps et de nombreux comparatifs ont déjà été menés, qui mettent en évidence des prix relativement similaires et des possibilités de modélisation proches. Deux arguments ont guidé notre choix. Le premier



Figure 1 : Le bâtiment test de notre étude.

travaux existants ne mettant pas en évidence de différences notables concernant les principaux logiciels du marché, nous avons décidé d'utiliser le logiciel *Revit*.

est que bien que *Revit* soit, de l'avis général, le plus complexe à utiliser, il semble que ce soit celui permettant d'aller le plus loin dans la modélisation. C'est également le plus évolué en ce

qui concerne l'aspect collaboratif. Deuxièmement, *Revit* occupe environ 90 % du marché des logiciels BIM toutes professions confondues (architectes, bureaux d'études, entreprises...). En théorie, le but du format IFC étant l'interopérabilité entre les différents logiciels, cet argument ne devrait pas avoir de poids. En pratique, lors de l'export IFC depuis un logiciel BIM, un certain nombre de données sont perdues. Choisir le logiciel le plus utilisé permettra donc, dans de nombreux cas, de continuer à travailler en format natif *Revit* en attendant des avancées dans le domaine de l'IFC.

Revit permet de monter la structure de la maquette selon deux méthodes. La première, qui semble la plus adaptée, consiste à intégrer le nuage de points issu d'un levé au scanner 3D dans le logiciel puis à travailler en numérisant les éléments en plan sur une couche du nuage avant de passer en vue d'élévation pour régler la hauteur des éléments, toujours avec comme support le nuage de points.

La seconde consiste à utiliser un plan 2,5D CAO, voire un simple scan placé en fond d'espace de travail et servant de base à la numérisation en plan des éléments. Le réglage de la hauteur des éléments se fait en appliquant les valeurs numériques d'élévation inscrites sur le plan 2,5D. Cette méthode est clairement critiquable pour deux raisons : tout d'abord il est extrêmement fréquent que des données d'élévation manquent sur les plans, obligeant à effectuer un complément d'acquisition sur le terrain. De plus, les plans existants plus ou moins anciens sont rarement à jour et peuvent entraîner des erreurs de

modélisation, sans parler de leur précision parfois médiocre.

La meilleure solution semble donc de travailler sur la base d'un nuage de points regroupant un très grand nombre d'informations. La solution *Tripod* de *Measurix* constitue également une alternative intéressante.

Différentes sources possibles des objets intégrés

En conception, les éléments de construction utilisés étant récents, il est fréquent qu'ils soient disponibles en téléchargement au format IFC ou natif de certains logiciels sur le site du fabricant ou sur une plate-forme de téléchargement d'objets BIM type *Polantis*, *BIMobject*... Dès lors, l'objet de la maquette correspond parfaitement à l'élément qui sera mis en œuvre en phase chantier.

En ce qui concerne la modélisation de bâtiments existants, si ces derniers sont relativement récents, il est possible de trouver les objets correspondant selon le même procédé. Néanmoins, dans la plupart des cas, les éléments trop anciens n'ont pas été modélisés. Si le niveau de détail requis impose d'insérer des objets spécifiques représentant fidèlement les éléments existants, il convient de modéliser l'élément ; si le niveau de détail permet l'insertion d'objets génériques non strictement fidèles à la réalité mais respectant seulement la forme et les dimensions de l'élément, il suffit de piocher dans la bibliothèque d'objets du logiciels ou tout autre bibliothèque téléchargée sur internet.

Il est important de noter que, le plus souvent, dans la modélisation de l'existant, c'est bien la forme et les

dimensions qui importent et non la fidélité stricte à la réalité. Dès lors l'utilisation d'objets génériques souvent bien plus légers que les éléments spécifiques des fabricants, contribue à diminuer le poids de la maquette.

De nombreuses structures proposant des prestations de levé/modélisation 3D étant en train de voir le jour, il semble que la concurrence sera rude et le prix de vente des prestations tiré vers le bas. Il convient donc de trouver des solutions permettant de diminuer les prix de revient afin de pouvoir conserver une marge acceptable. Dans cette optique, une solution simple serait de sous-traiter.

Le géomètre-expert étant, selon l'adage, « *l'Homme de la juste mesure* », nous ne saurions abandonner notre mission de levé de l'existant. Bien que les technologies récentes de levé 3D aient considérablement simplifié l'acquisition de données et leur traitement, une certaine expérience demeure nécessaire pour obtenir un nuage de points de qualité et un niveau de détail cohérent avec l'utilisation projetée. Aucune sous-traitance de la mission de levé ne saurait donc être envisagée, d'autant plus qu'aucun contrôle fiable du nuage de points fourni ne serait possible.

En revanche, la mission de modélisation ne consiste qu'à identifier des éléments de bâti dans le nuage de points et à créer des objets 3D pour les représenter. Cette tâche, bien que nécessitant également d'acquérir de l'expérience, demeure relativement fastidieuse et ne fait intervenir aucune valeur ajoutée du géomètre-expert. Cette mission semble donc pouvoir être facilement sous-traitée. Certains

l'ont déjà compris et sous-traitent la mission de modélisation dans des pays où le coût du travail est moindre, notamment en Europe de l'Est et en Asie, voire même, pour les plus gros groupes, en créant directement des filiales en Afrique du Nord...

Sous-traitance

Cette idée de délocaliser la production n'étant à nos yeux pas satisfaisante, nous avons réfléchi à un autre moyen de la rentabiliser et sommes arrivés à la conclusion qu'il était indispensable de trouver un moyen d'industrialiser les processus de modélisation. Ne disposant ni du personnel qualifié en interne, ni du budget nécessaire à l'externalisation du développement de logiciels ou applicatifs susceptibles de nous aider dans la poursuite de cet objectif, nous avons cherché une solution existante, et avons pris contact avec une jeune *start-up* ayant développé un logiciel capable de reconnaître automatiquement des éléments dans un nuage de points tels que des murs, dalles, plafonds, ouvertures... Cette automatisation permet de « dégrossir » la modélisation à des tarifs très intéressants. En outre :

1. Le client conserve la mission de levé 3D et d'assemblage des nuages de points. Le format d'export du nuage de points assemblé demandé est le E57. Il s'agit d'un format d'export très répandu et proposé par tous les logiciels de traitement de nuages de points ;

2. L'entreprise met à disposition du client la version gratuite de son logiciel de compression de nuage de points afin de lui permettre un envoi facilité via une plate-forme

de transfert de fichiers en ligne type *We-Transfer* (ou directement par mail si la taille du fichier compressé le permet) ;

3. L'entreprise procède à un contrôle de l'assemblage du nuage de points et vérifie

4. L'entreprise renvoie directement les éléments de rendu suivants :

- La maquette au format natif *Revit* (.rvt) ;
- Les plans 2D par niveaux au format DWG (qui ne sont en fait que de simples exports depuis *Revit*) ;

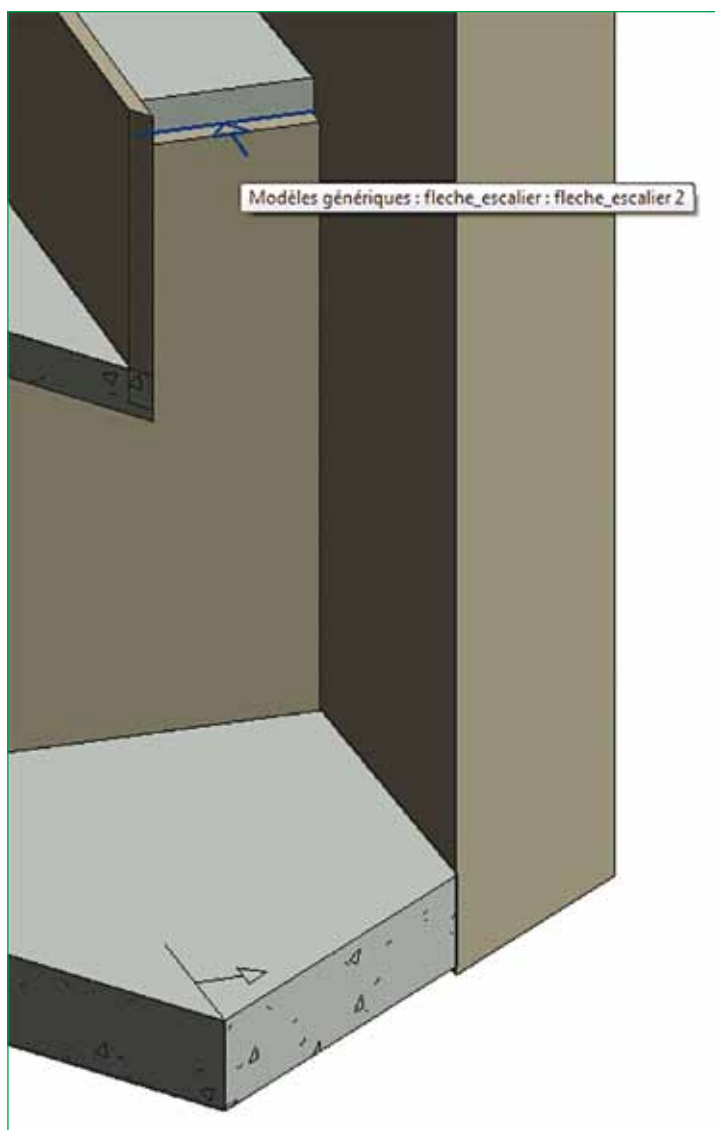


Figure 3 : Les escaliers ne font pas partie de la maquette numérique livrée.

que sa qualité est suffisante pour permettre aux algorithmes de le traiter. Si le nuage est « validé », l'entreprise indique le délai de traitement et transmet un devis pour acceptation avant passer à la production de la maquette ;

- Un compte rendu de modélisation dans lequel sont indiqués les éventuels problèmes rencontrés, les zones floues du nuage de points nécessitant un contrôle renforcé de la part du client voire un complément de levé...



Figure 4 : Aperçu de la maquette livrée.

Deux niveaux de détail proposés en fonction des besoins

Deux niveaux de détail de la maquette sont proposés : une version « *soft* » et une version plus complète. Le tableau 2 précise les éléments intégrés à chaque maquette.

Quel que soit le niveau de détail, certains éléments ne sont pas inclus :

- Les toitures, charpentes et systèmes de poutres ;
- Les escaliers (seules les positions du départ et de l'arrivée sont indiquées par le biais de flèches, ce qui n'a objectivement que peu d'intérêt... aucun objet 3D n'est créé) ;
- Les annotations (côtes, surfaces, affectations des pièces, HSP, HSFP, HSPO...).

La solution permet juste de dégrossir à moindre frais la

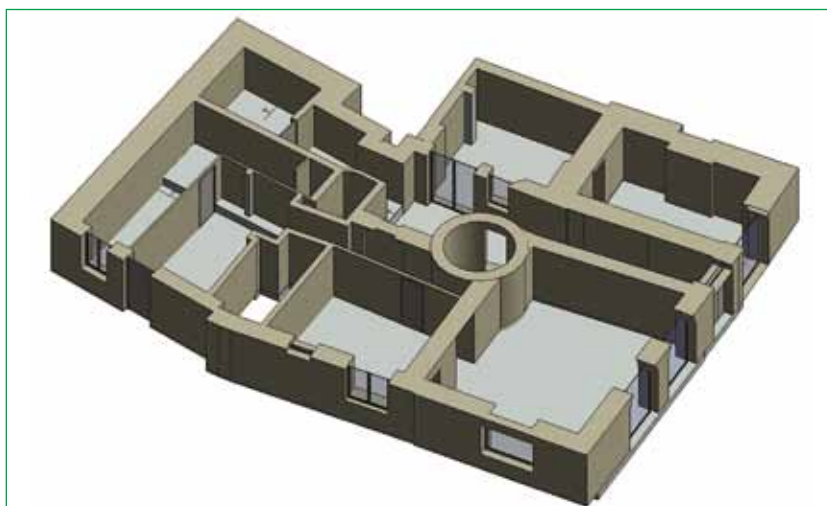


Figure 5 : Maquette en 3D du rez-de-chaussée.

modélisation, mais nécessite un travail complémentaire sur la maquette afin de la rendre conforme aux attentes du client.

La version *soft* convient parfaitement pour réaliser de simples attestations de superficies. Elle peut également suffire dans le cas où les besoins du client nécessitent d'insérer des objets avec un certain niveau de détail graphique. En effet, la maquette livrée en version complète comporte, par exemple, des modèles d'ouvertures génériques qui ne sont là que pour indiquer la forme, la position et les dimensions précises de ces dernières, mais en aucun cas pour donner un aperçu strictement conforme à la réalité, comme on peut le voir en comparant la capture d'écran de la maquette livrée et la photographie. Le choix de la version commandée dépendra donc des besoins du client et du niveau de détail attendu.

La figure 4 donne un aperçu du rendu livré en version complète. On peut identifier un niveau de détail de l'ordre du LOD 200. La figure 5 est un aperçu de la maquette 3D du rez-de-chaussée.

Un contrôle simple et rapide

Afin de permettre à ses clients un contrôle rapide de la qualité de la maquette produite, le fichier *Revit* livré contient un élément de contrôle : la *density grid*. Il s'agit d'un traitement spécifique du nuage de points qui consiste à prendre une tranche épaisse du nuage allant du sol au plafond d'un niveau, et à « écraser » cette tranche pour ramener tous les points sur un même plan horizontal. Cet outil est livré calé sur les plans de niveaux de la

	Version Soft	Version Complète
Murs et Cloisons	✓	✓
Sols et plafonds	✓	✓
Ouvertures	✗	✓
Escaliers	✗	✓
Poteaux	✗	✓

Tableau 2 : Tableau comparatif des composants des deux niveaux de détail proposés.

maquette. Un simple contrôle visuel permet alors de vérifier la concordance entre les contours mis en évidence dans le nuage de points et les objets 3D modélisés. Le très gros avantage de la *density grid* comparé à une tranche fine du nuage de points à un niveau donné est que sur la *density grid*, tous les éléments apparaissent sur un même plan, quelle que soit leur élévation. On peut donc visualiser sur un même document aussi bien une marche au niveau du sol qu'une poutre au niveau du plafond. Cela permet d'éviter de jongler entre des coupes du nuage de points à différentes hauteurs pour localiser les éléments présents à des élévations différentes.

Pour écarter toute erreur de modélisation liée à un incident dans la compression du nuage ou dans la production de la *density grid* par le sous-traitant, il est très simple de réimporter le nuage de points brut dans *Revit* (nuage et maquette étant géoréférencés, aucun calage n'est nécessaire), afin de contrôler la cohérence de la modélisation en plan (position planimétrique des éléments : position et épaisseur des murs et cloisons, position

et largeur des ouvertures...) et en élévation (position altimétrique des éléments : calage des niveaux, épaisseurs de dalles, positionnement des ouvertures...).

Une solution très efficace mais avec certaines limites

Si la solution proposée peut être extrêmement intéressante, il convient néanmoins d'en connaître les limites. La plus importante est à mettre en relation avec la typologie de bâti à modéliser. En effet, le processus de modélisation reposant sur des algorithmes, certaines configurations complexes ou irrégulières de bâti ne peuvent être reconnues et ne sont donc pas représentées. Bien entendu, la maquette, après production d'un rendu brut par le logiciel, est analysée par le service qualité de l'entreprise. Une reprise manuelle des zones où des problèmes sont apparus est alors effectuée avant livraison.

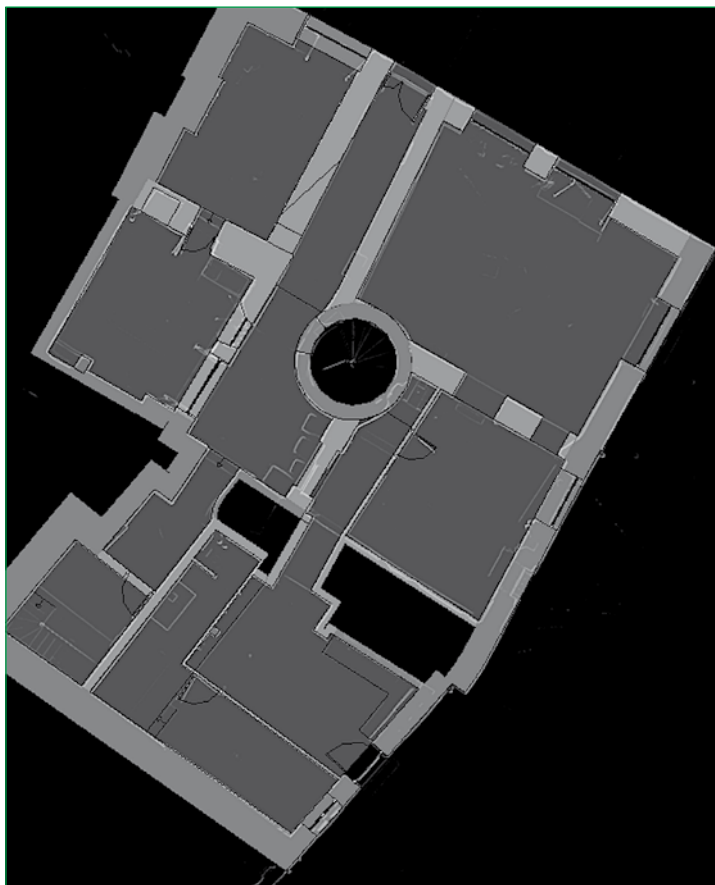


Figure 6 : La *density grid*.

Résultat du test de modélisation commandé par le cabinet *Arpenteurs*

Afin de tester la pertinence de la solution proposée par rapport

à nos besoins, notamment en termes de précision, le cabinet a commandé la modélisation du bâtiment test déjà modélisé manuellement par nos soins. Après une fine étude comparative

des deux maquettes et de nombreux échanges avec les équipes techniques, il en ressort que les bâtiments aussi irréguliers et complexes que notre bâtiment test ne sont pas compatibles avec la modélisation automatique. De nombreux murs anciens n'ont pas pu être modélisés du fait de leur fruit/contrefruit, de l'irrégularité due aux joints creux de certains murs en pierre...

En effet, avec la *density grid*, si la face du mur n'est pas relativement verticale et régulière, le fait de travailler sur une couche épaisse du nuage de points rend les contours des éléments imprécis et la reconnaissance des murs impossible. Notre nuage comporte une face de mur incertaine qui s'étale sur plus de 11 cm d'épaisseur, ce qui ne permet pas aux algorithmes d'aboutir à une quelconque modélisation.

En conclusion, il apparaît que la solution peut être extrêmement intéressante à condition de savoir sur quels types de projet l'utiliser. Elle convient parfaitement pour des bâtiments relativement réguliers. Une part importante de l'activité de l'entreprise concerne de grands ensembles de bureaux avec des plateaux importants.

La production de documents 2D à partir de la maquette demande quelques ajustements

Des rendus visuels à gérer en rétroconception 2D

Dans un logiciel comme *Revit*, les vues 2D (plans, coupes et élévations) étant créées

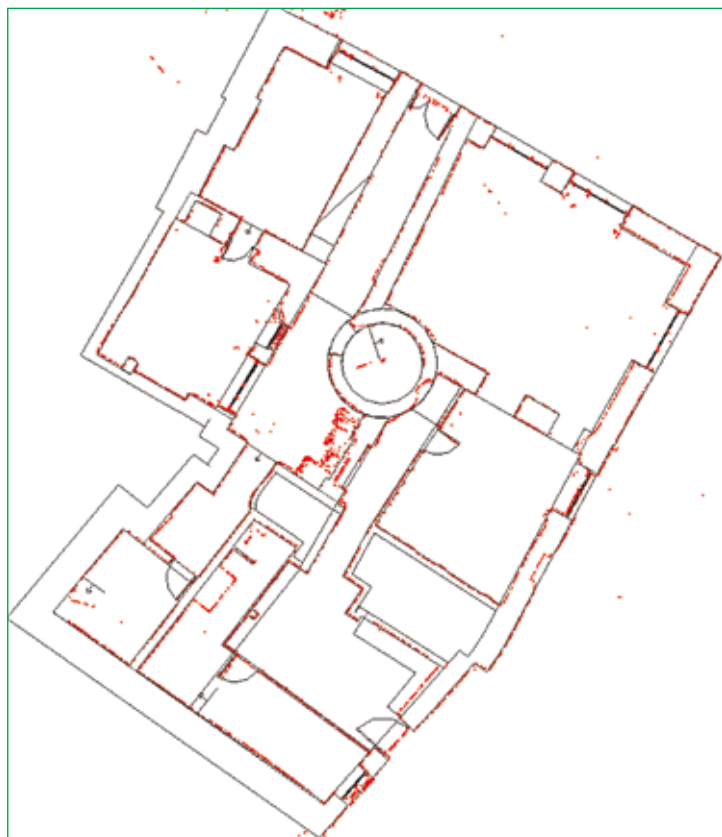
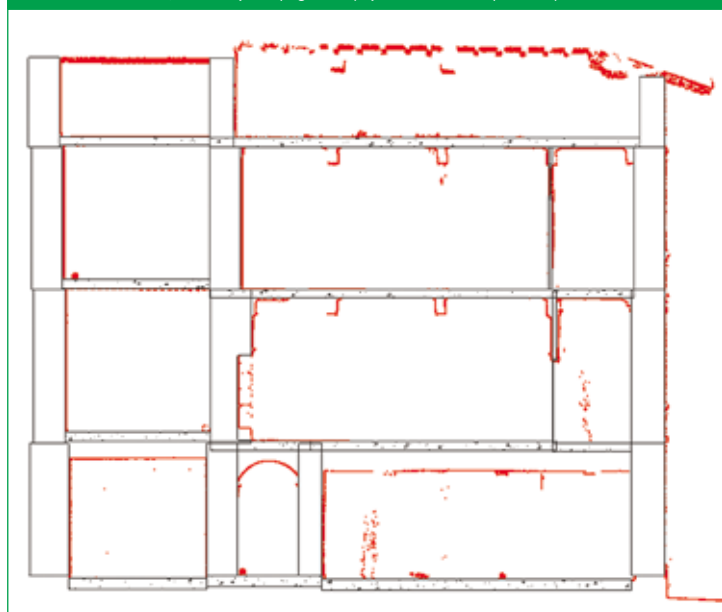


Figure 7 : Le recalage du nuage de points sur la maquette met en évidence une très bonne modélisation, tant en plan (à gauche) qu'en élévation (à droite).



automatiquement sur la base de la maquette 3D, certains résultats ne sont pas satisfaisants et nécessitent d'être retravaillés pour arriver à un rendu correct. Prenons un exemple issu de la modélisation de notre bâtiment test.

Sur la figure 8, on peut voir que le rendu 2D n'est pas satisfaisant. En effet, la structure en pierre de l'escalier en colimaçon visible au centre présentant une géométrie relativement complexe, cette dernière n'a pas pu être modélisée par un objet mur. Nous avons donc utilisé un composant créé *in situ* de type « mur ». Il s'agit d'un volume 3D créé sur la base d'un profil (en coupe horizontale) que l'on vient extruder sur une hauteur souhaitée. Mais comme nous pouvons le voir, le logiciel ne permet pas de lier des objets murs directement à un composant créé *in situ*. Le résultat observé est que les murs viennent s'agréger dans le composant ce qui occasionne des traits parasites sur les plans 2D.

Pour arriver à un rendu 2D satisfaisant, il existe plusieurs outils. Tout d'abord, il est possible de masquer des lignes de scission gênantes en agissant sur le style de ligne. Pour cela, dans l'onglet *Modifier* puis dans le groupe *Vue*, on utilise l'outil *Traits* en choisissant d'appliquer le style « *Lignes invisibles* ».

L'outil *Traits* de *Revit* est également utilisable en 3D. Figure 9a, on peut voir un grand nombre de lignes de scission sur la façade du bâtiment. Elles représentent les limites des différents objets mur utilisés pour modéliser le mur de façade très irrégulier. Il n'est donc pas utile de les afficher sur le rendu 3D.

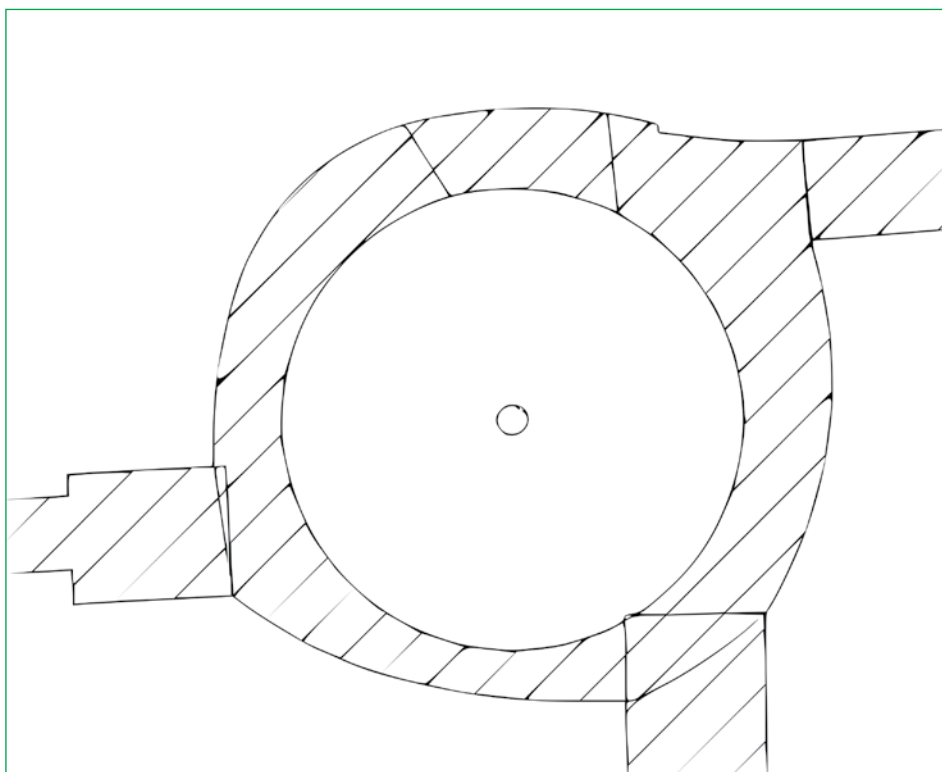


Figure 8 : Mise en évidence de la disparition des lignes de scission en 2D.

Si le problème ne concerne pas seulement des lignes de scission mais un conflit d'emprise géométrique 3D entre deux composants, un autre outil peut être utilisé. Il permet de découper un objet à partir d'un volume vide.

Un export DWG à paramétrer pour respecter la charte graphique du cabinet

Bien que l'intérêt du BIM soit de travailler en 3D, les plans 2D restent néanmoins indispensables pour de nombreux acteurs. Si l'idée est de produire les plans au format papier ou PDF, tout se fait directement dans *Revit*. En revanche, dans le cas fréquent où un intervenant demande un plan au format informatique CAO type DWG, un export depuis *Revit* est nécessaire. Or, par défaut, le paramétrage de cet export donne naissance à des plans DWG respectant une charte graphique relativement originale...

Pour remédier à cela et respecter la charte graphique du cabinet, il est possible de créer une configuration d'exportation personnalisée. Pour cela, depuis le menu principal *Revit*, suivre *Exporter* → *Formats CAO* → *DWG*. Il suffit ensuite dans l'onglet *Configuration d'exportation* de cliquer sur le bouton *Parcourir* puis *Nouvelle configuration d'exportation*.

Comme on peut le voir sur la figure 10, il est ensuite possible, pour chaque catégorie d'éléments *Revit* en plan (Projection) ou en Coupe (coupes et élévations), de définir le calque d'export associé. Peuvent alors être précisés :

- L'identifiant de la couleur (ID) ;
- Le type de ligne à employer ainsi que l'échelle de chaque type ;
- Le type de hachures (Motif) ;
- Les polices de texte.



Figure 9a/9b : Mise en évidence de la disparition des lignes de scission en 3D.



La configuration détermine également :

- L'unité et le type de coordonnées ;
- Le format d'export en fonction de la version d'AutoCAD.

Une fois l'export des calques utilisés paramétré pour correspondre à la charte graphique du cabinet, on obtient le DWG de la figure 11.

Un outil d'aide à la modélisation crucial : le rendu 3D « photo-réaliste »

Quel que soit le mode de montage d'une maquette numérique (sur la base de plans 2D ou d'un nuage de points), il peut arriver que des questions se posent sur l'imbrication des différents éléments dans la réalité. Cela peut obliger à retourner sur le terrain afin de visualiser à nouveau la configuration des lieux, voire à effectuer un complément d'acquisition. Dans le cas où la maquette est réalisée sur la base d'un nuage de points, bien que ce dernier centralise un grand nombre d'informations, il peut néanmoins arriver que certaines zones du nuage soient difficiles à interpréter pour diverses raisons. En cas de doute et afin d'économiser un temps important en évitant d'avoir à retourner sur le terrain, un outil très intéressant peut être utilisé : le rendu 3D photo-réaliste.

Un scanner 3D enregistre deux types de données : des points en coordonnées sphériques (angle horizontal, angle vertical et distance) et des indications sur la couleur correspondant à chaque point. En combinant ces deux informations, c'est-à-dire

en associant à chaque point du nuage une valeur de couleur, certains logiciels de traitement de nuage de points peuvent produire un rendu 3D photo-réaliste. Ce dernier permet de réaliser une visite virtuelle du bâtiment relevé depuis chaque station occupée par le scanner lors du levé. Il permet également de prendre directement des mesures. Cet outil permet donc d'accompagner le concepteur d'une maquette dans sa tâche en lui permettant d'aller piocher un grand nombre d'informations, tout en restant au bureau. Plusieurs logiciels de traitement de nuage de points offrent la possibilité de créer de tels rendus. Concernant le logiciel *RealWorks* développé par *Trimble*, l'outil a été appelé le « *Scan Explorer* » (chez *Leica* on parle de « *True View* »).

Afin d'avoir une idée réelle de l'utilité de cet outil, suivent quelques cas concrets de l'aide apportée par le *Scan Explorer* lors de la conception de notre bâtiment test.

Tout d'abord, les figures ci-après montrent comment a été modélisé un ensemble de murs sur la base d'une tranche du nuage de points. Un décalage inexplicable apparaît (cerclé de bleu sur la figure 12). L'analyse du nuage de points en 3D ne permet pas de mieux comprendre le phénomène.

C'est le *Scan Explorer* (figure 13) qui permet ici de mettre en évidence le fait que le décalage observé correspond à une porte de placard entrouverte. Bien qu'obligés dans ce cas concret de retourner sur le terrain afin de relever la profondeur du placard dans le but de confirmer la position du mur, le *Scan Explorer* a ici permis d'éviter une grossière erreur de modélisation

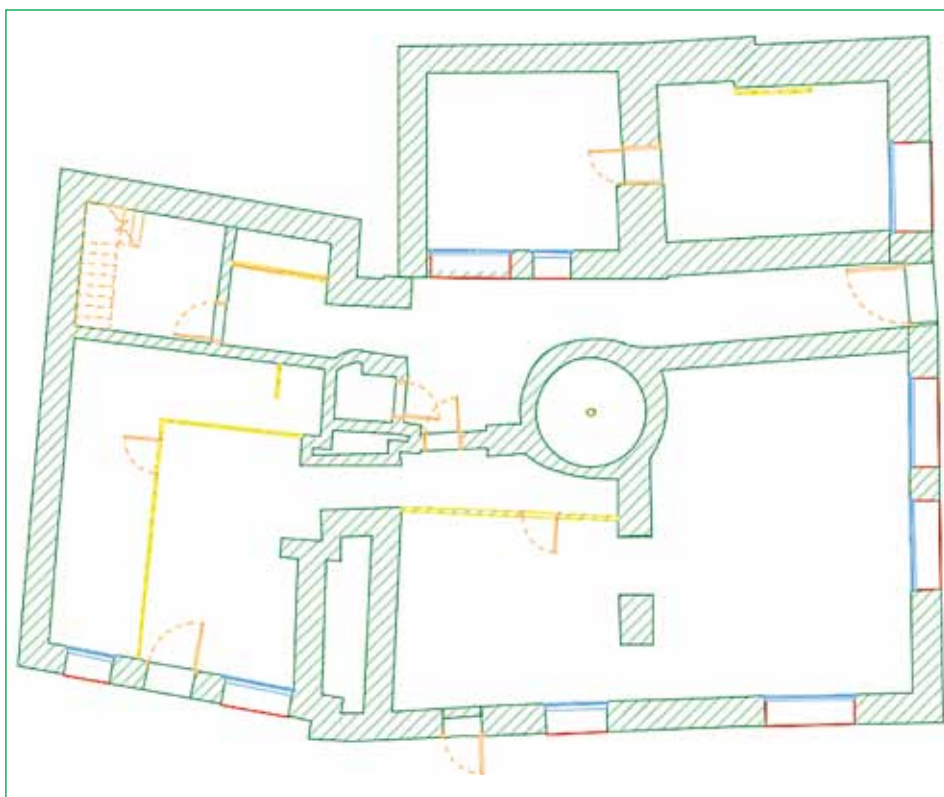


Figure 10 : Export DWG original.

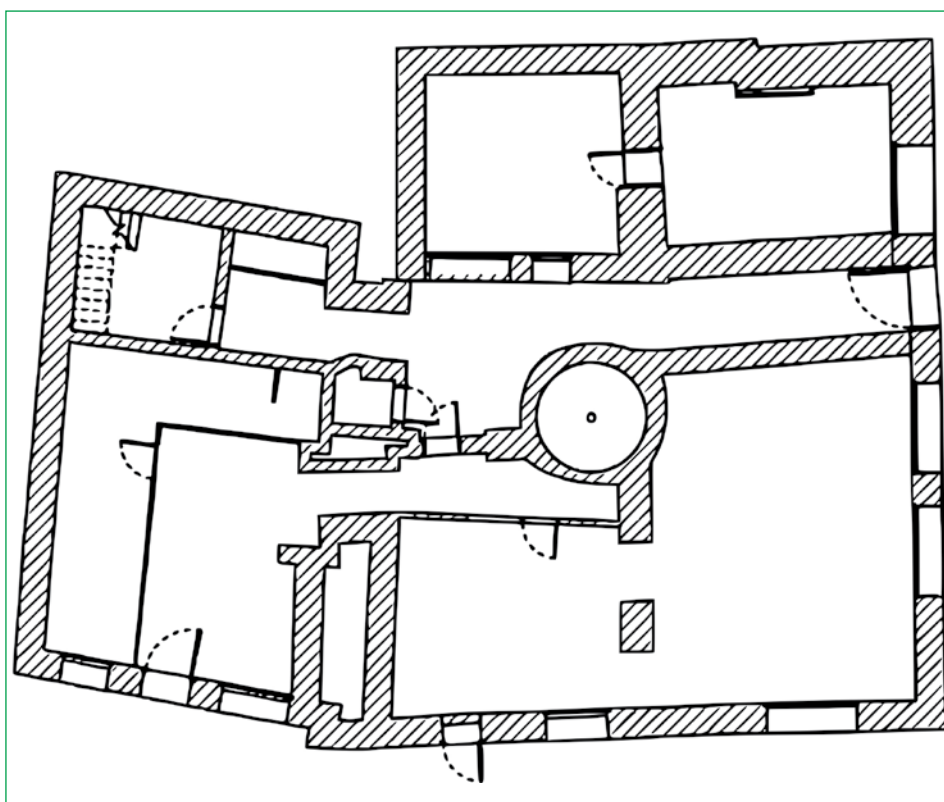


Figure 11 : DWG obtenu une fois le paramétrage finalisé.

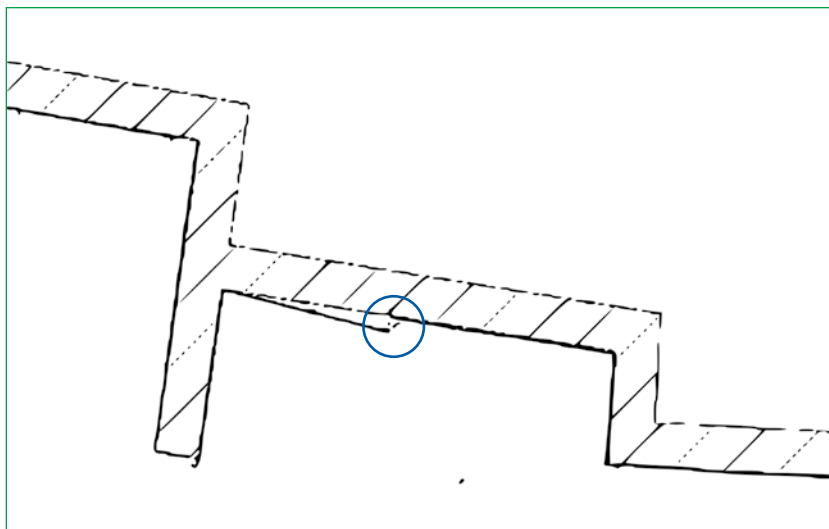


Figure 12 : Mise en évidence d'un décalage inexplicable lors de la modélisation d'un ensemble de murs sous Revit.

pour arriver au résultat correct (figure 14).

La modélisation de la zone du nuage figure 16a ne pose pas de problèmes à première vue. Néanmoins, un décroché visible sur la tranche de nuage de points nous amène à consulter le *Scan Explorer*. Il s'avère que l'alignement de points visible sur la coupe du nuage ne correspond pas à du gros œuvre mais à un panneau de bois posé contre le

mur (figure 15). Ici encore le *Scan Explorer* évite une grossière erreur de modélisation sans retourner sur le terrain.

Les professionnels rencontrés, et notamment les architectes, ont montré un réel intérêt pour cet outil de rendu photo-réaliste 3D pour monter leur projet. Il serait donc intéressant de l'intégrer à notre rendu en accompagnement de la maquette en elle-même.

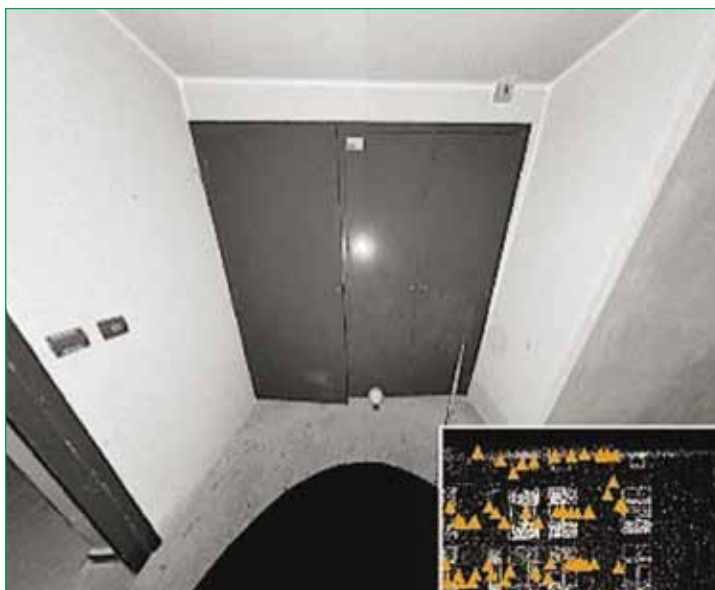


Figure 13 : Image Scan Explorer de la zone.

La modélisation 3D demande-t-elle réellement plus de temps que la 2D ?

Parmi la liste des freins du passage au BIM, revient souvent l'idée que la modélisation en 3D prendrait plus de temps que la réalisation de simples plans 2D. Notre expérimentation de la modélisation sur un projet ayant déjà fait l'objet d'une représentation en 2D prouve le contraire.

Tout d'abord, si le montage global de la maquette peut, en effet, être légèrement plus long, il apparaît que la différence de temps passé n'est pas significative. En effet, un point intéressant de la maquette tient à l'utilisation d'objets paramétriques. Prenons l'exemple d'un mur composé de deux couches (une de gros œuvre et une de doublage). La représentation de cet élément demanderait de tracer trois traits (correspondant aux limites des couches) dans un logiciel de DAO classique type *AutoCAD*. Dans *Revit*, il suffit de paramétrer la structure de l'objet avec ses deux couches et les trois traits sont dessinés en même temps ainsi que les hachures associées.

Le réel gain de temps concerne les demandes complémentaires en rétroconception par le client. En effet, si l'architecte demande une coupe supplémentaire après modélisation, un travail en DAO classique demande de redessiner manuellement ladite coupe.

Sous *Revit*, il suffit de créer une nouvelle vue de coupe pour que cette dernière se dessine automatiquement.

Globalement, la modélisation en 3D n'est donc pas plus longue. Ce serait même le contraire. Les seules pénalités apparaîtront au début de la transition vers le BIM et seront dues au temps nécessaire à la prise en main des logiciels de modélisation 3D (formation et premiers projets). Mais elles seront, semble-t-il très rapidement amorties par les gains de temps postérieurs comme l'indique Jean-Philippe Charon.

Des problématiques de stockage informatique

Les archives informatiques correspondant aux dossiers traités par le siège du cabinet représentent un volume de 250 Go sur les vingt dernières années. Depuis cinq ans, une moyenne de 30 Go sont ajoutés chaque année.

La maquette en elle-même, au regard de la somme d'informations qu'elle contient, ne constitue pas un fichier lourd à proprement parler. Pour donner un ordre d'idée, la maquette du bâtiment test que nous avons modélisé à un niveau de détail compris entre un LOD 200 et un LOD 300 ne fait que 30 Mo pour environ 1 000 m² sur quatre niveaux. À titre de comparaison, l'ensemble des plans DWG réalisés antérieurement pour ce même bâtiment (intérieur et façades) ne représentent que 3 Mo, soit dix fois moins (une fois les tranches de nuage de points utilisés pour la modélisation supprimées).

Le nuage de points assemblé de notre bâtiment test fait 5 Go. Le problème n'est donc pas lié au stockage des maquettes mais des nuages de points servant de base à la modélisation. On

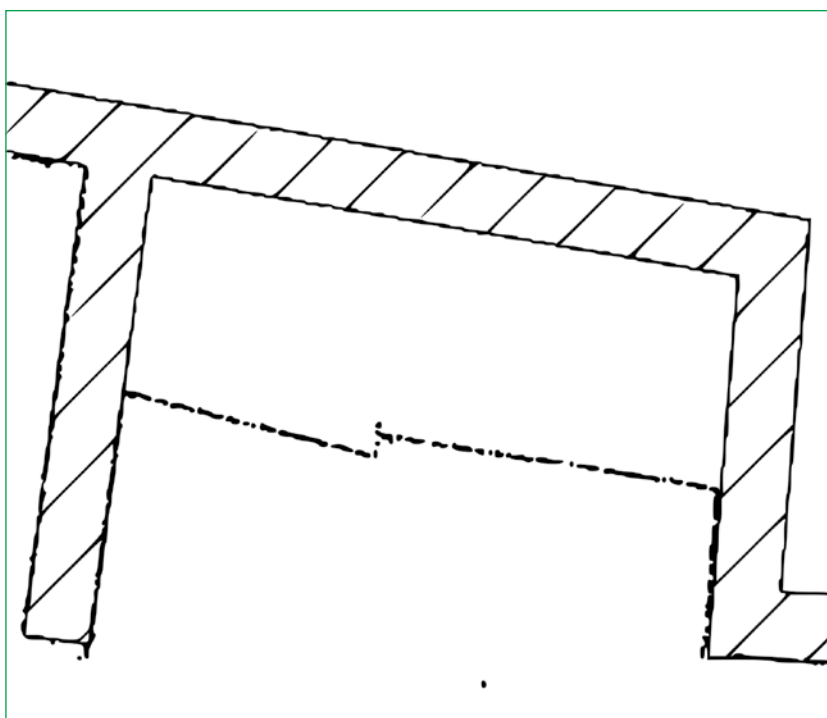


Figure 14 : Rendu corrigé.

pourrait penser qu'une fois la modélisation effectuée, le nuage de points pourrait être supprimé. Néanmoins, si un besoin ultérieur d'augmentation du niveau de détail de la maquette

apparaissait, un nouveau levé global serait nécessaire. L'une des idées fondamentales du BIM étant d'éviter les réacquisitions de données, la suppression des nuages des points après



Figure 15 : État des lieux reconstitué sous Scan Explorer.

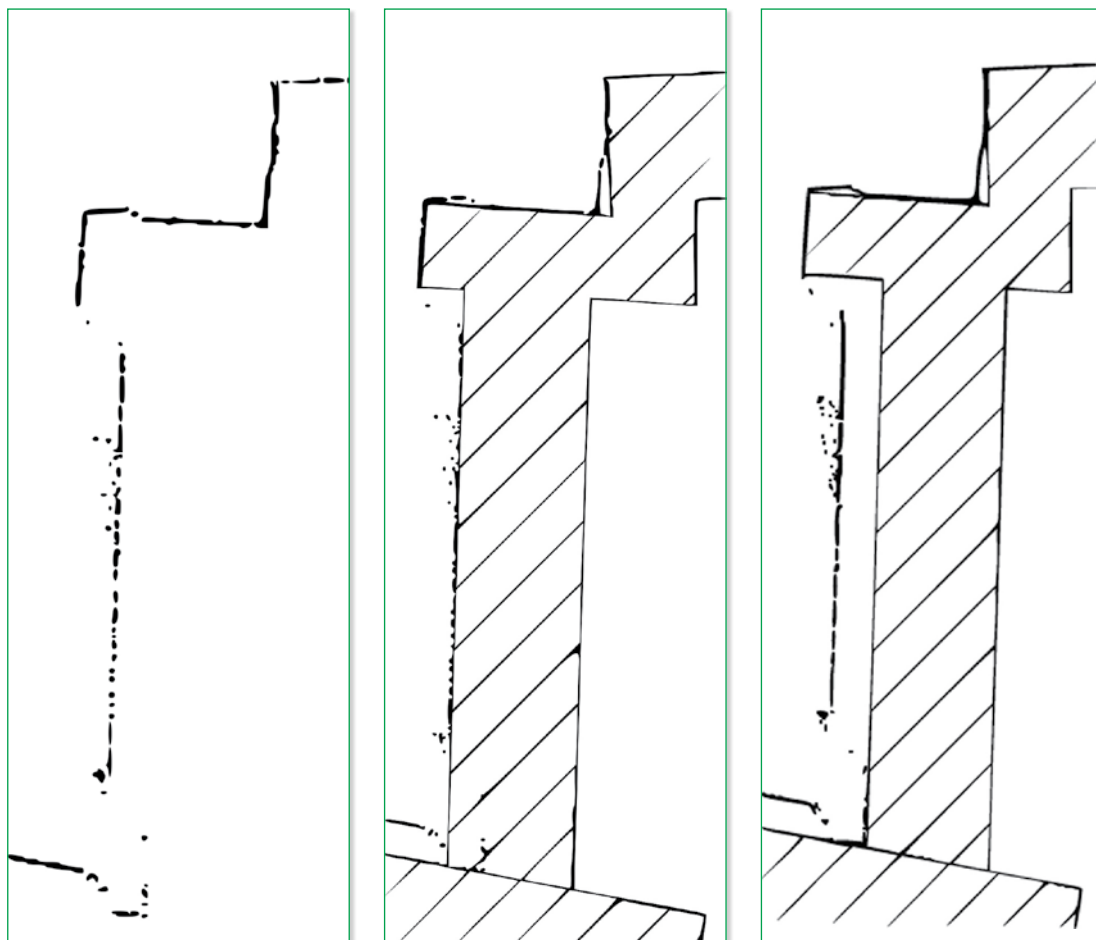


Figure 16 a/b/c : Mise en évidence et correction d'une erreur de modélisation sous Revit.

modélisation n'est donc pas envisageable. La solution pour les conserver sans encombrer inutilement le serveur est donc de les compresser avant stockage.

Le problème de la majorité des solutions de compression de nuages de points est qu'elles entraînent une perte de données. En effet, le principe est de décimer le nuage selon un pas défini dans les trois dimensions de l'espace, par exemple en ne gardant qu'un point tous les cinquante centimètres. Sur les éléments présentant une surface importante comme des murs, cette méthode n'est pas problématique puisque la surface est couverte par une multitude de points. La perte d'informations

engendrée n'entrave donc pas la modélisation. En revanche, les éléments de détail sont potentiellement affectés.

Pour répondre à ce problème, des solutions de compression intelligentes du nuage de points existent. L'idée est de détecter dans le nuage les éléments présentant une surface importante comme les murs, dalles, plafonds... et de ne supprimer des points que dans ces zones du nuage. Cela permet d'arriver à un niveau de compression équivalent sans perte de précision.

En conclusion, bien qu'un seul dossier ne permette pas d'avoir un recul suffisant pour estimer

le ratio d'espace de stockage nécessaire entre un dossier de levé d'intérieur 2D et un dossier de production de maquette 3D, il semble que ce dernier soit d'environ un pour dix.

En estimant que les dossiers de levé d'intérieur représentent 15 % de l'activité du cabinet, le stockage correspondant serait donc d'environ 5 Go annuels. Le recours à la 3D ferait donc passer le stockage à 50 Go annuels. Un serveur relativement classique pouvant contenir jusqu'à 8 To de données, il semble que le passage au BIM n'entraînerait donc pas de problème de stockage important. La compression du nuage de points avant stockage reste néanmoins indispensable. ■