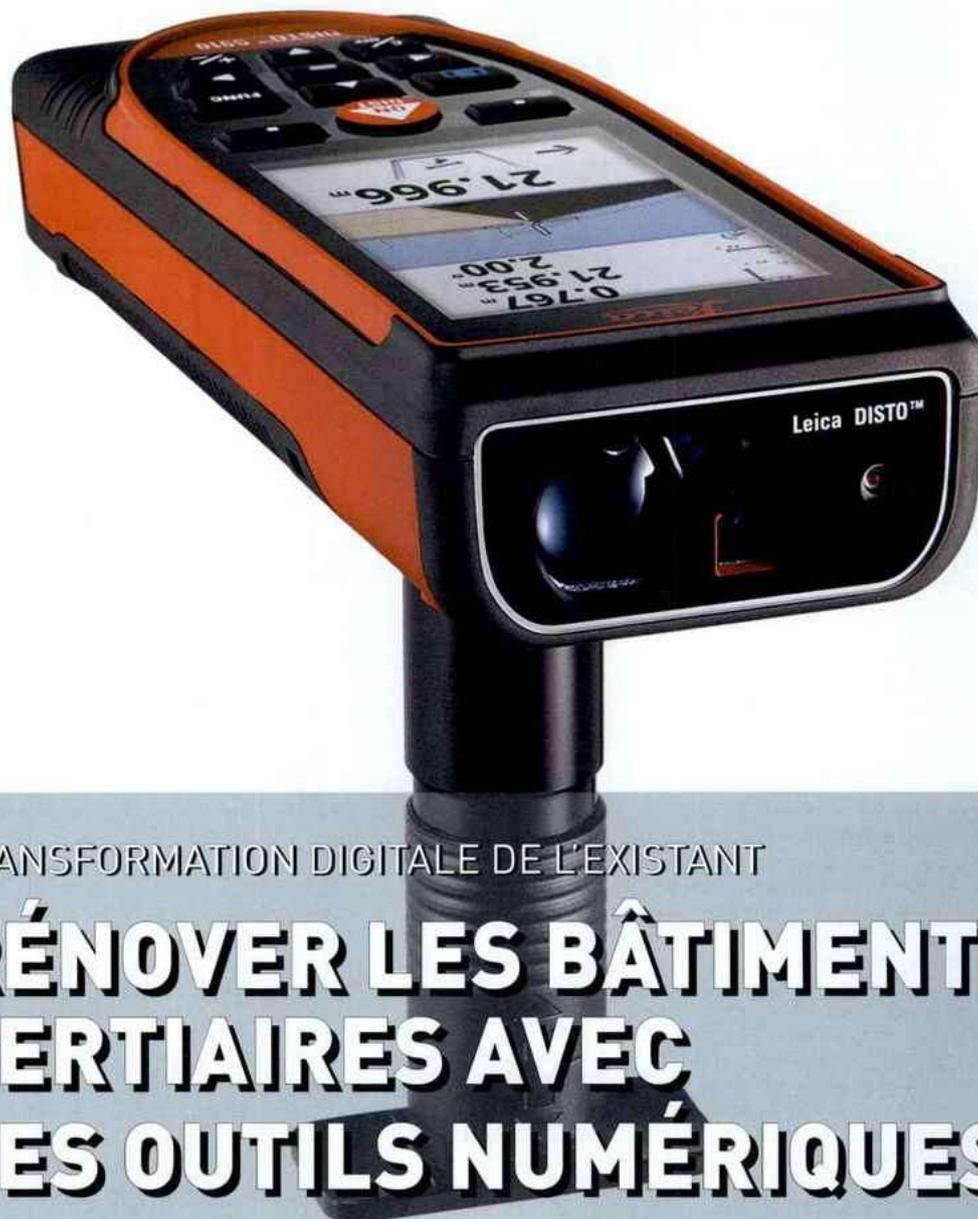




RÉNOVATION **TECHNIQUES**



TRANSFORMATION DIGITALE DE L'EXISTANT

RÉNOVER LES BÂTIMENTS TERTIAIRES AVEC LES OUTILS NUMÉRIQUES

TEXTE : PASCAL POGGI PHOTOS : AUTODESK, BATINOVTECH,
COMFY, DELTA DORE, DRONE VOLT, HEROAL, KINGSPAN,
LEICA, NAVVIS, SIEMENS, TRIMBLE

Quantité de nouveaux outils numériques facilitent et fiabilisent la rénovation des bâtiments tertiaires, jusqu'à aboutir à une maquette BIM. Leur richesse vient de la mutualisation et du partage des données. Pour autant, la structuration de ces données n'est pas encore disponible pour tous les composants et équipements du bâtiment.

Photo © Leica

Disto S910 (Leica) mesure toutes distances entre deux points, calcule les pentes entre deux points, rassemble plusieurs points et calcule les surfaces, même complexes, encadrées par ces points, calcule leur périmètre, mesure des angles même sur des surfaces inclinées... puis enregistre le tout pour l'export vers des logiciels CAD.



Face à la rénovation lourde d'un bâtiment tertiaire, diverses difficultés se posent, que des outils numériques adaptés contribuent à résoudre : absence de plans, structure du bâtiment non connue... Chacun de ces outils peut être utilisé seul, indépendamment des autres. Mais leur richesse est multipliée par le partage des données pour constituer, puis exploiter, une maquette numérique 3D du bâtiment, exhaustive et détaillée, depuis son état initial avant travaux, jusqu'à sa livraison, puis durant son exploitation après rénovation.

Reconstituer des plans

La plupart du temps, les plans initiaux d'un bâtiment à rénover sont perdus ou rendus obsolètes par des séries de modifications plus ou moins importantes. Avant toute rénovation, il faut donc reconstituer les plans, puis explorer la structure et les matériaux utilisés. La première étape consiste ainsi à relever l'existant pour établir les plans intérieurs et extérieurs. Les outils des géomètres ont profondément évolué. Depuis une dizaine d'années, deux technologies - les scanners laser et la photogrammétrie - se développent et remplacent les décimètres pliants. Ces deux technologies se traduisent par quatre types d'outils différents : des lasers fixes (mais pivotant à 360°), des lasers mobiles montés sur des véhicules ou des personnes, des appareils de photogrammétrie portatifs ou embarqués sur drone (un laser étant trop lourd pour être monté sur un drone). Les lasers fixes ou embarqués sur des véhicules ou des personnes sont proposés sur le marché français par une bonne dizaine de marques différentes, dont Faro, Riegl, DOT Product, Topcon, Leica, NavVis, Trimble ou Zoller & Frohlich.

Les lasers utilisent la technique Lidar (Light detection and ranging) : la distance est donnée par la mesure du délai entre l'émission d'un faisceau lumineux et la détection du faisceau réfléchi. Selon le type de laser fixe ou mobile, la précision obtenue va de quelques millimètres à 1 cm environ. La photogrammétrie détermine la dimension de bâtiments, terrains ou objets au moyen de mesures effectuées sur des photographies montrant les perspectives de ces objets. Elle offre une précision de 3 cm en planimétrie et 4 cm en altimétrie, qui descend à 1 cm si on incorpore un système RTK (Real time kinematic), qui consiste à transmettre à l'appareil de photogrammétrie des corrections en temps réel à partir d'une station GPS de référence dont on connaît la position exacte.

La plupart des matériels associent désormais relevés laser et prises de vues. Laser et photogrammétrie mesurent uniquement ce qu'ils voient, d'où la nécessité de déplacer les appareils pour obtenir des vues différentes qui seront ensuite assemblées en un plan 3D du bâtiment complet.

Créée en 2019 et spécialisée en numérisation de bâtiments, l'entreprise française MyDigitalBuilding utilise les deux technologies et les quatre types d'appareils. Benjamin Mehamedi, l'un des trois associés, explique : « Avec un scanner mobile NavVis M6 monté sur trépied à roues, équipé de 3 capteurs et de 6 appareils photos pour capturer des images à 360°, un opérateur de chez nous peut établir le »



1 Photo © Trimble

1 Les scanners fixes sur trépied ont une portée de 30 à 300 m et offrent une grande précision.

2 Ce scanner NavVis M6 monté sur trépied à roues, équipé de 3 capteurs et 6 appareils photos pour capturer des images à 360°, permet de numériser 3 000 à 15 000 m² par jour avec un seul opérateur.



2 Photo © NavVis

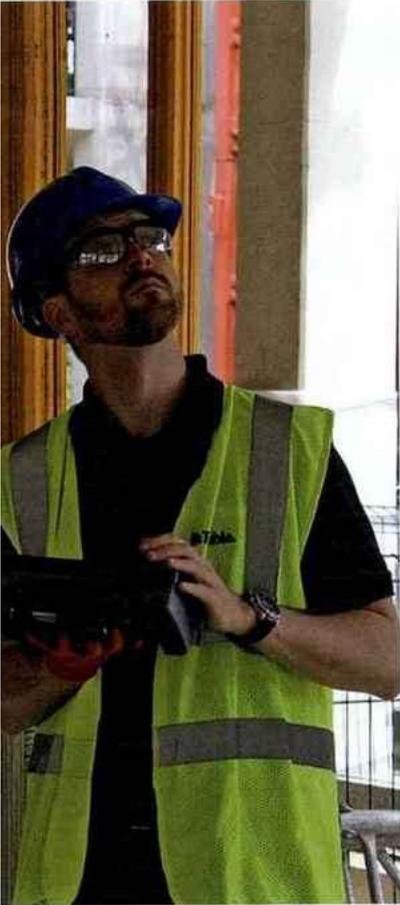


Photo © Drone Volt

3

3 Pour visualiser l'état des façades et de la toiture d'un bâtiment, suivre l'évolution d'un chantier, réaliser une cartographie 3D ou pour des bilans thermiques à l'aide de caméras infrarouges, Drone Volt a conçu *Hercules 2*, un mini drone professionnel réalisé en impression 3D. Cette conception facilite le remplacement des pièces si le drone est endommagé.



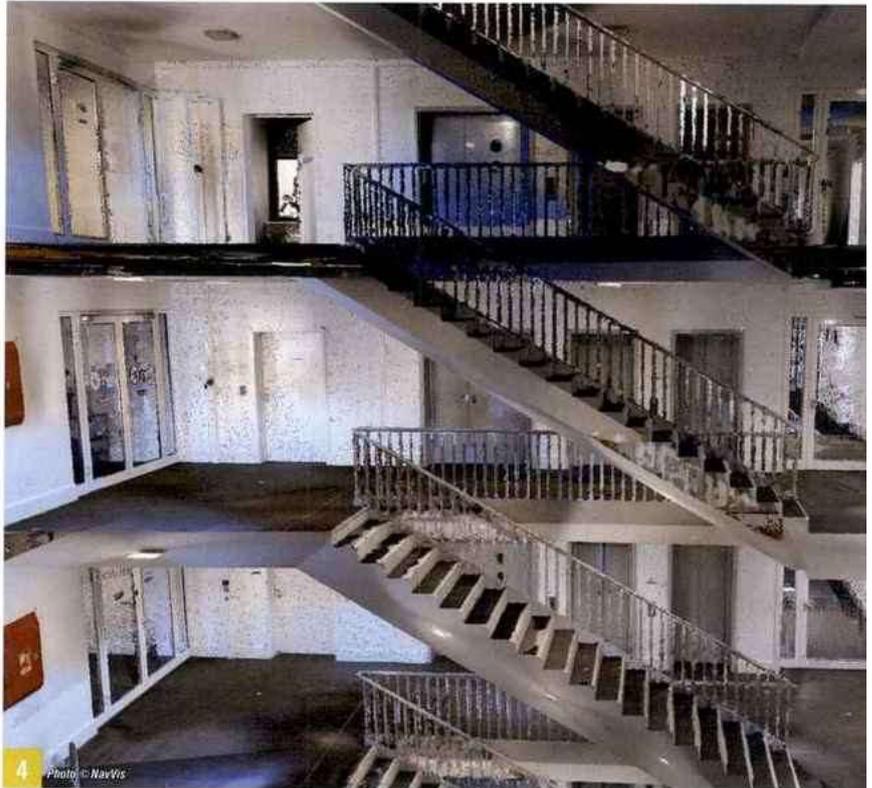
relevé de 3000 à 15000 m² par jour, selon la complexité du bâtiment. » MyDigitalBuilding utilise ses scanners statiques sur trépieds, pour les façades, les cages d'escalier ou les toitures accessibles. En toiture non accessible, l'entreprise fait appel à un drone équipé d'un appareil photogrammétrique.

Lasers et photogrammétrie génèrent un nuage de points ou une combinaison nuages de points et photographies, en différents formats informatiques qu'il faut épurer et transformer, à l'aide de logiciels spécifiques, en fichiers graphiques 3D interprétables par les logiciels de conception architecturale. En sortie des appareils lasers ou photogrammétriques, la plupart des marques proposent les données dans des formats informatiques propriétaires, plus 1 ou 2 formats plus courants. S'il n'existe pas de format d'échange standardisé commun à tous les appareils lasers ou de photogrammétrie, les trois formats les plus courants constituent des standards de fait. Le format E57 est le plus partagé. Il contient à la fois nuages de points et photographies, mais chaque logiciel de traitement est susceptible de l'interpréter un peu différemment. Plus simples, les formats PTS et PLY, de leur côté, ne contiennent que des nuages de points et sont interprétés de façon plus stable par les différents logiciels qui transforment les nuages de points en format de fichiers 3D pour les programmes de CAD. À propos de ces logiciels spécifiques, Benjamin Mehamedi précise : « Pour des opérateurs qui n'ont pas une grande habitude de l'exercice de transformation d'un nuage de points ou d'un fichier photogrammétrique en maquette 3D, il vaut mieux utiliser le logiciel fourni par le fabricant de l'appareil à l'aide duquel le nuage ou l'image a été capturé. » Son entreprise emploie notamment les logiciels Cyclone Model et HDS Cyclone avec les scanners Leica, Faro Scene pour les équipements Faro ou encore RealWorks avec les scanners Trimble. Mais elle a acquis suffisamment d'expérience pour pouvoir associer photogrammétrie et mesures laser issues de différents appareils dans le logiciel ReCap Pro d'Autodesk qui n'est pas lié à un fabricant d'appareils de mesure.

« Les cas d'usages des mesures 3D se multiplient, relève Benjamin Mehamedi. Tous les clients ne veulent pas nécessairement obtenir une maquette 3D par exemple. Nous proposons donc des viewers, soit en ligne soit sous forme d'exécutables sur un ordinateur, permettant de voir les captures effectuées pour promouvoir un site auprès d'acquéreurs éventuels, pour faciliter la prise de cotes par des opérateurs qui ne connaissent pas le site... Notre produit le plus achevé est une maquette 3D du bâtiment, directement exploitable pour les logiciels de conception des architectes et bureaux d'études et fournie soit en IFC4, soit directement dans le format d'Archicad ou de Revit. »

De la maquette 3D à la maquette BIM

Une fois réalisée, la maquette 3D du bâtiment existant permet d'en évaluer les caractéristiques, notamment ses structures, afin de déterminer les modifications possibles et les éventuels renforts nécessaires. Puis vient la conception proprement dite : démolition de certaines parties, conception de nouveaux ouvrages...



4 Scanner laser et photogrammétrie aboutissent à des nuages de points ou à des photographies. Il faut ensuite interpréter ces données dans des logiciels spécialisés pour en extraire une maquette 3D.

5 Le Pistolet 3P de BatinovTech est un traceur automatisé. Nourri par le fichier BIM du chantier, complété par une borne GPS pour la géolocalisation et un jeu de balises, le Pistolet 3P et sa cartouche de peinture assurent en quelques minutes le marquage des passages de gaines et de canalisation, au centimètre près.

avant d'obtenir la maquette 3D du bâtiment finalisé. Tous les détails techniques ne figurent cependant pas dans la maquette 3D à l'étape de la conception architecturale. Pour devenir une maquette BIM – la représentation graphique de la base de données exhaustive et détaillée des ouvrages et équipements qui composent le bâtiment –, la maquette 3D initiale sera peu à peu enrichie par les différents bureaux d'études lors de la conception détaillée et par les entreprises durant les travaux. Des entreprises comme MyDigitalBuilding interviennent d'ailleurs de plus en plus en phase travaux pour suivre la progression du chantier à l'aide de mesures sur site, puis vérifier que ce qui



6 Pour la numérisation des chantiers, BatinovTech propose **ARPETE**, une armoire multiservice capable de résister à toutes les contraintes (poussières, vibrations, humidité, chocs). **ARPETE** remplace la traditionnelle armoire à plans. Sa connexion Internet permet aux bureaux d'études de pousser les mises à jour des plans vers les entreprises sur site et aux entreprises d'en souligner les éventuelles incohérences, en temps réel.

7 Les scanners laser et les appareils photogrammétriques sont de plus en plus utilisés durant les travaux pour vérifier notamment que les ouvrages construits correspondent bien à l'étude d'exécution.

Photo © BatinovTech

6



est construit correspond bien à ce qui est demandé. Ces mesures sont effectuées à l'aide de scanners sur trépied ou d'appareils de photogrammétrie portatifs. Le degré de précision de la maquette BIM est obtenu de deux manières. Premièrement, à l'aide des LODs (Level of details ou niveau de détail) qui correspondent à la précision géométrique des objets contenus dans la maquette. Le développement des LODs est géré au niveau mondial par le BIM Forum (1), un organisme associé à BuildingSmart International. Les plus récentes spécifications LOD datent de décembre 2020 et portent sur les niveaux de détail 100 à 400, avec l'ajout du nouveau niveau 350. Un LOD 100 correspond à un volume géométrique sommaire des objets contenus dans la maquette numérique. LOD 200 ajoute les volumes externes à l'objet nécessaires à son exploitation (recul sur chaque face, volume au-dessus, etc.). LOD 300 ajoute les ancrages sismiques, les supports et ancrages de l'objet et sa localisation précise. LOD 350 ajoute les volumes nécessaires à l'installation de l'objet. LOD 400 contient en plus les composants de l'objet nécessaires à sa fabrication sur place et à son installation. Ce niveau de détail est suffisant pour être utilisé comme plan d'exécution des travaux. Le problème est que, si les objets BIM - tels qu'ils sont actuellement proposés - sont l'exacte représentation graphique d'un point de vue géométrique d'un appareil ou d'un composant et vont au-delà du niveau LOD 400 en termes de détail géométrique de l'objet lui-même, ils ne comportent pas >>>>

Photo © Lerica

7

(1) <https://bimforum.org>

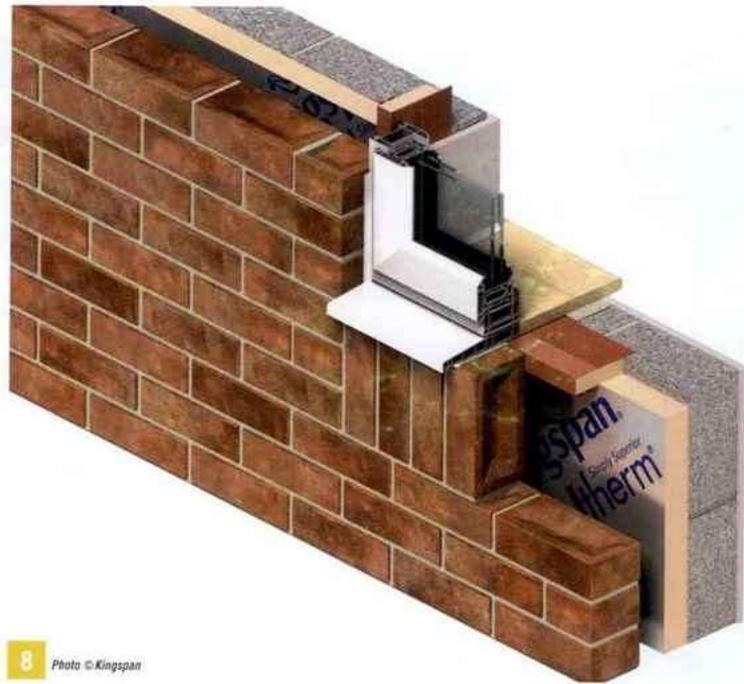


la plupart du temps les volumes externes à l'objet, nécessaires à sa manipulation, à son installation, puis à son exploitation. L'enrichissement d'un objet BIM avec son environnement LOD 300 et 400 s'effectue de fait objet par objet, à la main, dans le logiciel de CAD...

Nourrir la maquette BIM de données techniques

Le second vecteur d'enrichissement de la maquette BIM porte sur les caractéristiques des objets et ouvrages qu'elle contient. Le format IFC (Industry Foundation Classes) constitue le standard mondial en la matière, quoique partiel car ne portant pas sur tous les composants du bâtiment. C'est un format d'échange ouvert (non-propriétaire) de données liées à un projet BIM, quels que soient les outils informatiques des divers acteurs. Ce format structure, organise et hiérarchise les informations. Un objet IFC contient trois sortes de propriétés, différentes selon les objets : les attributs généraux normalisés (le nom, la description de l'objet...), des propriétés normalisées (pour un mur, ce seront notamment sa résistance mécanique, son classement au feu, ses propriétés acoustiques, sa résistance thermique...) et des jeux de propriétés personnalisés par le fabricant, l'installateur, l'entreprise de maintenance, etc. Un peu comme pour le LOD, il existe des Niveaux de développement (ND) pour les IFC. Les ND ont été développés afin de délimiter la qualité et la précision à intégrer dans une maquette numérique à chaque phase de projet. Ils sont développés par pays ou groupes de pays. En France, ND1 correspond à l'esquisse, ND2 à l'avant-projet sommaire utilisé pour le dépôt de demande de permis de construire, ND3 à l'avant-projet détaillé. ND4 correspond à l'étude d'exécution, à la synthèse et il est utilisé pour la construction. ND5 est le Dossier des ouvrages exécutés (DOE) et correspond au jumeau numérique du bâtiment, et enfin, ND6 est destiné à l'exploitation du bâtiment [2].

Il n'existe cependant pas de norme – ni internationale, ni française – quant à la liste et au contenu des propriétés détaillées qui doivent accompagner les objets et les ouvrages dans une maquette BIM. Certains syndicats professionnels, comme le Syndicat des installateurs de grandes cuisines professionnelles (Syneg), ont mis au point leur nomenclature de propriétés que les fabricants concernés s'engagent à respecter [3]. Le Syneg vérifie, pour chaque équipement, la conformité des informations fournies par chaque fabricant avec sa nomenclature et propose les données dans divers formats : Revit, XLS, text, etc. Le but est de rendre les données interopérables à travers les différents logiciels de CAD et de conception métier utilisés par les installateurs de grandes cuisines et de leur permettre de remettre des fichiers renseignés et détaillés aux concepteurs du bâtiment pour enrichir une maquette ND5 ou ND6. Tous les syndicats professionnels sont loin d'avoir accompli le même travail. Il n'existe rien de standardisé pour les groupes de production d'eau glacée, ni pour les systèmes de climatisation à détente directe très présents en tertiaire, par exemple. Sur le sujet des ND, le souci est que les éditeurs d'objets BIM proposent une liste souvent détaillée de



8 Photo © Kingspan

“Si le maître d'ouvrage veut utiliser une maquette BIM au niveau ND5 ou 6, il doit préciser le niveau de détail qu'il souhaite pour chaque ouvrage. Et la maîtrise d'œuvre doit imposer une structuration de données objet par objet pour le projet”

▲ **8 La plupart des ouvrages sont des assemblages de produits issus de divers industriels et réalisés selon des Règles de l'art précises. Ces systèmes sont encore très difficilement décrits par les IFC.**

propriétés, mais chacun d'une manière différente. Si le maître d'ouvrage veut utiliser une maquette BIM au niveau ND5 ou 6, il doit préciser le niveau de détail qu'il souhaite pour chaque ouvrage. Et la maîtrise d'œuvre doit imposer une structuration de données objet par objet pour le projet. À défaut, la maquette BIM ND6 risque de ne pas être exploitable en maintenance...

Le jumeau numérique, sa conservation et sa mise à jour

Le bâtiment étant rénové, tous ses composants figurent dans la maquette numérique 3D, le « jumeau numérique » qui correspond à minima au niveau ND5. Cette base de données sous forme graphique au format IFC est remise au maître d'ouvrage. Si celui-ci décide de l'utiliser pour faciliter l'exploitation et la maintenance de son bâtiment, il doit organiser son archivage, gérer sa mise à disposition et sa mise à jour tout au long de la vie du bâtiment. Comme la structuration des données est loin d'être standardisée pour tous les équipements qui composent le bâtiment, le maître d'ouvrage doit donner un cadre de structuration des données à l'entreprise de facility management, à son exploitant thermique, puis à toutes les entreprises qui interviendront au fil des années pour de la maintenance ou du remplacement.

[2] Voir le Cahier BIM/Maquette numérique : contenu et niveaux de développement publié par Syntec Ingénierie (éditions Le Moniteur) : www.syntec-ingenierie.fr.

[3] <https://syneq.org/bim>



9 Ce niveau de détail d'une maquette BIM correspond à LOD 400 et à ND5, ce qui est nécessaire pour être utilisé par les entreprises comme plan sur le chantier.

10 Pratiquement tous les fabricants de composants pour le bâtiment proposent désormais des objets BIM accompagnant leurs solutions. Bien que souvent très détaillés du point de vue géométrique, ces objets ne comportent pas nécessairement une description des caractéristiques du produit, ni les volumes extérieurs au produit nécessaires à sa mise en œuvre, à son utilisation et à sa maintenance.

Même problème si de nouveaux équipements sont installés, du photovoltaïque en toiture, par exemple. Tout ce processus correspond à une nouvelle responsabilité qui n'existait pas jusqu'à présent, qui a un coût indéniable mais apporte de nombreux avantages en échange.

L'entreprise de facility management, s'il y en a une, peut interfacer son logiciel de GMAO (Gestion de la maintenance assistée par ordinateur) avec la maquette numérique et accéder ainsi immédiatement aux détails du bâtiment. Ce n'est pas si courant

aujourd'hui. Un petit nombre d'éditeurs d'outils GMAO ont fait l'effort d'ouvrir leurs applications au format IFC. Carl Software, par exemple, a enrichi le module *Carl Maps* de son logiciel de GMAO *Carl Source* pour lire les données IFC et permettre aux utilisateurs de *Carl Source* d'interagir avec une maquette BIM. Vinci Facilities a développé son propre applicatif pour utiliser les maquettes BIM en exploitation. Cet interfaçage GMAO et maquette BIM à des fins d'exploitation ne dispense pas d'une GTB (Gestion technique du bâtiment), ni d'une supervision. >>>



Photo © Comfy 13

“Une fois le bâtiment tertiaire rénové et équipé, des solutions numériques – toujours nourries par la maquette BIM – offrent de nouveaux services à ses occupants”

Un jumeau numérique est une photo statique qui ne sait pas lire et réagir aux données et valeurs de fonctionnement des équipements du bâtiment. C’est le rôle de la GTB et de la supervision. Seul Delta Dore, pour l’instant, a tenté ce croisement avec son logiciel *D-One Site Edition* qui propose une supervision BIM exploitation intégrant la maquette numérique BIM du bâtiment. Ce logiciel s’appuie sur des logiciels de pilotage spécifiques : *D-One Floor Server* pour les concentrateurs d’étage, *D-One Automation Server* pour les automates des locaux techniques. *D-One Site Edition* localise les automates et les équipements qu’ils pilotent dans la maquette BIM, puis utilise celle-ci en guise d’interface graphique pour le pilotage des installations.

Occuper le bâtiment

Enfin, une fois le bâtiment tertiaire rénové et équipé, des solutions numériques – toujours nourries par la maquette BIM – offrent de nouveaux services à ses occupants. Chez Siemens, par exemple, le programme *Navigator*, fonctionnant entièrement dans le Cloud et accessible par de simples navigateurs Internet, utilise la maquette BIM du bâtiment pour dresser l’inventaire technique, reconnaître tous les équipements et identifier leurs fonctionnalités. Puis il collecte les données de fonctionnement du bâtiment, globalement, par zone et jusqu’à celles de chaque équipement connecté, pour les restituer aux occupants sous une forme immédiatement compréhensible. *Navigator* leur propose des tableaux de bord qui expriment les performances du bâtiment et



11 Delta Dore est le premier fabricant d’automates et éditeurs de logiciels de GTB et de supervision à utiliser les maquettes BIM pour enrichir ses produits dans l’exploitation du bâtiment.

12 L’application *Navigator* récupère une masse de données issues de la GTB de Siemens et des multisondes installées dans un bâtiment. Il les analyse et les restitue de manière utile pour les responsables de l’exploitation du bâtiment.



13 L’application *Comfy*, acquise par Siemens en juin 2018 avec l’entreprise qui la développe, fournit des services aux occupants des bâtiments : géolocalisation, réservation de salles, pilotage de l’éclairage, du chauffage, de la climatisation, de la ventilation, etc.

permettent d’en suivre les évolutions. *Navigator* restitue également la production de gaz à effet de serre inhérente au fonctionnement du bâtiment. *Navigator* sait aussi fournir des données calibrées selon les exigences de différentes certifications environnementales HQE®, LEEDS, BREEAM, DGNB... Pour les exploitants, *Navigator* fournit des analyses fines sur la performance des divers systèmes techniques qui équipent le bâtiment, dans le but d’éviter les pannes et de prolonger leur durée de vie. Enfin, *Navigator* aide à bien comprendre les factures des fournisseurs d’énergie, identifie et évalue l’intérêt d’éventuels travaux de modification des installations.

Autre solution disponible, *Comfy* de Siemens fait appel à la maquette BIM pour proposer des services à partir de la localisation des occupants du bâtiment. *Comfy* localise les sondes ou multisondes dans le bâtiment grâce à la maquette BIM (température, hygrométrie relative, luminosité ambiante, détection de présence...). Si ces sondes communiquent en BLE (Bluetooth Low Energy) avec les smartphones, tous équipés de ce protocole en standard, une application comme *Comfy*, résidant à la fois dans le Cloud et sur les smartphones, peut identifier les propriétaires de ces smartphones, les localiser dans le bâtiment et pousser vers eux des services : adapter le bureau à leurs paramètres favoris (température, éclairage, etc.), leur indiquer les salles de réunion inoccupées, les emplacements de travail disponibles à leur arrivée dans le bâtiment si l’entreprise pratique le flex office, une tendance qui devrait se développer à l’issue de la crise sanitaire. ■

Logiciel de GMAO CARL Source

Profitez d'une GMAO adaptée à votre secteur d'activité

Industrie

Logiciel de GMAO pour l'industrie agroalimentaire, pharmaceutique, aéronautique, automobile...

[CARL Source Factory](#)

Immobilier

Logiciel de Gestion technique du patrimoine immobilier, des infrastructures et réseaux des entreprises du secteur tertiaire.

[CARL Source Facility](#)

Santé

Logiciel de GMAO pour le secteur de la santé et la gestion des équipements biomédicaux.

[CARL Source Santé](#)

Transport

Logiciel de GMAO pour le Transport et les flottes de véhicules : métros, bus, tramways, engins, camions...

[CARL Source Transport](#)

Collectivités et Administrations

GMAO et GTP pour les collectivités territoriales et administrations.

[CARL Source City](#)

Paroles d'experts
en GMAO

FAQ
Nos réponses à vos questions
les plus fréquentes sur la GMAO

Success Stories

Découvrez les témoignages des utilisateurs de nos logiciels de GMAO

Renault Trucks



[Découvrir la Success Story](#)

Les îles Paul Ricard



[Découvrir la Success Story](#)

ArcelorMittal SSC



[Découvrir la Success Story](#)

Vous souhaitez plus de renseignements sur nos solutions de GMAO ?

[Demander une documentation](#)



www.carl-berger-levrault.fr