

Rapport technique / informatique / BIM

Contenu : « **Building information modelling** » ou **maquette numérique du bâtiment**

Rédaction : Arnaud Baumann / 1782 Belfaux, FR / Etudiant à l'ETC de Fribourg
Date : 9 janvier 2019

Définition

Le BIM est un processus collaboratif basé sur une maquette numérique d'un ouvrage de construction. La maquette de l'ouvrage est virtuellement contenue dans un ensemble de fichiers, créés par conception assistée par ordinateur (CAO). Le BIM est donc une méthode, basée sur la CAO, permettant aux différents intervenants du projet de construction, de transmettre aux autres, la représentation de la partie d'ouvrage qu'ils ont été appelés à concevoir et/ou construire, et travailler collaborativement avec.

Le BIM, au sens strict du terme, n'implique pas obligatoirement que la maquette soit conçue en trois dimensions. Mais, avec les avancées informatiques du début du XXI^{ème} siècle, les représentations selon les trois dimensions de l'espace se sont systématisées et généralisées si bien que l'on dessine le plus souvent en 3D lorsque l'on conçoit en BIM. Cela augmente la compréhension des échanges.

Enfin, le BIM est aussi un processus complet. Dans le sens où la maquette numérique et toutes ses annotations forment un historique complet, qui reste utilisé durant toute l'exploitation de l'ouvrage ; de la construction jusqu'à la fin de sa déconstruction.

Avenir et développement

Originaire de Grande Bretagne et des Etat-Unis d'Amérique, l'utilisation du BIM se généralise dans le monde. Sous l'effet principalement des améliorations informatiques, des avantages propres au BIM, des exigences des maîtres d'ouvrages pour que les projets de construction d'une certaine taille soient conçus et optimisés en BIM. La plupart des pays industrialisés ont défini des normes pour encourager une implémentation du BIM d'ici à 2025 pour les plus tardifs.

En Suisse, la Société des ingénieurs et architectes (SIA) a édité pour la première fois le cahier technique (Norme suisse 2051) intitulée « Bases pour l'application de la méthode BIM » en 2017. « Bauen Digital » a produit pour la Suisse, un ensemble de documents de référence, établissant les bases numériques pour le traitement de projets de construction en BIM.

Le développement du BIM pousse à la création, par les compagnies informatiques, de logiciels de CAO qui permettent de dessiner selon les axes de l'espace, directement en trois dimensions, théoriquement sans temps supplémentaire. Au contraire des calques superposés et des coupes en deux dimensions dessinées avant impression des plans papiers conventionnels.

Le « cloud computing » soit l'archivage externalisé sur serveur relié par internet, permet de sécuriser des copies des maquettes numériques en lieu sûr. Tout en permettant de consulter et interroger immédiatement la maquette internet. Dans le cadre de ce que l'on nomme le « 4^{ème} niveau de BIM » il est prévu que les modificateurs interviennent directement sur la maquette via le « cloud ». Des limites juridiques ne permettent cependant pas encore d'arriver à cette étape pour l'instant.

Principes de fonctionnement

Types de modèles de maquettes numériques

Il y a différents types de maquettes numériques qui ne sont pas dessinées par les mêmes auteurs et pas destinées aux mêmes utilisateurs. Exactement comme les plans d'un chantier. Il y a par exemple.



Le modèle numérique du gros œuvre

Auteur :

- bureau d'architecte

Utilisateurs concernés :

- ingénieur spécialiste structure
- entrepreneur du gros œuvre
- artisans CVSE
- autres artisans du second œuvre

Le modèle numérique des services

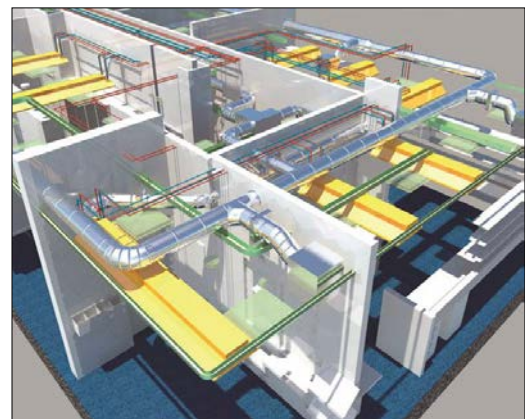
Le chauffage, la ventilation, le sanitaire, l'électricité, etc.

Auteur :

- bureau d'ingénieur/technicien CVSE

Utilisateurs concernés :

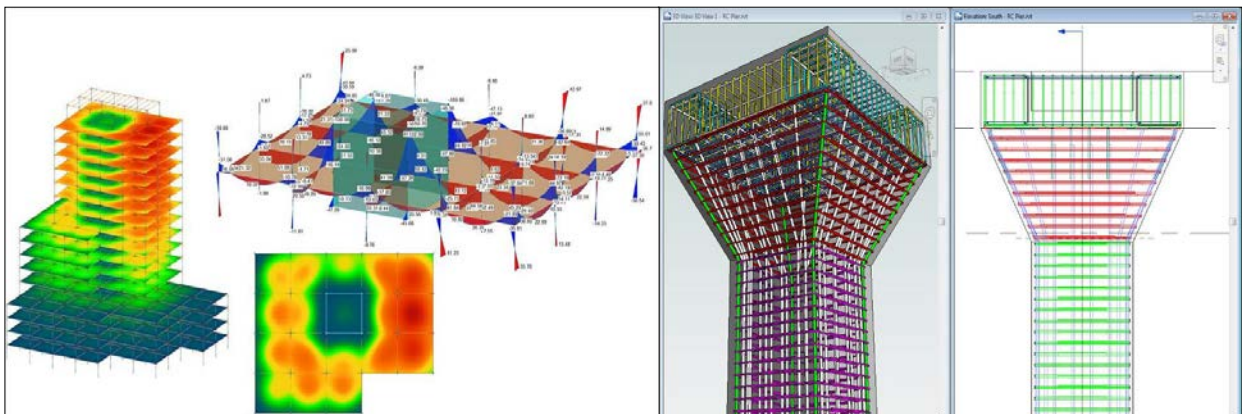
- artisans CVSE
- entrepreneur du gros œuvre
- architecte d'intérieur
- autres artisans du second œuvre



Le modèle numérique de la structure et de l'armature

Auteur : bureau d'ingénieur structure

Utilisateurs concernés : entrepreneur du gros œuvre



Représentation des déformations et/ou des moments

Représentation de l'armature dans un pilier en BA

Le modèle numérique de la réalité « Reality capture »

Relevé aérien ou au sol, d'une situation existante, par un nuage de points laser ou par photogrammétrie (prises de vues sous différents angles). Relié à des points de référence, c'est l'un des différents SIG (Systèmes d'information géographique) qui devient le plus fréquemment utilisé avec le BIM.

Ce système permet notamment pour le Conducteur de travaux et la DT d'obtenir directement par calcul de l'ordinateur, des volumes, des surfaces, des distances qui ne sont pas des approximations humaines mais des mesures exactes.



Relevé par nuage de points, le laser a été placé à l'emplacement du rond noir



Relevé par photogrammétrie drone de l'hôpital de Fribourg. On notera la fouille en pleine masse en bas à gauche.

Auteurs :

- arpenteurs formés spécifiquement aux techniques numériques de relevés
- spécialistes de drones
- bureaux de géomètres
- entrepreneur du bâtiment (Conducteurs travaux formés)

Utilisateurs concernés :

- bureau d'architecte
- entrepreneur du gros œuvre

Autres modèles numériques possibles

Le modèle numérique de la physique du bâtiment

Auteur : bureau d'ingénieur en physique du bâtiment

Utilisateurs concernés : bureau d'architecte

Le modèle numérique des aménagements extérieurs

Auteur : bureau d'architecte

Utilisateurs concernés : jardinier et paysagiste

Le modèle numérique des aménagements intérieurs

Auteur : bureau d'architecte d'intérieur

Utilisateurs concernés : peintre, menuisier, électricien, autres artisans du second œuvre

Le modèle numérique de l'éclairage

Auteur : bureau d'architecte d'intérieur

Utilisateurs concernés : bureau d'architecte, électricien

Le modèle numérique de planification des travaux ou BIM 4D

Ce qu'on appelle la 4^{ème} dimension BIM est le temps incorporé à la maquette en trois dimensions du bâtiment. Dans la pratique, cela implique que l'on représente sur la maquette les changements qui auront lieu dans le temps de façon plus ou moins détaillée selon les besoins. L'avancement des étapes de travaux notamment.

Ce modèle numérique est l'équivalent du plan d'installation de chantier. Il devient de plus en plus souvent exigé par les directions de travaux pour participer aux soumissions de grands projets. Il est exécuté par des cadres d'entreprises de construction formés à cette technologie, avec un bagage éducatif de dessinateur en bâtiment le plus souvent.



Auteur :

- entreprise du gros œuvre

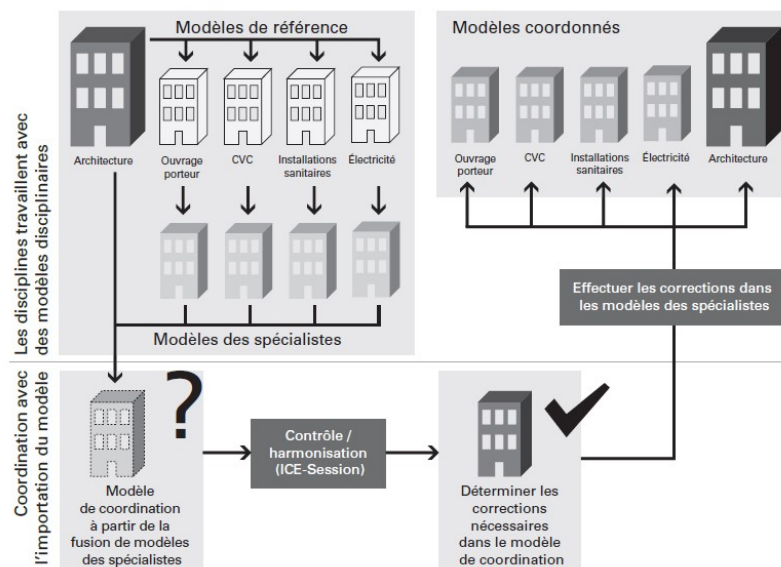
Utilisateurs concernés :

- direction des travaux
- maîtres d'ouvrages publics ou privés
- entrepreneur du gros œuvre
- coentrepreneurs
- autres intervenants sur le chantier

Représentation avec un très grand niveau de détail

Fonctionnement du processus collaboratif

Illustration 7 Illustration de la procédure de coordination des modèles BIM à partir de l'exemple du bâtiment



Le fonctionnement du BIM se fait en boucles qui se répètent jusqu'à ce que la maquette du bâtiment soit sans erreurs. On appelle cela les « itérations ». Au départ (illustration 7 de la SN 2051) on retrouve les différents modèles numériques conçus chacun par leurs auteurs responsables.

Les différents modèles numériques sont ensuite assemblés dans un seul modèle par un coordinateur BIM (spécialiste d'une discipline) et d'un « BIM manager » à l'autorité similaire à un Chef de projet, représentant la Direction des travaux. Sur les grands projets, le coordinateur BIM peut aussi être assisté d'un adjoint, coordinateur ICT chargé de la gestion d'accès.

Une séance de contrôle du modèle fusionné est organisée. Tous les auteurs des différents modèles désormais assemblés s'y préparent. Ils identifient sur le modèle fusionné toutes les erreurs de conception et débattent des solutions à apporter lors de la séance.

La séance se fait en un lieu appelé « BIM room ». Il s'agit d'une salle de conférence équipée d'écrans et d'ordinateurs pour pouvoir consulter la maquette numérique virtuellement et en commun. Selon

les souhaits de la Direction des travaux, la « BIM room » peut être placée sur le chantier. Il s'agit généralement de deux containers de salle de conférence assemblés. L'achat d'un petite salle neuve comme celle de l'illustration coûte environ 70'000 CHF pour 29 m².



A l'issue de la séance, les corrections sont effectuées dans les différents modèles numériques de référence. Et un nouveau cycle commence pour assembler le modèle complet sans erreur.

Conditions préalables et contractuelles à l'utilisation du BIM

La maquette numérique tel que définie par la norme suisse, n'échappe pas, au vu de la procédure décrite précédemment à l'obligation de respecter des délais dans la remise des plans à l'entrepreneur de la construction. En aucun cas elle ne saurait être modifiée par n'importe quel intervenant ou sans coordination préalable en dernière minute.

Le format de fichier compatible doit être défini à l'avance dans un « plan de coordination BIM » selon la Norme. Dans la pratique on prend généralement des fichiers DWG, DXF ou IFC (ISO 16739:2013). Le format IFC (« Industry Foundation Classes ») a été inventé dans le but de créer un format inter compatible entre les logiciels (propriétaires) BIM. C'est un format sans droits de propriété (« open file format »). Consultable avec Adobe Acrobat Pro notamment.

Sont aussi défini dans le contrat, les responsabilités de chacun, les délais à respecter pour l'apport des modèles, l'organisation des séances de coordination, etc.

Niveaux de collaboration du BIM

Il y a quatre niveaux de collaboration BIM. Plus l'accès à la maquette principale est accessible librement et l'échange direct des modèles facilité, plus le niveau augmente. Le 4^{ème} niveau se voudrait un modèle principal accessible directement et modifiable par tous les intervenants : « open BIM ». Le choix du niveau est purement une question de gestion qui est de la responsabilité de la Direction des travaux. Il n'y a pas, en 2018, d'exemples de projets réalisés en « open BIM » (4^{ème} niveau) en Suisse (limitations légales).

Dimensions du BIM

On parle de « dimensions » du BIM pour préciser le niveau de détail de la maquette numérique. Plus le niveau de détail est élevé, plus la dimension l'est aussi. Par exemple le « BIM 4D » cité précédemment, soit l'ajout de la dimension « temps » à celle d'une maquette en trois dimensions.



La Norme suisse ne mentionne pas ces dimensions. Qui sont des définitions non officielles, utilisées par les acteurs du BIM, pour dire qu'ils intègrent des paramètres supplémentaires à la maquette numérique (illustration).

Aspects pratiques lors de l'exécution et au-delà

Lecture des plans définitifs sur le chantier

A partir de la maquette numérique de l'ouvrage, la Direction des travaux et le Conducteur de travaux peuvent établir directement les coupes et les détails qu'ils souhaitent (en 2 ou 3 dimensions) associés aux étapes, puis les transmettre au Contremaître sur le chantier. Dans son bureau, équipé d'un ordinateur, le Contremaître peut aussi visualiser en grand écran la maquette numérique et/ou les plans qu'on lui transmet. Ce dernier peut être équipé d'une tablette numérique pour la lecture directe sur le lieu du travail sans besoin d'utiliser des plans papier.

Avec la réalité virtuelle et la maquette en trois dimensions, il est même possible de naviguer virtuellement dans le futur projet à l'aide de sa tablette numérique sur le chantier. Le Conducteur de travaux peut établir des métrés avec des commentaires sur une partie d'ouvrage récemment construit directement sur sa tablette et l'annexer d'un commentaire audio, vidéo, photographique. Tout cela est alors archivé dans la maquette numérique et associé à chaque objet de l'ouvrage en question.



Archivage et exploitation des ouvrages construits

Selon le niveau détail voulu, chaque partie de l'ouvrage peut afficher sur la maquette numérique, son type de matériel, ses dimensions, les labels qu'elle respecte, etc. N'importe qui ayant accès, n'importe quand, y compris de très nombreuses années après la construction pourra afficher l'historique de chaque objet de l'ouvrage construit. Le Maître d'ouvrage pourra archiver le chantier aussi plus facilement sans avoir besoin d'un local physique de stockage.

Mais au vu de l'évolution rapide de l'informatique, il n'est pas dit que les formats de fichiers d'archivage de la maquette numérique seront toujours compatibles avec les ordinateurs dans plusieurs dizaines d'années. C'est pourquoi le choix du format d'archivage et le support de stockage choisi est une question qui doit être étudiée avec soin. Le fait que tout reste au plan virtuel augmente beaucoup le risque de destruction accidentel de documents. Heureusement, des copies multiples diminuent le danger de perte d'information.

Avantages et inconvénients du BIM

Le BIM est un nouvel outil informatique de travail qui désormais va s'étendre des projets les plus grands vers les plus petits au fur et à mesure que les évolutions informatiques permettront une application simple et efficace de celui-ci et que les coûts liés à cette nouvelle technologie permettront à toutes les entreprises de la construction de l'utiliser. Exactement comme pour le reste de l'informatique jusqu'à présent. La maquette numérique présente des avantages par rapport à ce qui se faisait auparavant.

Principalement :

- Une numérisation complète du monde de la construction dans la continuation de l'évolution informatique.
- Des échanges de documents et leur archivage grandement facilité. Aucun transport ni archivage physique.
- L'absence de coupes séparées sur différents plans et une collaboration plus grande permet de déceler plus rapidement les incohérences de conception. Par exemple, si des tuyaux de chaufferie sont mal placés par rapport à un sommier et le traversent alors qu'ils ne devraient pas, l'assemblage des modèles de la maquette numérique va faire apparaître l'erreur immédiatement.
- Un gain de temps lors de l'exploitation des plans et une meilleure communication avec les futurs intervenants ; consultation immédiate des dimensions et des commentaires sur l'ouvrage. Ne nécessitant pas de relevé sur papier.
- L'intégration de modèles numériques de l'état existant directement aux plans. Lors de la construction d'une route par exemple. Le passage d'un drone pour relever les volumes de terres avant et après l'excavation sera moins sujet à l'approximation ou l'interprétation.
- Une utilisation de la maquette dans le temps pour l'exploitation et la maintenance de l'ouvrage de construction et même au-delà (rénovations ou déconstruction).

Face à ces avantages, l'avènement d'une nouvelle méthode introduit nécessairement de nouvelles contraintes. On peut citer notamment :

- Des formats de fichiers ou des programmes informatiques qui ne sont pas universels et parfois incompatibles.
- Le coût de l'adaptation. De la formation aux tablettes numériques et autres moyens informatiques pour l'entrepreneur de la construction. Dont le personnel est habitué à travailler avec du papier depuis des siècles.
- Une dépendance encore plus grande à des outils informatiques (des machines) susceptibles d'avoir des pannes et un fonctionnement anormal.

Conclusion

On peut deviner que les Conducteurs de travaux auront au moins à comprendre le fonctionnement et à pouvoir lire les maquettes numériques autant qu'ils le font actuellement sur les plans papier. On leur demandera de savoir utiliser les tablettes numériques et les nouvelles manières d'échanger et de communiquer propre au BIM. Cela va accélérer encore la vitesse des échanges d'informations avec les Directions de travaux.

Des exigences concernant le rendu de plans d'installation de chantier ou d'étapes de travaux au format numérique en 3D pour pouvoir les intégrer au BIM se feront toujours plus grandes. C'est pourquoi les Conducteurs de travaux qui cumuleront leurs compétences de gestion de chantier avec celle de dessin CAO seront un grand avantage pour les entrepreneurs de la construction. Et plus encore s'ils travaillent dans le cadre de chantiers en entreprise générale ou totale.

Tous ces changements liés au BIM ne sont ni à l'avantage ni au détriment d'une ou d'une autre partie. Il faut les considérer pour ce qu'ils sont. Soit de nouveaux outils de travail.

Remerciements

M. Redouane Boumaref, professeur associé en Architecture et en théories urbaines à la Haute école d'ingénieur et d'architectes de Fribourg (HEIA-FR) pour ses enseignements et son suivi du rapport.

M. Fabian Jobin, fondateur et pilote de « Upperview Productions » pour ses conseils sur les drones et la photographie aérienne.

Références écrites

Norme SIA 2051-fr, Société suisses des Ingénieurs et architectes, 2017

Bauen digital, <https://bauen-digital.ch/de/produkte/praxisreporte/>, 9 janvier 2019

Wikipedia (BIM) https://en.wikipedia.org/wiki/Building_information_modeling, 9 janvier 2019

Wikipedia (Reality capture) https://fr.wikipedia.org/wiki/Reality_capture, 9 janvier 2019

Autodesk (BIM) <https://www.autodesk.com/solutions/bim>, 9 janvier 2019

Autodesk (Revit) <https://www.autodesk.com/products/revit/overview>, 9 janvier 2019

Références des illustrations

Dans l'ordre d'apparition

Page de couverture / résumé, http://www.bimcn.org/uploads/allimg/181127/873_181127110415_1.jpg, 9 janvier 2019

Gros œuvre, maqu. num. p.2, <https://www.bimservicesindia.com/images/portfolios/structural-bim-portfolio/04.jpg>, 9 janvier 2019

Mod. num. services, p.2, <https://www.bimservicesindia.com/images/portfolios/structural-bim-portfolio/04.jpg>, 9 janvier 2019

Mod. num. struc. (a) p.2, http://idtsoft.ru/_Images/Editor/image/Revit2016_34_.png, 9 janvier 2019

Mod. num struc. (b) p.2, <https://pbs.twimg.com/media/DACkjm3XUAAAMHP.jpg>, 9 janvier 2019

Reality cap. (a) p.3, http://www.scan-technik.com/_media/img/large/nuage-point-couleur-scanner-zoller.jpg, 9 janvier 2019

Reality cap. (b) p.3, <http://uvprod.ch/>

BIM 4D, p.4, <https://www.youtube.com/watch?v=spE-DxcSzc8>, 9 janvier 2019

BIM room (a) p.5,

https://recherche.bauinfocenter.ch/document/get/127730/ALPIQ_BIM_Room_DSC_2790.JPG/12f3ef0eeab4534be43775f8ca67195a/image.jpg, 9 janvier 2019

BIM room (b) p.5,

https://recherche.bauinfocenter.ch/document/get/127732/ALPIQ_BIM_Room_DSC_2884.JPG/e9deaae27518968904ba687bc6cc7f76/image.jpg, 9 janvier 2019

Dimensions BIM, p.5, <https://www.bim-building.com/wp-content/uploads/2016/08/E-Construction.jpg>, 9 janvier 2019

Tablette num. p.6, [https://blogi.skanska.fi/wp-](https://blogi.skanska.fi/wp-content/uploads/Using_BIM_at_Porin_Puuvilla_Shopping_Center_pic_by_Jenna_Huuhka_lowres.jpg)

[content/uploads/Using_BIM_at_Porin_Puuvilla_Shopping_Center_pic_by_Jenna_Huuhka_lowres.jpg](https://blogi.skanska.fi/wp-content/uploads/Using_BIM_at_Porin_Puuvilla_Shopping_Center_pic_by_Jenna_Huuhka_lowres.jpg), 9 janvier 2019