

# L'utilisation du Scanning Laser 3D pour la documentation as-built des projets BIM

Ing. G. LAMAILLE  
Ing. J. LAHAYE  
Dr ir T. VANDENBERGH  
ECAM Bruxelles

*Cet article passe brièvement en revue l'état actuel de la technologie du scanning laser 3D topographique. Il s'intéresse plus particulièrement à son utilité en tant qu'outil de récolte d'informations as-built pour le BIM (Building Information Modeling) dans les secteurs de l'architecture, ingénierie, la construction et la gestion de bâtiments. Les nuages de points obtenus par scanning peuvent servir à créer le modèle BIM ("Scan-to-BIM"), mais aussi à l'améliorer et le contrôler dans le cas où il est préexistant ("Scan-vs-BIM"). L'efficacité et le rendement économique de ces processus ont été étudiés dans le travail de fin d'étude. Les conclusions de cette étude sont présentées dans l'article.*

*Mots-clefs : BIM, Scanning Laser 3D, as-built, Scan-to-BIM, Scan-vs-BIM.*

*This article will briefly review the state-of-the-art 3D laser scanning technology for topographical use. It particularly focusses on its use for collecting as-built information for BIM (Building Information Modeling) in the Architecture, Engineering, Construction and Facility Management industries. The point clouds obtained through scanning may help to create the BIM models ("Scan-to-BIM") and can also be used to control and adapt preexisting models ("Scan-vs-BIM"). Effectiveness and economic efficiency of these processes were studied in the master's thesis on this subject. The conclusions of this study are exposed in this article.*

*Keywords : BIM, 3D Laser Scanning, as-built, Scan-to-BIM, Scan-vs-BIM.*

## **1. Introduction**

Le scanning laser 3D a rencontré un développement technologique impressionnant au cours de la dernière décennie, ainsi qu'un intérêt croissant dans plusieurs secteurs d'activité. C'est devenu une solution innovante pour des relevés as-built. Il offre des avantages considérables en termes de précision, niveau de détail, vitesse de relevé, confort et sécurité du géomètre. L'opérateur du scanner peut en un rien de temps capturer l'environnement complet en 3 dimensions, y compris le moindre détail. Le scanning se veut être une alternative innovante pour les instruments et méthodes de relevés topographiques classiques. Néanmoins, pour plusieurs raisons, son utilisation est loin d'être répandue chez les entrepreneurs et bureaux d'études.

Dans de nombreux projets de construction et à différents stades de ceux-ci (avant-projet, conception, dimensionnement, exécution, ... ) l'approche BIM (Building Information Modeling) est choisie et requiert de l'information as-built. De l'information fiable et complète ne peut pas toujours être récoltée dans des plans as-built, lorsque ceux-ci existent. Par ailleurs, mener des relevés topographiques classiques avec un haut niveau de détail pour mettre en plan des structures est souvent une action coûteuse, laborieuse et longue.

Une application spécifique du scanning laser 3D est l'utilisation des nuages de points pour construire un modèle BIM. A ce jour, il n'y a encore que très peu d'informations et d'expertise concernant ce processus de modélisation BIM. L'objectif principal du travail de fin d'études était d'identifier clairement les bénéfices et l'utilité du scanning pour le BIM dans des projets de construction afin de guider et de faciliter l'utilisation des scanners. La rentabilité économique de ces processus, ainsi que la plus value qu'apporte leur intégration dans des projets BIM ont également été analysés.

## **2. Le scanning laser 3D**

### **2.1. La technologie**

Le scanning laser 3D fait appel à la technologie de mesurage avec un laser, une technique de mesurage dite "active", utilisant de la lumière émise par l'instrument lui-même. La lumière émise, en l'occurrence un faisceau laser concentré, est réfléchi par le premier objet qu'elle rencontre et renvoyée (en partie) vers l'instrument où elle est captée par un détecteur. Le transmetteur-récepteur, également appelé télémètre laser, permet au scanner de calculer la distance. De ce fait, les scanners laser 3D font

partie des instruments LiDAR (Light Detection And Ranging) ou encore LADAR (LAsER Detection And Ranging).

Deux technologies de mesurage sont principalement à distinguer parmi les instruments LADAR : les instruments Time-of-Flight (temps de vol) et les instruments Phase-based (décalage de phase). La première technologie mesure le temps entre l'émission et la réception du signal laser et le convertit en distance, connaissant la vitesse de la lumière dans l'air. La technologie Phase-based quant à elle calcule la distance à partir du déphasage qu'il existe entre le signal sortant et entrant. Chacune des deux technologies présente des avantages et des inconvénients en termes de précision, rapidité de mesure, portée et sensibilité aux erreurs.

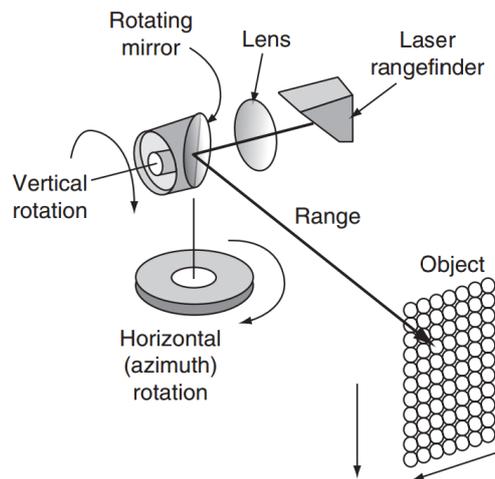
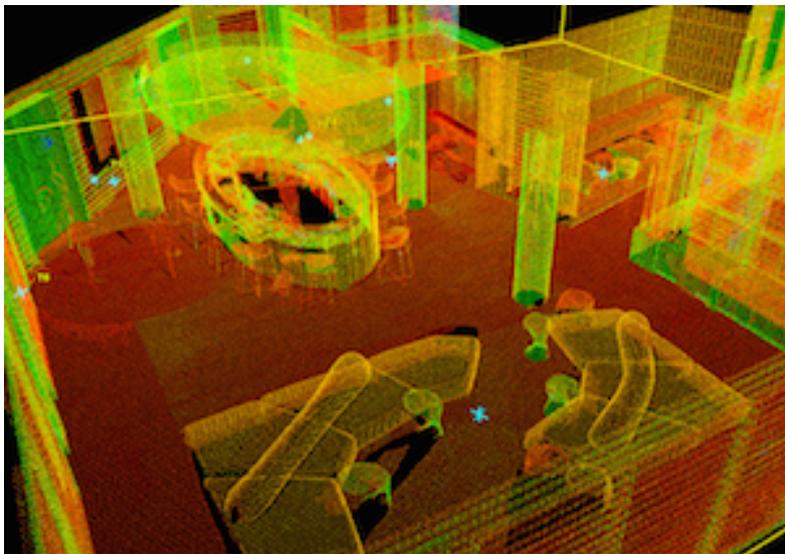


Figure 1 : Rotation angulaire verticale et horizontale (Source : [8])

Contrairement aux télémètres laser et aux stations totales par exemples qui ne mesurent qu'un seul point prédéfini, les scanners mesurent une énorme quantité de points tout autour de l'instrument afin de construire un "nuage de points". Pour ce faire, le faisceau laser est dévié dans toutes les directions voulues. Certains instruments sont équipés de miroirs ou de prismes pour assurer la rotation du faisceau laser. Dans le cas d'un scanner statique (voir plus loin) le principe de "balayage" de l'environnement à scanner peut être schématisé comme à la figure 1. Ces rotations verticales et horizontales simultanées permettent d'obtenir un nuage de points en 3D. Les angles du faisceau sont mesurés à chaque instant afin que l'instrument puisse transformer ces données et la distance mesurée en un point avec des coordonnées XYZ, représenté dans un système d'axes avec la position de l'appareil comme origine.

Le résultat final sortant d'un scan est alors un nuage de points tel qu'illustré à la figure 2. Ce nuage de points a été obtenu après le scanning du Business Center au siège de l'entreprise BESIX (Bruxelles), dans le cadre du travail de fin d'études. Les différences de couleur correspondent aux différences d'intensité du signal retour capté par le récepteur pour chaque point mesuré. Cette intensité varie en fonction de la distance, de l'inclinaison de la surface, de sa réflectivité (matériau, couleur, etc.) et de certaines conditions environnementales.



*Figure 2 : Nuage de points du BESIX Business Center*

## **2.2. Les instruments**

Il existe plusieurs types d'instruments de scanning 3D capables de livrer des nuages de points. Seuls ceux susceptibles d'être utiles pour des applications avec le BIM seront évoqués ici. Ces instruments diffèrent principalement dans leur polyvalence, vitesse d'acquisition de données, précision et mobilité.

Les scanners laser terrestres statiques (static TLS) sont les plus répandus. Ces instruments sont généralement montés sur un trépied et restent en place durant l'exécution du scan. Ils scannent à 360° grâce au principe de rotation illustré à la figure 1. Ils conviennent à de nombreuses applications et plusieurs fabricants proposent différents modèles. Les instruments les plus performants atteignent une précision en dessous du millimètre pour des points se situant à moins de 10m de l'appareil et une précision en dessous du centimètre pour des points à 100m. Certains ont une vitesse d'acquisition

de données supérieure à 1 millions de points par seconde ce qui résulte en des nuages de points extrêmement denses et détaillés. De plus en plus de TLS sont équipés d'une caméra, ce qui permet de donner à chaque point sa couleur réelle, le résultat est un nuage de points très photo-réaliste qui facilite la visualisation et la compréhension des données. Quelques exemples de static TLS sont illustrés à la figure 3.



Figure 3 : Scanners laser terrestres statiques (static TLS) <sup>1</sup>

Certaines stations totales dernier cri sont également pourvues d'une option scanning. Cependant ce n'est pas la fonction principale de ces instruments mais plutôt une option complémentaire à la station totale permettant d'effectuer des tâches de scanning "sélectives" lorsque certaines zones de l'environnement doivent être relevées en haute définition et d'autres zones avec seulement quelques points singuliers.

Dans le cas particulier de grands bâtiments avec des sols réguliers, et lorsqu'une précision de 1-2 cm s'avère suffisante, les scanners mobiles de type IMMS (Indoor Mobile Mapping Systems) sont une solution qui offre un gain de temps considérable. Ces appareils permettent de scanner jusqu'à 10000 m<sup>2</sup> de bâtiment par jour. Ces instruments (exemples à la figure 4) sont poussés par l'opérateur et scannent en continu. De cette manière toute la surface de bâtiment est relevée en une seule opération, contrairement au relevé par TLS statique. L'appareil est équipé d'une centrale à inertie ou IMU (Inertial Measurement Unit) qui permet au système de connaître sa position en temps réel afin de placer chaque point scanné au bon endroit dans le nuage.

Des scanners portatifs ont récemment été développés (figure 5). Malgré une précision qui doit encore être prouvée et améliorée, ces instruments rencontreront sans aucun

1. Sources : <http://www.faro.com/>, <http://www.leica-geosystems.com/> et <http://www.riegl.com/>

2. Sources : <http://www.viametris.com/fr/> et <http://www.applanix.com/solutions/land/timms.html>

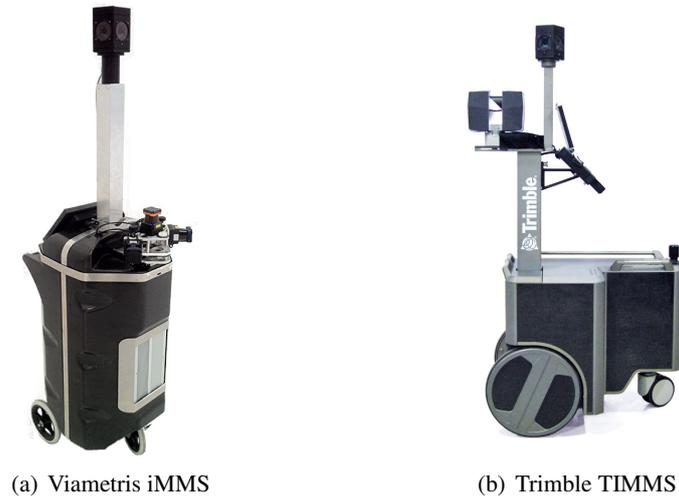


Figure 4 : Indoor Mobile Mapping Systems (IMMS)<sup>2</sup>

doute prochainement un intérêt grandissant. Leurs plus grands avantages, en plus de ceux que présentent déjà les IMMS, sont leur utilisation facile et ergonomique, ainsi que leur grande mobilité. Ces scanners portatifs sont nettement moins influencés que les IMMS par les contraintes du terrain (sols irréguliers, zones peu accessibles, escaliers, etc.).

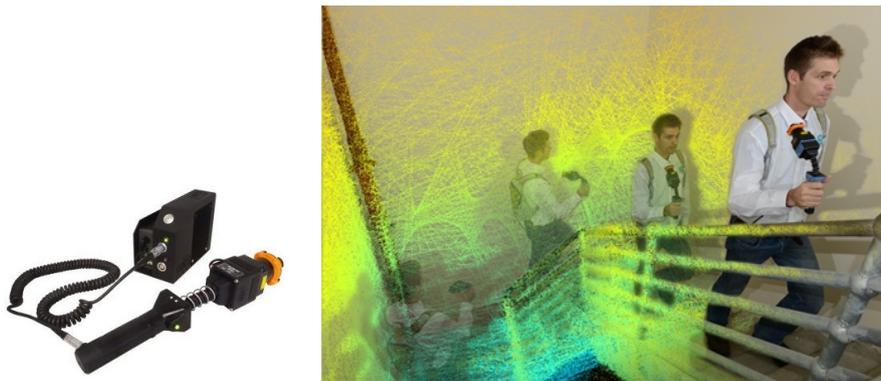


Figure 5 : Le scanner 3D portatif "ZEB1"<sup>3</sup>

3. Source : <http://www.3dlasermapping.com/products/handheld-mapping>

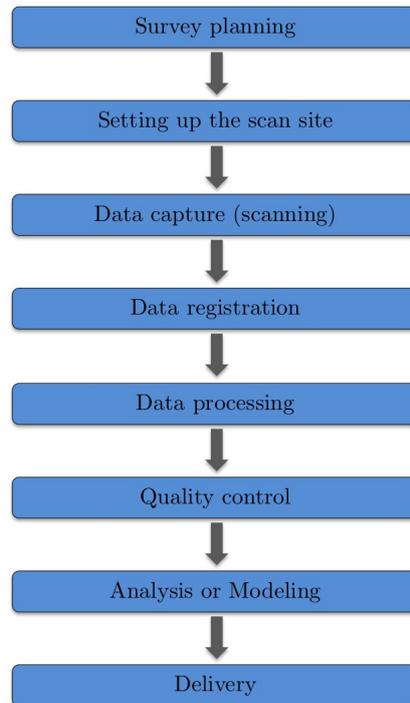


Figure 6 : Etapes chronologiques du scanning 3D

### 2.3. Le méthodologie de travail

Malgré le fait que les scanners sont devenus un outil polyvalent et convivial, exécuter un relevé 3D qualitatif impose un travail et une préparation conséquente en amont et en aval de l'opération de scanning afin d'obtenir des produits répondant aux exigences. L'utilisation adéquate de la technologie complexe nécessite une bonne connaissance des instruments et de leurs limitations (sources d'erreurs). Un travail méticuleux et une bonne vue générale du processus complet est indispensable. La méthodologie de travail présentée ci-après a été élaborée dans le cadre du travail de fin d'études et s'applique à la base pour l'utilisation de scanners terrestres statiques dans le domaine de la construction. Néanmoins, la majorité des étapes et des points d'attention restent applicables lors d'une utilisation d'un autre type de scanner.

La figure 6 montre la chronologie des actions à effectuer lors des processus de scanning. Il est important de noter que chaque prise de décision dans une des étapes aura une influence sur les autres étapes du processus.

Deux étapes sont cruciales dans ce processus. La première est la phase de préparation et de planification du scanning (survey planning). Durant cette première étape il faut définir clairement les objectifs et exigences du projet de scanning (précision, niveau de détail, tolérances dimensionnelles, utilité du produit à livrer, etc.), définir les produits finaux (nuages de points, modèles, plans, coupes, etc.), avoir une bonne connaissance du terrain, choisir le matériel et la méthode de scanning adéquats et élaborer un plan de scanning avec les différents emplacements du scanner.

La deuxième étape qui nécessite une attention particulière est la gestion des données et en particulier le regroupement des différents nuages de point en un seul nuage (data registration). C'est sur cette manipulation que les erreurs peuvent vite s'accumuler et engendrer des écarts de mesures hors des tolérances initialement imposées. Plusieurs techniques de regroupement existent, avec chacune leurs spécificités et précision. La méthode de regroupement déterminera en partie la méthode de scanning sur le terrain. Dans la plupart des cas un regroupement de haute précision nécessitera une méthode de scanning plus laborieuse et lente (un nombre accru de scans, utilisation de cibles, résolution plus élevée, etc.).

### 3. Le BIM

#### 3.1. Qu'est-ce que le BIM ?

Le premier aspect à souligner lorsqu'on parle du BIM, est qu'il ne s'agit pas simplement d'une technologie ou d'un logiciel CAD 3D. Le BIM est un *processus* basé sur un modèle intelligent. Le principal objectif du BIM est de favoriser la collaboration de toutes les parties prenantes d'un projet de construction afin de stimuler la productivité générale. Idéalement le BIM s'applique au cycle de vie complet du projet : il s'installe dans les premières phases d'avant-projet, il réduit les coûts d'erreurs (qui peuvent représenter de 5 à 15% des coûts de l'entrepreneur), il aide à estimer rapidement et précisément les quantités, c'est un support puissant pour gérer les phases de construction et le planning de chantier, il intervient dans la gestion des ressources et il aide à atteindre les objectifs en termes de productivité et de qualité. Une fois le projet achevé, le modèle BIM sera utilisé pour la gestion du bâtiment.

Un modèle BIM est basé sur une connexion de différents objets qui, outre leur forme géométrique, contiennent également des informations et des paramètres concernant leur structure, les matériaux, leur position, leurs relations avec d'autres objets, la

---

4. Source : <http://www.tekla.com/>

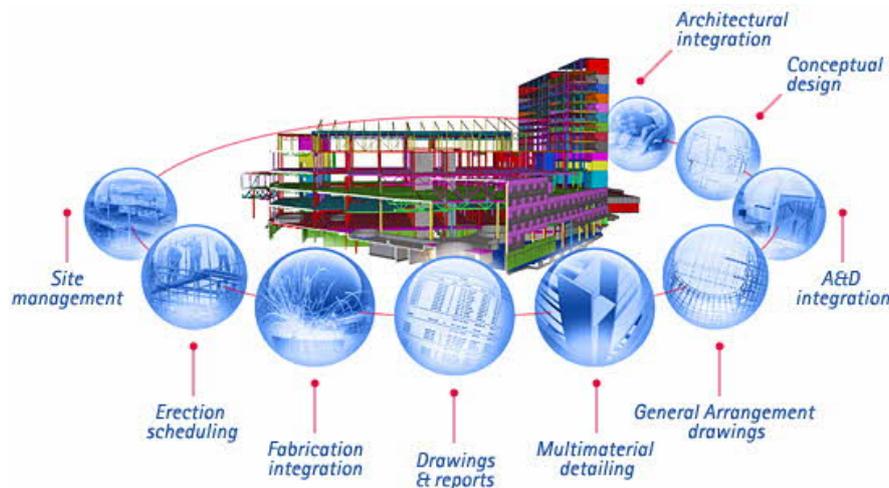


Figure 7 : Aspects et possibilités du BIM<sup>4</sup>

phase de construction, le coût, le fournisseur, etc. Ce sont les informations sémantiques ou les méta-données. Le modèle "intelligent" est intégré avec un tas d'informations liées au bâtiment, au projet et aux composants, qui peuvent être partagées facilement avec tous les acteurs du projet.

### 3.2. Qu'apporte le BIM?

De nombreux projets de construction ont à ce jour été menés à bien avec et grâce à l'approche BIM. Le processus apporte de nombreux avantages pour toutes les parties prenantes, parmi lesquels :

- La compréhension correcte du projet est favorisée grâce à l'accès dès l'avant-projet à un modèle ergonomique et riche en informations, ce qui permet à l'équipe du projet de prendre des décisions fondées au plus tôt. Ces décisions auront un impact positif sur les coûts et le planning. Pour ce faire, le processus BIM nécessite un plus grand effort durant la phase de conception que pour un processus classique (drafting-centric), tel qu'illustré sur le graphe à la figure 8.
- La coordination entre les différents corps de métier, entrepreneurs, sous-traitants, architectes, bureaux d'études, fournisseurs et le maître d'oeuvre est sensiblement améliorée.

5. Source : <http://cenews.com/>, la courbe BIM de Patrick MacLeamy

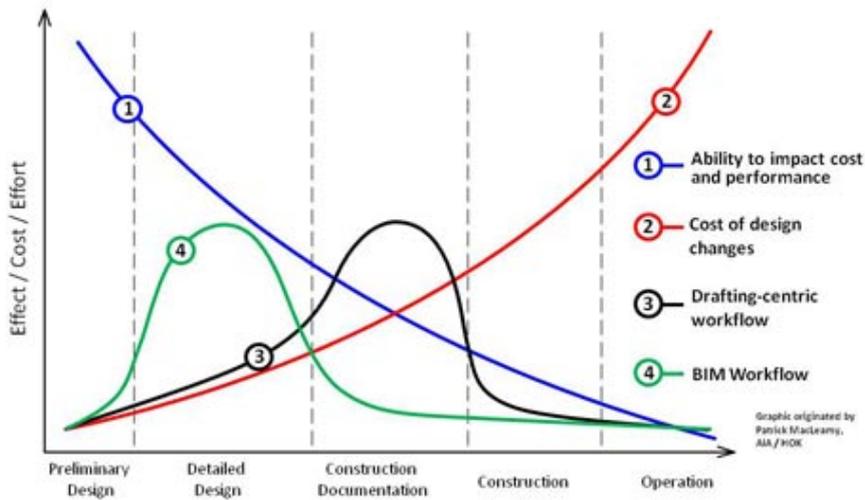
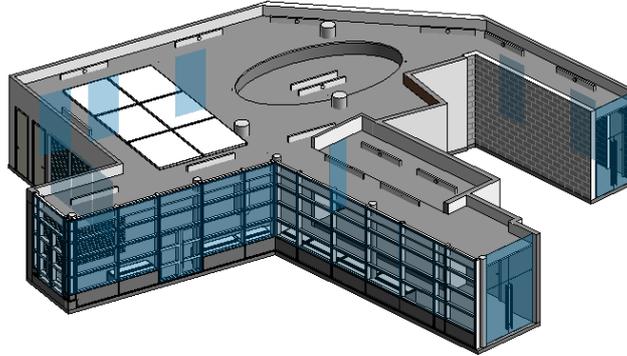


Figure 8 : Le méthodologie classique par rapport à la méthodologie BIM<sup>5</sup>

- L'intégration et la superposition de différents modèles (p.ex. structure, façade et techniques spéciales) dans un seul modèle BIM partagé permet une détection et résolution précoce de conflits ou "clashes" (p.ex. un conduit de ventilation qui passe dans une colonne). Cela diminue le travail à refaire, ainsi que les erreurs de conception et de construction.
- Les modifications sont faciles à implémenter dans le modèle et tous les autres impacts de ces modifications seront pris en compte directement. Le projet est ainsi plus flexible, le modèle constitue la source d'informations la plus à jour et accessible par tout le monde.

#### 4. Le Scan-to-BIM

Le scan-to-BIM est, comme le terme l'indique, la transformation d'un nuage de points en un modèle BIM. Ce modèle est donc as-built étant donné que la structure scannée est déjà existante. L'opération scan-to-BIM a été testée en pratique dans le cadre du travail de fin d'études. Un modèle BIM du Business Center de BESIX a été réalisé à partir du scan préalablement exécuté. Le résultat obtenu est illustré à la figure 9 et à la figure 10.



*Figure 9 : Modèle BIM du Business Center de BESIX*



*Figure 10 : Vue intérieure du modèle, superposé au nuage de points*

Plusieurs méthodes existent pour transformer un nuage de points en modèle BIM. La plupart des plate-formes informatiques BIM telles que Revit de Autodesk ou Tekla de Trimble sont capables d'importer des nuages de points. On peut ainsi créer les différents objets à partir du nuage de points sous différentes vues et sections. On se sert du nuage comme guide de modélisation. Les outils disponibles pour le scan-to-BIM dans le software sont cependant très limités.

D'autres logiciels tels que Cloudworx de Leica, Scan to BIM de Imaginit et Edge-Wise de ClearEdge 3D, spécialisés dans le processus scan-to-BIM, ont récemment été créés. Ces programmes offrent des solutions de modélisation avec un degré d'automatisation de plus en plus grand. Cependant, la marge d'erreur est encore importante et les champs d'application limités.

Les modèles BIM créés principalement à partir d'un nuage de points sont géométriquement très précis et détaillés mais ils manquent généralement d'informations sémantiques. Pour combler ce manque il est impératif que des sources d'informations autres que le scanning soient utilisées afin d'obtenir un modèle intelligent et non pas seulement géométrique. Le schéma à la figure 11 donne les principales ressources pour la création d'un modèle BIM as-built.

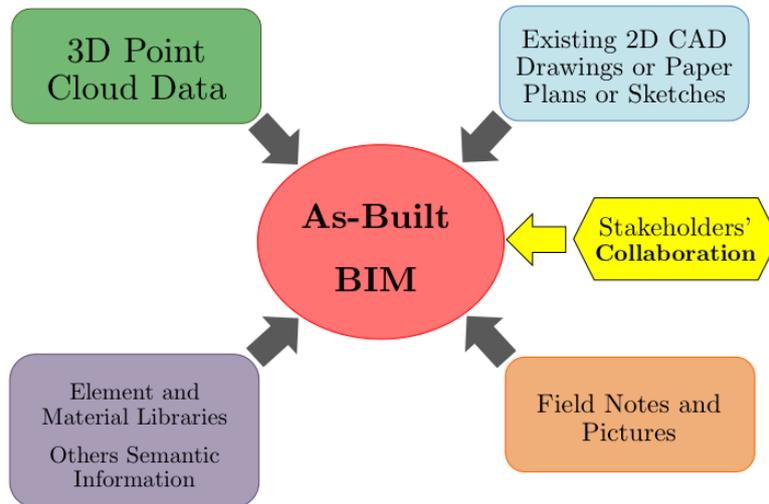


Figure 11 : Ressources pour la création d'un modèle BIM as-built

Concernant l'étude de cas de la modélisation du Business Center, un modèle BIM précis et fiable a pu être obtenu. Les différentes vérifications dimensionnelles et la comparaison avec les plans as-built existants ont montré que le BIM avait une précision de 9mm, pour une précision de 51mm des plans as-built. La précision dimensionnelle du BIM ne résulte pas d'une modélisation imprécise des objets, mais plutôt des déviations entre la réalité as-built et les objets BIM "parfaits".

## 5. Le Scan-vs-BIM

Le Scan-vs-BIM ("Scan versus BIM") est une autre application qui combine les atouts du scanning laser 3D et du BIM. Le modèle BIM de conception (préexistant) est superposé au nuage de points as-built afin de faire du suivi de l'état d'avancement de chantier ou d'assurer et de contrôler la compatibilité de la conception (modèle BIM) avec la réalité (scan). En pratique, l'état actuel du chantier est scanné par un opérateur : le logiciel informatique superpose par la suite les données du scanning et du modèle BIM. Il détecte dans le nuage de points la présence d'objets du BIM (p. ex. un voile en béton, une colonne, une poutre, une conduite d'eau). La détection des objets présents permet de calculer l'état d'avancement du chantier et de le comparer à ce qui est prévu au planning. Ensuite, le logiciel va contrôler la position et les di-

mensions de chaque objet afin de vérifier si les tolérances sont respectées. Le modèle BIM de conception évoluera au cours du chantier vers un modèle BIM as-built fidèle à la réalité.

Cette application du scanning laser 3D répond à plusieurs déficiences de la pratique actuelle de suivi de chantier en termes d'état d'avancement et de contrôle qualité : manque de données, manque de précision, travail intensif qui demande du temps, coûts élevés, pas en temps réel, etc. La qualité des données et le niveau d'automatisation de ce processus sont les deux principaux atouts des différents processus scan-vs-BIM proposés dans des études récentes et en cours [1, 2, 3, 4, 6, 9, 10].

L'identification précoce de déviations entre les conditions as-built et la conception permet de prendre des mesures correctives rapidement et d'éviter les coûts élevés d'adaptations dues à des erreurs de construction. Par ailleurs, un contrôle qualité et un état d'avancement plus fiable résulteront en une acceptation plus rapide de ceux-ci de la part du maître d'oeuvre et un paiement plus rapide.

## **6. Rendement et coûts**

Les coûts et durées de travail liés au scanning et à la modélisation sont influencés par un grand nombre de facteurs propres à chaque projet (objectifs, contraintes, matériel, précision, niveau de détail, taille du projet, méthode de travail, logiciels utilisés, etc.). Chacun de ces facteurs doit être analysé pour chaque projet. Il faut également se poser la question de savoir si la solution scan-to-BIM pour la création du modèle BIM as-built est plus rentable en termes de temps et de coûts en comparaison avec d'autres solutions plus conventionnelles (modélisation à partir de plans existants ou d'un relevé traditionnel).

Le graphe à la figure 12 donne une idée de la relation entre la taille du projet scan-to-BIM et le temps de travail du processus et ce pour chacune de ses étapes (scanning, post-processing des données et modélisation), toutes autres conditions restant égales. La modélisation et le scanning ont des évolutions plus ou moins linéaires. En général, pour une surface donnée, le scanning prend moins de temps que la modélisation. Pour des petits projets, le post-processing prend plus de temps que le scanning, mais au plus le projet devient grand, au plus petit sera la part du regroupement des nuages dans le processus (pour des projets de grande taille, des techniques de regroupement de nuages plus rapides et plus précises seront généralement mises en place).

Le même exercice peut être fait pour le coût total d'un projet scan-to-BIM en fonction

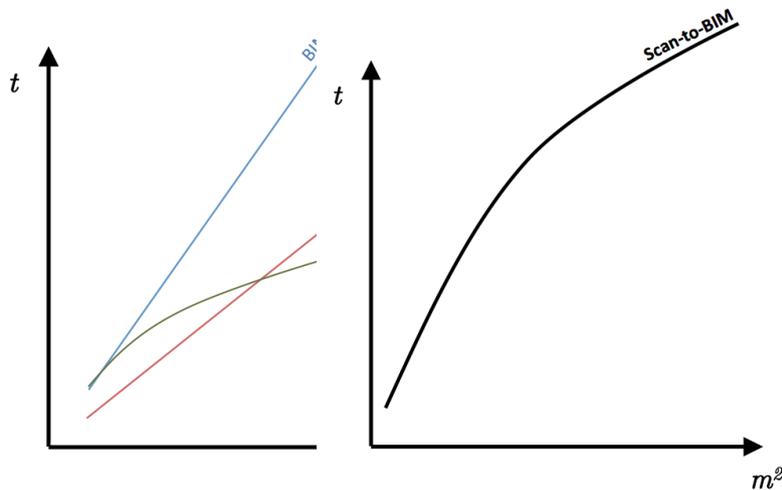


Figure 12 : Temps de travail en fonction de la taille du projet scan-to-BIM

de la taille du projet (figure 13). En ajoutant au graphe l'évolution des coûts pour une méthode conventionnelle de création de modèles BIM as-built à partir d'un relevé topographique ("survey-to-BIM"), on note un certain seuil de rentabilité. Ce seuil correspond à la taille minimale du projet à partir de laquelle le scan-to-BIM devient moins coûteux que la méthode conventionnelle. Il y a fort à penser que dans un futur proche les coûts liés à la méthode conventionnelle vont augmenter avec l'inflation et l'augmentation des charges salariales (ligne pointillée). D'autre part, le scan-to-BIM bénéficiera de réductions de coûts grâce à une démocratisation de la technologie et des appareils, ainsi qu'un marché plus concurrentiel. Par ailleurs, les développements futurs des logiciels d'automatisation de la modélisation vont permettre d'accélérer cette étape du processus scan-to-BIM et d'en baisser le coût. Par conséquent, le seuil de rentabilité du scan-to-BIM sera plus bas, ce qui fera du scan-to-BIM une solution rentable également pour les plus petits projets.

A titre d'exemple, pour le cas du Business Center de BESIX (220 m<sup>2</sup>), les différentes étapes du processus scan-to-BIM (scanning, post-processing des données et modélisation) ont respectivement pris 2 heures, 4 heures et 2 jours. Pour le cas fictif d'un projet scan-to-BIM du bâtiment complet du siège de BESIX (10000 m<sup>2</sup>), le temps total estimé est de 3 mois. Cette durée comprend 3 semaines pour exécuter les 400 scans nécessaires, 2 semaines pour nettoyer, regrouper et contrôler les nuages de points et 6 semaines pour la modélisation en BIM. Cette opération nécessiterait un budget total d'environ 40000 €.

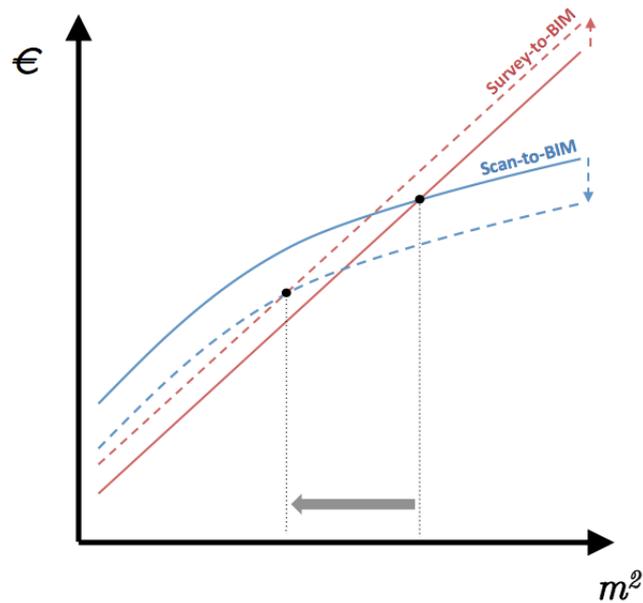


Figure 13 : Coût du Scan-to-BIM et Survey-to-BIM en fonction de la taille du projet

Suivant ces estimations, le coût d'un projet scan-to-BIM reviendrait à 4 €/m<sup>2</sup>. Ce coût est dérisoire en comparaison du coût d'une rénovation complète d'un bâtiment, qui est en moyenne de 1000 €/m<sup>2</sup> [7]. Un scan-to-BIM d'un bâtiment faisant l'objet d'un projet de rénovation ne peut donc qu'être fortement encouragé étant donné qu'il a été prouvé que le BIM permet de faire des économies considérables sur le projet de construction, jusqu'à 35 €/m<sup>2</sup> [5]. Par ailleurs, le BIM final améliorera sensiblement la gestion du bâtiment et réduira les coûts liés au fonctionnement et à la maintenance sur sa durée de vie. Ce coût est de l'ordre de 3300 €/m<sup>2</sup> pour une durée de vie de 30 ans [7].

## 7. Conclusions

Le scanning laser 3D a connu un développement impressionnant et est aujourd'hui une alternative performante pour effectuer des relevés topographiques détaillés. Il se profile comme une solution intéressante en termes de précision, fiabilité, polyvalence, rapidité et mobilité.

### **7.1. L'importance de la méthodologie**

Il est cependant important de prendre en compte les nombreuses sources d'erreurs telles que les conditions environnementales et les propriétés de surface qui influencent la précision. Une faible réflectivité ou un grand angle d'incidence vont augmenter les imprécisions de mesure et se traduire par un "bruit" important dans le nuage de points. Toutefois, la précision du scanning ne peut pas être évaluée sur base seulement de sa précision pour un point singulier. La force du scanning est que la précision et la fiabilité sont assurées par la grande densité de points. La forme géométrique d'un objet peut être déduite à partir d'un relevé en haute résolution et non pas à partir de quelques points singuliers pour lesquels une erreur de mesure se répercutera directement sur le résultat. La grande quantité de données fait aussi la faiblesse du scanning car le traitement de ces données nécessite des outils informatiques très performants et coûteux.

L'application d'une méthodologie de travail rigoureuse est donc primordiale, elle va de pair avec une bonne connaissance de la technologie, des instruments et des méthodes.

### **7.2. La récolte de meta-données**

Le scanning laser 3D est une technologie et un outil précieux pour la modélisation BIM as-built et principalement pour la récolte d'informations géométriques de grande précision et avec un haut niveau de détail. Le résultat obtenu par le scan-to-BIM se montre nettement plus fiable comme source d'information as-built que les plans as-built existants. Le manque de méta-données fournies par le scanning sur les objets de l'environnement as-built reste néanmoins un inconvénient du scanning pour ce type d'application. Il est donc primordial de récolter ces méta-données par d'autres moyens que le scanning afin de rendre le modèle BIM "intelligent".

Le niveau d'automatisation de la modélisation BIM est aujourd'hui encore très bas, ce qui fait du scan-to-BIM une opération très laborieuse et intuitive. De nombreuses études dans le domaine académique et professionnel sont en cours pour augmenter le degré d'automatisation en développant des algorithmes puissants pour la détection, la reconnaissance et la création d'objets BIM dans un nuage de points. Par ailleurs, la plupart des logiciels BIM sont avant tout des logiciels de conception et supposent des géométries d'objets idéalisées. Il est donc parfois difficile de représenter les conditions as-built réelles dans un modèle BIM.

Concernant le Scan-vs-BIM, il n'existe à ce jour pas encore de logiciels spécifiques pour ce type d'application. Cependant, même sans solution automatisée ou logiciel spécifique, il est tout à fait possible d'utiliser des nuages de points pour le suivi de chantier et le contrôle qualité. Le Scan-vs-BIM peut être très utile pour vérifier et certifier la conformité des structures avec le modèle de conception, et en particulier pour des éléments qui sont difficiles à contrôler (p.ex. planéité d'une dalle, tassement de fondations, mise en charge et épreuve d'un ouvrage d'art, etc.).

### 7.3. Le retour sur investissement

Suite aux estimations et analyses de coûts, il est clair qu'intégrer l'approche Scan-to-BIM à des projets de rénovation n'amène pas seulement une plus-value organisationnelle, mais également économique. Le retour sur investissement est considérable.

Enfin, il semble qu'aujourd'hui un nombre très limité de projets Scan-to-BIM aient été menés en Belgique. Cette observation va de pair avec l'implantation relativement faible du BIM en Belgique. L'implantation future de plus en plus importante du BIM dans les domaines de l'architecture, de la construction et de la gestion des bâtiments augmentera sans aucun doute la nécessité du Scan-to-BIM et du Scan-vs-BIM.

### Sources

- [1] BOSCHÉ, F., *Automated recognition of 3D CAD model objects in laser scans and calculation of as-built dimensions for dimensional compliance control in construction*  
Advanced Engineering Informatics, 2010, p. 107–118.
- [2] BOSCHÉ, F. & GUENET, E., *Automating surface flatness control using terrestrial laser scanning and building information models*  
Automation in Construction, 2014, p. 212–226.
- [3] BOSCHÉ, F. ET AL., *The value of integrating Scan-to-BIM and Scan-vs-BIM techniques for construction monitoring using laser scanning and BIM : The case of cylindrical MEP components*  
Automation in Construction, 2015, p. 201–213.
- [4] KIM, C., SON, H. & KIM, C., *Automated construction progress measurement using a 4D building information model and 3D data*  
Automation in Construction, 2013, p. 75–82.

- [5] MINISTÈRE FRANÇAIS DU LOGEMENT, DE L'ÉGALITÉ DES TERRITOIRES ET DE LA RURALITÉ, *Plan pour la Transition Numérique du Bâtiment*, [En ligne : [http://www.territoires.gouv.fr/IMG/pdf/250315\\_discours\\_bim\\_world.pdf](http://www.territoires.gouv.fr/IMG/pdf/250315_discours_bim_world.pdf)], 2015.
- [6] NAVON, R., *Research in automated measurement of project performance indicators*  
Automation in Construction, 2007, p. 176–188.
- [7] SCHIMSCHAR, S. ET AL., *Panorama of the European non-residential construction sector*, [En ligne : <http://www.leonardo-energy.org/white-paper/panorama-european-non-residential-construction-sector>], Ecofys Germany GmbH, 2011.
- [8] SHAN, J. & TOTH, C., *Topographic Laser Ranging and Scanning : Principles and Processing*, CRC Press, 2008.
- [9] SON, H., BOSCHÉ, F. & KIM, C., *As-built data acquisition and its use in production monitoring and automated layout of civil infrastructure : A survey*  
Advanced Engineering Informatics, 2015.
- [10] TURKAN, Y. ET AL., *Automated progress tracking using 4D schedule and 3D sensing technologies*  
Automation in Construction, 2012, p. 414–421.
- [11] U.S. GENERAL SERVICE ADMINISTRATION (GSA), *BIM Guide For 3D Imaging (GSA BIM Guide Series 03)*, [En ligne : [http://www.gsa.gov/graphics/pbs/GSA\\_BIM\\_Guide\\_Series\\_03.pdf](http://www.gsa.gov/graphics/pbs/GSA_BIM_Guide_Series_03.pdf)], 2009.
- [12] VAN GENECHTEN, B., SANTANA QUINTERO, M. ET AL., *Theory and practice on Terrestrial Laser Scanning : Training material based on practical applications*, 4<sup>e</sup> éd., Universidad Politecnica de Valencia Editorial (Valencia, Spain), 2008.