



CENTRE DE GESTION DE LA FONCTION PUBLIQUE TERRITORIALE
DE MARTINIQUE

CONCOURS INTERNE D'INGENIEUR TERRITORIAL SESSION 2015

Mercredi 17 juin 2015

EPREUVE DE NOTE

ÉPREUVE D'ADMISSIBILITÉ :

Rédaction d'une note à partir d'un dossier portant sur la spécialité choisie par le candidat au moment de son inscription.

Durée : 4 heures

Coefficient : 3

SPÉCIALITÉ : INGÉNIERIE, GESTION TECHNIQUE ET ARCHITECTURE

A LIRE ATTENTIVEMENT AVANT DE TRAITER LE SUJET

- Vous ne devez faire apparaître aucun signe distinctif dans votre copie, ni votre nom ou un nom fictif, ni votre numéro de convocation, ni signature ou paraphe.
- Aucune référence (nom de collectivité, nom de personne, ...) **autre que celles figurant le cas échéant sur le sujet ou dans le dossier** ne doit apparaître dans votre copie.
- Seul l'usage d'un stylo à encre soit noire, soit bleue est autorisé (bille non effaçable, plume ou feutre). L'utilisation d'une autre couleur, pour écrire ou pour souligner, sera considérée comme un signe distinctif, de même que l'utilisation d'un surligneur.
- Le non-respect des règles ci-dessus peut entraîner l'annulation de la copie par le jury.
- Les feuilles de brouillon ne seront en aucun cas prises en compte.

Ce sujet comprend 39 pages
Il appartient au candidat de vérifier que le document comprend
le nombre de pages indiqué
S'il est incomplet, en avertir le surveillant

Vous êtes ingénieur territorial au sein de la ville d'INGEVILLE, qui compte plus de 70 000 habitants. Vous venez d'être recruté pour occuper le poste de responsable du service bâtiments. Vous avez en charge la construction, la réhabilitation et la maintenance des bâtiments municipaux. A votre arrivée, vous avez pu constater que la connaissance du patrimoine bâti était peu précise et insuffisamment informatisée, ce qui a pour conséquence de compliquer le lancement de marchés de maintenance des équipements techniques et de sécurité.

Dans un premier temps, le directeur général des services vous demande, exclusivement à partir des documents joints, une note présentant les maquettes numériques des bâtiments.

12 points

Dans un deuxième temps, il vous demande un ensemble de propositions opérationnelles pour optimiser la construction et la gestion des bâtiments municipaux au moyen de l'utilisation de maquettes numériques.

8 points

Pour traiter cette seconde partie, vous mobiliserez également vos connaissances.

Liste des documents :

- Document 1 :** « Comment adapter les contrats de construction au BIM ? » – *Le Moniteur* – 6 juin 2014 – 2 pages
- Document 2 :** « La maquette numérique à l'ère du BIM » – *Revue AMC n°232* – Avril 2014 – 2 pages
- Document 3 :** « La maquette numérique ou BIM (Building Information Model) au service du développement de l'entreprise artisanale du bâtiment » – *blog.innovation-artisanat.fr* – 8 septembre 2014 – 1 page
- Document 4 :** « Le BIM dope le coût global » – *Le Moniteur* – 23 mai 2014 – 3 pages
- Document 5 :** « Le BIM au service de la gestion de l'existant » (extrait) – *Le Moniteur* – 21 mars 2014 – 2 pages
- Document 6 :** « BIM » (extrait) – *Cahier pratique Le Moniteur – Revue n°5756* – 21 mars 2014 – 23 pages
- Document 7 :** « BIM / maquette numérique : contenu et niveaux de développement » (extrait) – *Cahier pratique Le Moniteur – Revue n°5763* – 9 mai 2014 – 2 pages
- Document 8 :** « BIM : vers une gestion du patrimoine optimisée » – *Faustine SAPP* – *Techni.Cités n°279* – Janvier 2015 – 2 pages

Documents reproduits avec l'autorisation du CFC

Certains documents peuvent comporter des renvois à des notes ou à des documents non fournis car non indispensables à la compréhension du sujet.

Réglementation

MAQUETTE NUMÉRIQUE

Comment adapter les contrats de construction au BIM

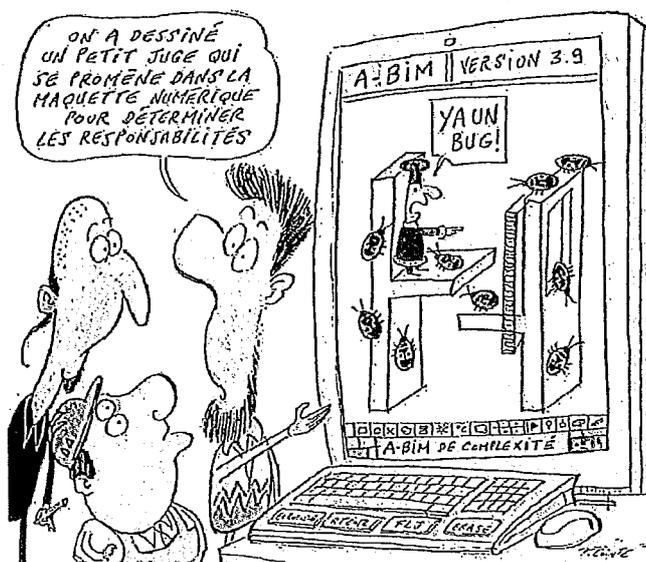
Le BIM fait son apparition en France. Permettant de travailler de manière collaborative en s'appuyant sur des maquettes numériques, il soulève un certain nombre de questions juridiques auxquelles la technique contractuelle apporte des solutions.

FRÉDÉRIC GILLION,
avocat associé, Pitivert M&S

Le 26 février dernier, la directive européenne 2014/24/UE sur la passation des marchés publics consacrait le BIM (1) à l'échelle de l'Union en disposant que les vingt-huit « États membres peuvent exiger l'utilisation d'outils électroniques particuliers tels que des outils de modélisation électronique des données du bâtiment » (art. 22.4). Le BIM a déjà fait l'objet d'une consécration légale au Royaume-Uni, mais aussi au Danemark, aux Pays-Bas, en Finlande et en Norvège. Le Royaume-Uni est particulièrement avancé car, d'ici à 2016, tous les bâtiments publics devraient être livrés en BIM et répondre aux exigences du « BIM niveau 2 » (2). Même si la France est à la traîne, le BTP hexagonal semble convaincu des bénéfices de l'utilisation de la maquette numérique, comme en témoignent les nombreuses initiatives BIM lancées depuis le début de l'année. Peu d'acteurs se sont en revanche penchés sur les problématiques juridiques liées au maniement du BIM en France. L'approche que le Royaume-Uni a adoptée en proposant une solution contractuelle aux incertitudes juridiques soulevées est riche d'enseignements.

BÉNÉFICES DE L'UTILISATION DU BIM

L'engouement pour le BIM repose sur les bénéfices potentiels que ce processus collaboratif peut apporter tout au long du cycle de vie de l'ouvrage. En effet, les acteurs intervenant dans sa conception sont amenés à travailler ensemble afin de créer une maquette numérique qui contiendra les informations permettant la planification, la construction et



la gestion de manière coordonnée et efficace de l'ouvrage, depuis sa conception jusqu'à son démantèlement. Ce processus collaboratif permet de réduire les erreurs et omissions. De plus, la conception est continuellement

LE BIM est un processus qui permet aux intervenants de réduire les erreurs et d'ajuster la conception d'un ouvrage en temps réel.

ajustée en temps réel dans la maquette numérique, permettant une exécution optimisée.

INCERTITUDES JURIDIQUES

L'utilisation du BIM, avec ses différents acteurs venant enrichir et modifier une même maquette numérique, suscite des interrogations quant à leurs responsabilités, à la propriété de la maquette numérique et des informations qu'elle contient, ainsi qu'aux conséquences en matière d'assurance.

La responsabilité des parties

Première difficulté : qui serait responsable d'erreurs dans la maquette numérique, qui

se traduiraient par des erreurs de conception, voire des sinistres ? Le partage des responsabilités entre les maîtres d'œuvre, d'une part, et l'entrepreneur, d'autre part, peut être délicat à opérer en pratique. Par exemple, si un entrepreneur suggère une modification de la maquette numérique telle que validée par les architectes et les ingénieurs, entraînant un défaut de l'ouvrage, ces derniers pourraient être considérés comme ayant adopté ces modifications et ainsi engagé leur responsabilité. Ils pourraient également se voir déclarer responsables en cas de réclamations pour des données incomplètes, inexactes ou obsolètes.

Les assurances

Les assureurs étudient actuellement l'incidence du BIM sur les garanties et les réclamations potentielles. La pratique au Royaume-Uni, où le BIM niveau 2 est de plus en plus utilisé, montre que les assureurs ne perçoivent pas de risques accrus. Dans le BIM niveau 2 en effet, toutes les informations ne sont pas regroupées au sein d'un

même base de données et un certain nombre d'informations techniques ayant une valeur commerciale sont présentées dans une autre base. Ce niveau est parfois désigné sous le nom de «maquette fédérée» car il comprend plusieurs maquettes distinctes réalisées par les différents membres de l'équipe. Le BIM tend, en fait, à être un vecteur de diminution du risque.

En revanche, avec un BIM de niveau 3, toutes les données sont intégrées dans une seule et même base de données hébergée en ligne,

La problématique juridique liée au BIM s'attache au droit d'accès. Nombreux sont les acteurs qui interviennent dans ce système « libre de droits ».

qui peut être consultée par tous les membres de l'équipe autorisés à le faire et qui est présentée sous un format standard. Les données peuvent comprendre des informations relatives aux coûts, à la programmation et à la gestion du cycle de vie des installations. Le recul est pour l'instant insuffisant pour quantifier les risques liés à l'utilisation de ce système véritablement intégré. Nul doute que passé le niveau 2, les assureurs porteront un regard plus critique sur les risques de ces projets.

La propriété intellectuelle

La problématique juridique liée aux bases de données et au BIM s'attache tout particulièrement au droit d'accès en lecture comme en écriture. En effet, nombreux sont les acteurs qui interviennent dans ce système open source dit « libre de droits ». Des licences ouvertes ont été spécifiquement créées pour les bases de données, dont par exemple l'Open Database License. Ainsi, les informations dans la maquette numérique pourront être extraites entièrement ou en partie, et être réutilisées. La maquette numérique contient plus que le simple dessin : il est possible d'insérer en son sein un vaste ensemble d'informations sur la conception, le coût, des procédés techniques,

des informations graphiques, etc., chacune protégée par le droit de la propriété intellectuelle. A qui donc appartiendront les données dans la maquette numérique? Et la maquette elle-même?

LE PROTOCOLE BIM ET SON CONTENU

Les retours d'expérience de la majorité des pays ayant adopté le BIM démontrent que la plupart des incertitudes liées à l'utilisation du BIM peuvent trouver une solution contractuelle. La solution développée outre-Marche a été de mettre en place un protocole BIM, souvent incorporé au contrat principal. Les éléments essentiels de ce protocole BIM (et les questions à trancher pour sa rédaction) sont les suivants:

- Une définition des termes clés (BIM manager, concepteur principal, utilisateur de la maquette numérique, maquette numérique, propriété intellectuelle, données, etc.).
- L'ordre de priorité des documents BIM dans la hiérarchie des documents contractuels.
- Le contrat doit-il faire référence expressément au protocole BIM dans la hiérarchisation de ses clauses contractuelles? Si tel est le cas, à quel degré de hiérarchie placer ce protocole? Certaines stipulations du protocole BIM sont-elles importantes au point de devoir les faire également figurer dans le contrat lui-même?

- Les obligations du maître d'ouvrage. C'est lui qui devra mettre en place le protocole. Il peut également être prévu dans le protocole que le maître d'ouvrage sera en charge de nommer le BIM manager.

- Le rôle du BIM manager. Chargé de coordonner l'usage du BIM sur un projet, le BIM manager est responsable de l'administration et de la gestion des procédés associés au BIM sur certains projets précis. Il coordonne la soumission des dessins individuels et les intègre à la maquette numérique. Le BIM manager doit être en charge de la sécurité des données et préserver les enregistrements (qui a soumis quoi et quand? Etait-ce en adéquation avec les termes convenus?), ainsi que stocker les données.

- Les obligations de l'entrepreneur. L'entrepreneur est-il obligé de garantir que ses consultants, sous-traitants et fournisseurs se conformeront au protocole BIM? Dans ce cas, cette obligation est-elle une obligation de résultat ou de moyen pour l'entrepreneur? S'agit-il d'une obligation de s'assurer que tout contrat de sous-traitance et de fourniture contiendra des clauses BIM similaires à celles imposées à l'entrepreneur?

- Les obligations des maîtres d'œuvre (architectes, ingénieurs, etc.) Qui produit les maquettes requises, et avant quelle date? Comment ces acteurs devront-ils collaborer? - L'échange de données électroniques. Quel est le mode d'échange des données électroniques? Y a-t-il une garantie concernant l'intégrité des données dans la maquette numérique, et si oui, de qui?

- L'utilisation de la maquette numérique. Qui peut modifier les données une fois saisies? Qui peut les consulter? Une clause de non-divulgaration des données provenant des autres locataires d'ouvrage (bureaux d'études, architectes, entrepreneurs, etc.) et de limitation de l'utilisation des données dans le seul cadre du projet doit-elle être insérée?

- Les droits de propriété intellectuelle. Le protocole peut inclure une clause stipulant expressément que la propriété intellectuelle sur les maquettes individuelles restera celle des locataires d'ouvrage les ayant produites et que les droits sur la maquette numérique pourraient être confiés au BIM manager.

- Le protocole devrait aussi prévoir que les locataires d'ouvrage ayant contribué à la maquette numérique ainsi que le BIM manager céderont une licence pour des utilisations prédéterminées au maître d'ouvrage.

- Quelles sont les limitations de responsabilité (s'il y en a) à propos des maquettes produites par les différentes parties? ■

CE QU'IL FAUT RETENIR

- Le BIM n'étant pas une nouveauté au sein de l'Europe, la France pourrait tirer parti des enseignements de la pratique contractuelle élaborée au Royaume-Uni. Les Britanniques ont, en effet, fait le choix d'imposer d'ici à 2016 la livraison en BIM de tous les bâtiments publics.

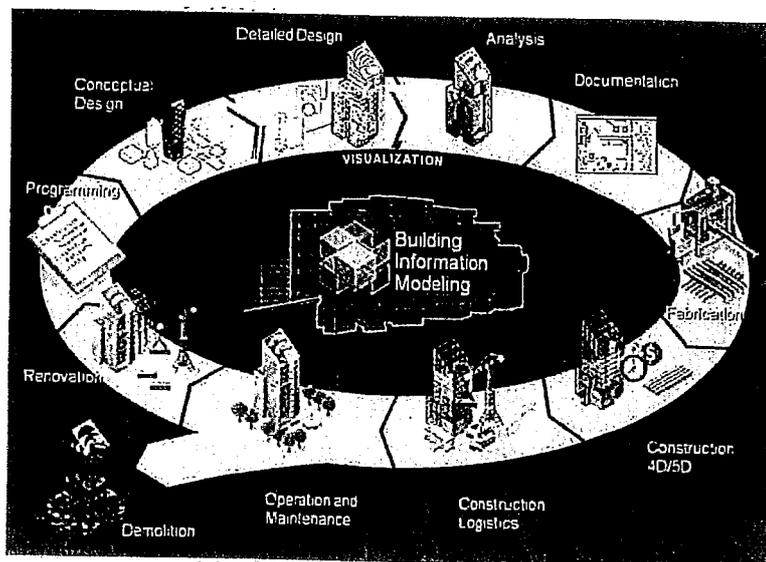
- Le travail collaboratif est la pierre angulaire du BIM, permettant

- d'atteindre ses objectifs. Mais cet aspect soulève des interrogations sur le plan juridique, notamment à l'égard des droits de propriété intellectuelle. C'est la raison pour laquelle des aménagements contractuels entre les différents acteurs pourraient survenir sous forme de protocole.

- En outre, le rôle et le régime de responsabilité des divers acteurs

- doivent être contractuellement définis de manière à bénéficier des capacités de traçabilité du BIM.

- La traçabilité devra être mise en place avec une cohérence totale entre les acteurs sur les procédés d'approbation et de validation des modifications, de manière à encadrer le régime de responsabilité mais aussi les droits de propriété intellectuelle afférents.



LA MAQUETTE NUMÉRIQUE À L'ÈRE DU BIM

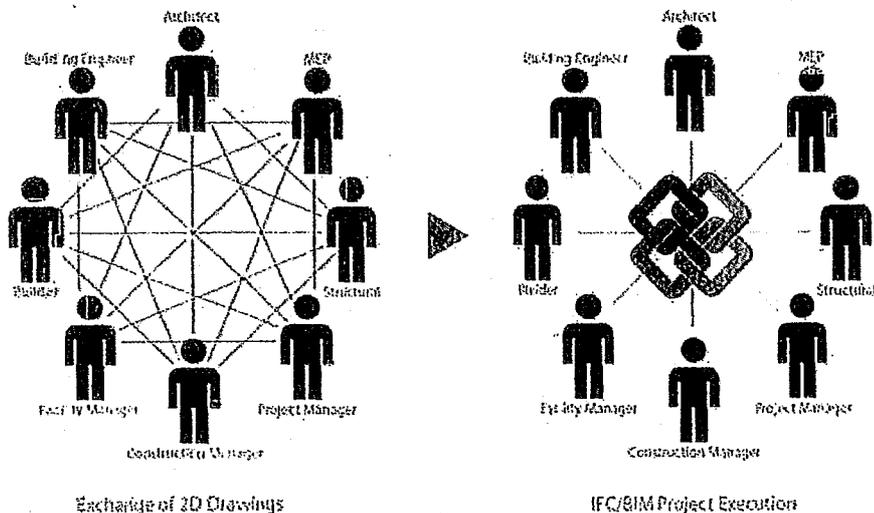
La maquette numérique annonce la généralisation du Building Information Modeling (BIM), qui permet la transmission et le partage des données d'un projet entre tous ses acteurs. Pour les architectes, cela signifie garder la maîtrise de la technologie et préserver un positionnement de décideur. Retours d'expériences en agence.

L'agence d'architecture qui s'équipe de technologie pour produire une maquette numérique fait un choix stratégique: elle produit la représentation 3D du projet en vue de la traçabilité de tout son cycle de vie, de sa conception à son éventuelle démolition (voir aussi p. 131). Cette base de données a vocation à être partagée par les différents acteurs de la construction puis par les propriétaires du bâtiment. Une mission qui peut être encore investie par l'architecte – à condition qu'il s'en saisisse – avant que promoteurs et industriels équipés du BIM (Building Information Modeling) empiètent sur une partie de son rôle de prescription en imposant leurs vues. À l'origine de son adoption, la nécessité de disposer d'un terrain de travail commun dans la collaboration à l'international. Daniela Lauret, directrice de l'agence Chapman-Taylor France a initié le processus en 2008. Elle se félicite d'avoir opté avec Revit, pour « une pensée en 3D avec une concordance plan / coupe / élévation qui autorise l'obtention d'un estimatif travaux

en temps réel, procurant un outil d'analyse et de synthèse qui travaille tout seul! » Chez Brunet Saunier, Jacques Levy Bencheton, « BIM manager », indique que les projets pour lesquels ce changement s'avère le plus pertinent concerne les programmes hospitaliers, de gros volumes demandant modularité, flexibilité, évolutivité. « Avec sa capacité à réunir les 3000 pièces nécessaires d'un concours, la maquette numérique réduit un travail d'une semaine sous AutoCAD à deux heures sous Revit », lance-t-il, ajoutant cependant que trois années d'apprentissage sont nécessaires à son usage plein et maîtrisé. Il pointe le rôle essentiel de synthèse des clash, de contrôle de conformité de la maquette, tout au long de ses évolutions. Le paysagiste Philippe Thébaud s'est montré pionnier dans cette quête. Sa société GVA (Geo-Vision-Avenir) a été missionnée pour trois ans dans un projet au Gabon mené en maquette numérique et en BIM. Le processus a autorisé 30 à 40 personnes à travailler simultanément sur le projet, en

connexion à distance faisant l'économie de déplacements. Pour donner à visualiser par des non-initiés l'évolution d'un projet de paysage, il s'est associé au Sirad pour édifier une base de données de plusieurs centaines d'espèces de plantes et végétaux, montrant leur croissance sur près de vingt ans.

Si l'on estime généralement à une moyenne de 10000 euros le budget nécessaire dans une agence pour doter une personne des outils et de la formation compatible BIM, le retour sur investissement est réel. Pascal Camliti, spécialisé dans la maison individuelle, qualifie de « spectaculaires » les effets sur sa pratique: « La conception est plus libre, le passage de l'esquisse crayon à l'ordinateur permettant de valider plusieurs hypothèses avec un calcul associé en temps réel. La vision de l'habitat est plus juste, en termes de cotes, de métrages, et l'on présente un rendu photoréaliste convaincant ». Il estime à un an et demi le temps nécessaire aux paramétrages précis et personnalisés qui lui ont assuré une fluidité d'usage et un gain en productivité effectif. Une étude réalisée par McGraw-Hill Construction, permet de dégager les points clés des meilleures pratiques. Elle note que l'apprentissage de « la culture BIM » est un engagement continu, qui demande de tenir une veille, une réactualisation régulière. Parmi les avantages cités des retours d'expérience, on note des améliorations significatives dans l'efficacité de la communication des idées, la qualité technique des bâtiments, la diminution



Exchange of 2D Drawings

IFC/BIM Project Execution

des coûts de construction, le développement d'opportunités de contrat... Olivier Celnik, architecte de l'agence Z. Studio, énonce comme l'un des moteurs du changement, le cadre légal qui se dessine à court terme. Pour lever les freins identifiés auprès de ses confrères, il affirme que le succès de la maquette numérique «tient à 20% dans la technique et à 80% dans l'humain». Il est possible d'intégrer partiellement et progressivement les outils: composer en 3D, ce que propose ArchiCAD depuis près de 25 ans, faire appel à des prestations externes avant de se former, profiter du Cloud pour conserver ses capacités de mémoire... Le BIM étant un processus créatif, il convient de savoir également le doser. Deux écueils basiques sont à éviter: si les logiciels sont de plus en plus intégratifs, il faut savoir ne pas dépasser le champ de sa spécialité. Il faut savoir aussi conserver une part de flou dans le niveau de renseignement des données sous peine de figer le projet, et pouvoir garder la liberté d'inventer ses produits plutôt que choisir du catalogue industriel.

Droit d'auteur de l'œuvre numérique

Cette technologie porte une nouvelle représentation de l'espace, avec des vues maquettes à 360° où il n'existe plus d'angle mort. On ne présente plus seulement l'extérieur du bâtiment, mais un mode immersif tridimensionnel proche du jeu vidéo, proposant des promenades dans des espaces immatériels. Le film

projeté sur écran illustre le phénomène d'instantanéité qui est une attente croissante de la part des maîtres d'ouvrage. Un dernier paramètre induit par la technologie concerne enfin la gestion de la vitesse. Le cas particulier de l'impression 3D est significatif de ce mouvement d'accélération des processus. L'agence Pietri Architectes s'est équipée d'une imprimante de ce type en réponse à une demande de la maîtrise d'ouvrage qui n'était pas tenable par une pratique artisanale. «L'impression 3D utilisée tôt dans le projet favorise la perception et rassure», dit-il. Il qualifie cette voie d'expérimentation comme «un pas ludique mais non vital, qui deviendra une exigence pour le niveau de réalisme qu'il propose en un temps record, bien que le rendu manque de sensibilité».

La production d'images entraîne enfin de nouvelles responsabilités: entre documents papier et numérisation, quelle pièce fera foi auprès des assurances? Un jugement a été rendu en Suisse contre un constructeur de parking qui avait fait abattre des arbres alors qu'il les avait oubliés dans la représentation initiale de sa maquette 3D. Denis Dessus le Vice-président du CNOA pose également la question du «droit d'auteur de l'œuvre numérique – facilement reproductible – et de ses conditions d'usage et d'exploitation». On peut en effet s'interroger sur les moyens de la reconnaissance de la création à l'ère du projet virtuel.

Laure Carsalade

LE BIM

«Le Bim est une manière de travailler permettant une conception, une exécution et une gestion de bâtiments et de biens immobiliers intégrés. C'est un processus de travail et de collaboration entre intervenants d'un projet de construction, reposant sur des outils métiers particuliers permettant la conception et l'exploitation d'une maquette numérique, préfigurant le bâtiment tel que construit et exploité.»

Sources: BIM et maquette numérique, co-direction Olivier Celnik et Eric Lebegue, avec l'aide de Guersandre Nagy, Eyrolles-CSTB,

LA MAQUETTE NUMÉRIQUE

«La maquette numérique est une représentation géométrique en 3D d'un produit (bâtiment, infrastructure, ouvrage d'art, quartier...) qui, associée à un environnement logiciel et matériel, permet de naviguer et interagir avec ses données, pour concevoir ce produit, simuler son comportement physique et pour communiquer auprès des autres acteurs directs, indirects ou influents.»

Source: CSTB

LES BIM D'OR

Le Moniteur lance le prix des BIM d'or qui récompenseront 5 initiatives dans lesquelles le Bim a été mis en œuvre. Un site Internet dédié sera lancé courant avril pour recevoir les candidatures en ligne. La remise des trophées est fixée au 25 septembre, à Paris/ lemoniteur.fr

POUR ALLER PLUS LOIN

- BIM et maquette numérique, co-direction Olivier Celnik et Eric Lebegue, coédition Eyrolles-CSTB, disponible en mai 2014, premier ouvrage en français, 700 pages/bimetaquette numerique.fr

- Association BuildingSmart/buildingsmart.org et sa représentation française, l'association Mediaconstruct/mediaconstruct.fr

- L'association BIM France/bim-france.fr

- Les Ateliers numériques, rendez-vous mensuel le 1^{er} mercredi du mois à la Maison de l'architecture d'Ile de France/lesateliersnumeriques.webnode.com

- Des formations comme l'e-mastère spécialisé BIM et Conception de l'École des Ponts Paris Tech et de l'ESTP de Paris ou le cours de l'université numérique, ingénierie et technologie (UNIT) «maquette numérique et interopérabilité» sont aussi des moyens d'information et de formation.

- EveBIM: plateforme collaborative du CSTB avec Lascom, pour la PLM (project lifecycle management)

- Bim for you: solution en réseau 5 dimensions, incluant les facteurs coûts (4D) et temps (5D)/bim4you.eu

- SimAUD, Symposium on Simulation for Architecture and Urban Design, du 13 au 16 avril 2014 à Tampa, Floride, USA/simaud.org/2014

- ECPPM, European Conference on Products & Process Modeling, du 17 au 19 septembre 2014 à Vienne, Autriche/ecppm.org

DOCUMENT 3

La maquette numérique ou BIM (Building Information Model) au service du développement de l'entreprise artisanale du bâtiment

Posted by Nicolas Digaire, Resp. IEMAB et Arthur-Alexis Martin, Resp. ISMB / AOCDTF

Le BIM (Building Information Model, traduit en français par Bâtiment et Informations Modélisés) ou encore maquette numérique est un fichier numérique qui a pour but de synthétiser l'ensemble des informations constructives d'un bâtiment pour en faciliter le partage entre les différents acteurs du bâtiment : les différents corps de métiers, les bureaux d'études et les cabinets d'architectes. Il permet une visualisation du projet de construction aussi bien dans sa globalité que dans ses détails. Le numérique connaît une évolution fulgurante dans le bâtiment et le BIM peut être comparé à l'arrivée de la DAO (Dessin Assisté par Ordinateur) qui remplaça très rapidement la planche à dessin.

DE QUOI S'AGIT-IL ?

Le BIM référence tous les composants techniques du bâtiment (structure, ossature, ouvrage d'aménagement ; circuits électriques, chauffage, climatisation, ventilation, plomberie,...) et toutes leurs caractéristiques. Les informations techniques et administratives y sont réunies et mises en interaction. Il est ainsi possible de prévenir les éventuels défauts de fabrication du bâtiment, d'optimiser sa gestion et son entretien et de prévenir les éventuelles réhabilitations. La «maquette numérique» permet la modélisation 3D d'un ouvrage et donc la possibilité de générer des plans 2D (coupes et/ou détails) à l'endroit voulu de manière automatique. Le BIM n'est pas un simple rendu 3D. Il va au-delà. En permettant la réalisation d'une synthèse de l'ensemble des données sur un seul support, et donc la visualisation du projet en fonction de l'état d'avancement de sa réalisation, de ses modifications ou encore de son exploitation, le BIM permet d'identifier de manière claire et précise la composition d'un bâtiment, d'en faire une visite virtuelle, de la décomposer et également de simuler et suivre la consommation énergétique. Le BIM permet par conséquent de limiter les erreurs de conception, de diminuer les espaces perdus, de mieux choisir les appareillages (essai virtuel), et de mieux estimer les quantités de produits. Toute modification apportée à un objet se répercutera automatiquement sous forme de notification ou de représentation graphique, sur tous les éléments environnants ayant un lien direct avec ce dernier. Cette représentation aura pour rôle d'alerter le ou les concepteur(s) lors de la phase d'étude, d'un potentiel dysfonctionnement. Pour que les données enregistrées dans le BIM puissent traverser les années et être exploitables aisément, il faut anticiper les besoins de demain et dessiner le bâtiment dans les moindres détails, dans un seul et même fichier. Et justement, le format IFC (Industrial Foundation Classes) des fichiers du BIM a la particularité d'être compatible avec les différents logiciels utilisés dans la construction de bâtiment (logiciel de CAO, d'architecture, ingénieur, logiciels de calculs de structure, simulation thermique, acoustique, gestion des fluides...). Il assure également la hiérarchisation des informations telle que définie par la norme internationale ISO 10303-21 afin de garantir la structuration des données. L'utilisation du BIM implique de disposer d'une base de données complète et à jour pour tous les matériaux et quincailleries utilisés.

L'UTILISATION DU BIM DANS LES ENTREPRISES ARTISANALES DU BATIMENT

La maquette numérique est incontestablement un outil qui permet aux entreprises d'être plus efficaces dans la gestion et le partage des données avec leurs collaborateurs et leurs partenaires. Elle permet d'accélérer les démarches administratives pour leurs clients, et surtout de répondre à certains appels d'offres des marchés publics. Elle leur permet également de se positionner en tant qu'expert en proposant les diagnostics (amiante, plomb, gaz, électrique...) nécessaires et compatibles avec le BIM et constituer ainsi le « socle ressources » de la maquette numérique.

- Aujourd'hui les professionnels de l'artisanat continuent de s'interroger sur l'intérêt de recourir au BIM. Pour les entreprises s'adressant majoritairement à des particuliers, le BIM peut en effet sembler un outil disproportionné.
- Cependant, la maîtrise de cette technique devient importante en vue d'un éventuel développement de l'entreprise : elle permet d'une part de répondre à des appels d'offres publics, et d'autre part d'être en mesure d'assurer la sous-traitance pour des grands donneurs d'ordres.
- De plus, l'utilisation du BIM par l'un des acteurs d'un projet de bâtiment obligera l'entreprise artisanale à s'adapter à une organisation transversale utilisant une même méthodologie et en travaillant sur des données communes.
- Pour adopter le BIM, une formation à l'utilisation de l'outil ou la mutualisation d'entreprises autour d'un cabinet d'étude spécialisé BIM semblent indispensables.

Au chapitre des difficultés de l'adoption du BIM, on trouve le niveau élevé d'investissement en temps (formation) et en équipement (ordinateurs, logiciels et licences à renouveler annuellement). La facture de lancement atteindrait entre 12 500 et 25 000 euros selon les fournisseurs et les organismes de formation. On note également que de nombreux débats ont cours autour de différentes questions, sujets d'inquiétude ou d'agacement :

- la propriété intellectuelle des solutions techniques de construction établies qui, par le libre échange deviennent accessibles à tous, reste posée ;
- la généralisation de l'utilisation du BIM est l'occasion pour les industriels de peser sur les évolutions des normes constructives pour imposer leurs produits comme référence et ainsi exclure les petites entreprises novatrices et contrôler les prix ;
- le partage des informations au travers d'une maquette numérique implique des contraintes supplémentaires pour chaque acteur de la maîtrise d'œuvre comme l'évolution des normes de dessin ou encore l'intégration de l'ensemble des éléments dès la conception ;
- le BIM impose une méthodologie de travail nouvelle, et tout changement rencontre des difficultés lors de sa mise en œuvre.

DES CONTRAINTES REGLEMENTAIRES ET UNE DIFFUSION AMORCEE DU BIM A PRENDRE EN COMPTE

Le Conseil de l'Union Européenne, dans le cadre de la gestion des marchés publics, a adopté le 11 février 2014 l'usage de la « modélisation électronique des données du bâtiment », ce qui se traduit en France par l'obligation, d'ici 2017, d'utiliser le BIM pour les marchés publics de plus de 2000 m². Cette obligation doit permettre d'augmenter la productivité et d'améliorer la gestion du patrimoine immobilier. En effet, les dépenses liées à l'entretien et à la réhabilitation des bâtiments sont actuellement, en moyenne, huit fois supérieures au coût de fabrication. Cette mesure doit en outre insuffler la dynamique nécessaire à l'utilisation de la maquette numérique pour toute construction (public et privée) afin de gérer l'ensemble du parc immobilier et ainsi avoir une meilleure maîtrise des risques, une exploitation mieux adaptée, et une meilleure gestion des performances énergétiques. L'utilisation du BIM est déjà en place dans d'autres pays comme la Finlande, les États-Unis, et le Royaume-Uni. Si ces maquettes sont élaborées et gérées par des personnes spécialisées et qualifiées (BIM modelleur, BIM manager...), les entreprises doivent apprendre à se servir de ce type de fichier, à y transférer leurs informations et à le partager (utilisation de format IFC). La délivrance d'actes administratifs (permis de construire, autorisation de travaux...) pourrait être accélérée si la demande est fournie en BIM, ce qui peut être un plus pour les entreprises utilisant cette technique.

Définition de l'IFC « Industry Foundation Classes » : c'est un format de fichier numérique, orienté objet, donnant un langage commun afin d'échanger et partager des informations entre logiciels utilisés dans le bâtiment. Il a pour objectif principal de favoriser l'interopérabilité des logiciels dans le secteur de la construction.

La semaine

L'ÉVÉNEMENT

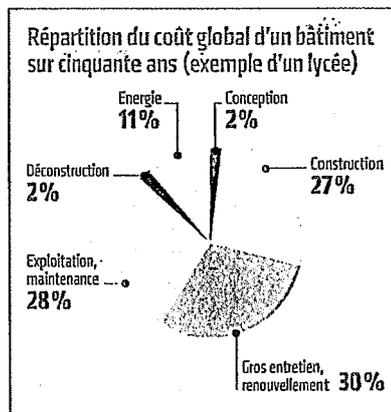
ECONOMIE

Le BIM dope le coût global

Outil de construction et de gestion, le Bâtiment et informations modélisés (BIM) peut se nourrir des données financières d'exploitation pour aborder les ouvrages sous un nouveau jour: celui de la démarche en coût global.

La construction s'apprête-t-elle à une nouvelle révolution industrielle? C'est la question que l'on se pose à la lecture du livre blanc sur la maquette numérique et la gestion patrimoniale (1), et du rapport «BIM et gestion du patrimoine» (2). Les deux ouvrages mettent en avant le Bâtiment et informations modélisés (*Building Information Model*) promis à un bel avenir et qui suscite un regain d'intérêt depuis que Cécile Duflot, ex-ministre du Logement, a annoncé, le 21 mars, qu'il sera obligatoire dans les marchés publics d'Etat à partir de 2017 («Le Moniteur» n° 5756 du 21 mars 2014). L'objectif est simple: gagner en performance, en qualité et réduire les coûts.

Au Royaume-Uni, l'obligation de recours au BIM programmée pour 2016 vise à réduire de 20% les coûts grâce à l'ingénierie collaborative et à une meilleure gestion des délais. A la fois base de données 3D, outil d'ingénierie concurrente et de process de production, le BIM apporte une nouveauté révolutionnaire: il est un formidable outil, à la fois de



La conception représente environ 2% du coût global d'un bâtiment (investissement + exploitation + recyclage) tandis que la construction en représente un peu plus d'un quart. 80% des coûts d'exploitation seraient déterminés par les premiers 20% engagés. Le coût global fait entrer le bâtiment dans une nouvelle économie.

construction et d'exploitation des bâtiments. Et c'est là que se situe son modèle économique, en particulier pour les opérations de taille modeste. Cela ne va pas sans rappeler une démarche similaire initiée il y a une trentaine d'années et qui peine à s'imposer dans le secteur de la construction: le coût global. Ce dernier prend en compte des coûts d'investissement initiaux, d'exploitation et de recyclage du bâti. Il s'agit pour cette démarche de développement durable de faire basculer le bâtiment dans une nouvelle économie: celle des choix de conception opérés en fonction de l'usage attendu du bâtiment dans une période donnée (trente ans par exemple). Sans être totalement nouvelle, cette approche des maîtres d'ouvrage accompagnés par leurs concepteurs est restée jusqu'ici parcellaire, voire essentiellement intuitive. BIM et coût global procèdent d'une vision similaire: faire entrer la construction et l'exploitation sous le même toit, à des fins économiques et de performances dans une démarche quasi industrielle.

L'EXPERT

«Le BIM facilite les simulations financières»



VALENTIN BESNAS, chargé de développement chez Axeo FM, spécialisée dans l'ingénierie du *facility management* et les services immobiliers.

«Le BIM est une base de données graphiques, techniques et économiques, inégalée. Elle permet d'obtenir très rapidement les quantitatifs fiables d'un ouvrage projeté et, associée à une base de données de prix, d'établir instantanément son estimation au plus proche de la réalité, c'est-à-dire avec un minimum d'écarts pour les phases chantier et exploitation. Or, maîtriser ses quantités, c'est maîtriser ses contrats de maintenance. Mais le BIM est aussi un outil pour opérer, lors de la conception, les choix économiques les plus pertinents au regard des coûts d'exploitation. Les simulations faciles à réaliser permettent de multiplier les scénarios afin, par exemple, d'optimiser les performances thermiques du bâtiment et d'en comparer les coûts. Ce qui peut représenter un surcoût lors de la conception peut s'avérer extrêmement économique à l'usage. Le BIM, c'est également réduire des aléas du terrain et faire des choix impactant favorablement la vie de l'ouvrage.»

Le cœur des échanges

En réalité, l'interface entre les deux phases de la vie d'un bâtiment est restée le plus souvent problématique. Les dossiers des ouvrages exécutés (DOE) et d'intervention ultérieure sur l'ouvrage (DIUO) demeurent les parents pauvres des opérations de construction. Au moment du transfert de l'ouvrage entre constructeurs et gestionnaires ou syndics, beaucoup d'informations sont perdues. Le BIM, avec sa base de données, facilite cette interface et constitue désormais le cœur des échanges entre ces deux univers qui, jusqu'ici, s'ignoraient trop souvent. Pourtant, les constructeurs ont beaucoup à apprendre de l'usage (de l'usage...) des bâtiments, et les gestionnaires des spécificités des ouvrages dont ils assurent l'administration et l'entretien. Disons-le simplement: un acheteur dispose aujourd'hui de plus d'informations sur sa cafetière que sur l'appartement qu'il acquiert. Pourtant, les montants en jeu n'ont rien à voir, et 80% des coûts d'exploitation, de maintenance et de recyclage d'un bâtiment sont déterminés dans les premiers 20% des coûts

Une démarche encore méconnue

Pour les professionnels interrogés par la rédaction du « Moniteur », les avantages du « coût global » résident essentiellement dans l'anticipation, la maîtrise des consommations et les choix de produits adaptés à l'usage. La méthode du coût global permet de déterminer les bénéfices futurs grâce aux investissements d'aujourd'hui. Elle facilite la prédiction de la maintenance et de l'entretien des bâtiments et encourage la prise en compte de l'intérêt des utilisateurs finaux. En revanche, les obstacles qui freinent l'adoption du coût global sont nombreux. Pour 80% des personnes

interrogées par « Le Moniteur », le manque d'expertise des professionnels sur les coûts d'exploitation et de recyclage constitue la principale difficulté à cette démarche de développement durable. L'absence de retours d'expériences sur cette nouvelle pratique et la méconnaissance de la méthode ne facilitent pas sa diffusion. Pour les personnes interrogées, les facteurs clés de la prise en compte de cette démarche encore rarement mise en œuvre sont l'obligation réglementaire, l'indéniable avantage financier et la solide formation des professionnels de la construction.

MÉTHODOLOGIE

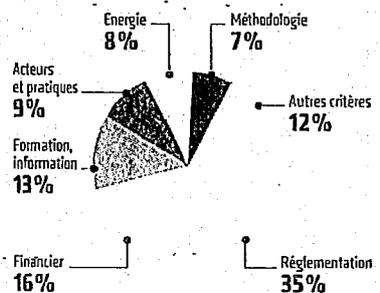
Enquête réalisée par « Le Moniteur » auprès de 776 professionnels de la construction (263 répondants dont 89 maîtres d'œuvre, 43 maîtres d'ouvrage, 43 entrepreneurs, 35 sociétés de services, 15 industriels... parmi lesquels 15% se disent utilisateurs au moins partiellement du coût global). Questions posées par courriels.

Freins à l'adoption du coût global

	0%	20%	40%	60%	80%	100%
Manque de retours d'expérience		101		121		30/47
Manque d'expertise sur les coûts d'exploitation et recyclage		88		135		29/66
La pratique même des coûts d'investissement et coûts d'exploitation		87		111		42/112
Mission non demandée		86		111		40/111
Absence d'obligation réglementaire		80		89		63/104
Méconnaissance de cette approche		78		138		36/106
Complexité de cette approche		74		104		72/87
Manque de méthodes, de normes, de conventions et de référentiels		72		130		44/91
Absence de formation professionnelle		57		134		50/129
Difficultés de prédire la durée de vie des produits et des équipements		53		110		76/106

Tout à fait d'accord Plutôt d'accord Plutôt pas d'accord Pas du tout d'accord Ne se prononce pas

Facteurs décisifs qui permettraient de généraliser la mise en œuvre de l'approche en coût global des bâtiments



investis (3). « Alors pourquoi le coût global n'est-il que très rarement mis en œuvre ? s'interrogent Catherine Charlot-Valdieu et Philippe Outrequin, auteurs de « Coût global des bâtiments et des projets d'aménagement : mode d'emploi » (4). Parce que le passage à l'acte est surtout lié à la volonté politique du maître d'ouvrage d'intégrer dans ses cahiers des charges une obligation de calcul en coût global assortie d'une méthode de calcul. » Le coût global serait également freiné par des obstacles culturels de poids : une démarche-projet qui n'est pas encore dans la culture des gestionnaires, une absence de transversalité entre service gestion et service projets, qui pousse au choix du moins-disant, une culture de fractionnement des réglementations et des modes d'organisation que l'on retrouve également comme frein au développement du BIM avec le séquençage du processus de production d'un bâtiment.

Révolution culturelle

Une révolution, plus culturelle que technique, serait donc indispensable. Elle viendra peut-être de la crise actuelle : le renchérissement de l'énergie et la baisse de la solvabilité des

collectivités locales comme des ménages questionnent les pratiques. « On va tout droit vers un relèvement des exigences de garanties de performance », assure François Pèlerin, architecte. L'obligation de résultat s'affirme avec son cortège de labels et de certifications. Nul doute que l'obligation de tenir des objectifs de performance de consommations dans le temps relèvera, à terme, d'exigences réglementaires. Maintenir les bâtiments, pendant dix, vingt ou trente ans, au niveau de leurs performances de livraison ne sera alors plus un tabou. La culture de l'immédiateté et du zapping trouverait ici ses limites. L'économie en coût global encourage des surcoûts d'investissement pour des gains conséquents de consommation d'énergie et d'eau. Une démarche pas forcément nouvelle mais qui reprend du sens à l'heure où l'argent se fait rare. Le coût global, démarche économique plus que financière, serait le gage d'une gestion responsable dans un contexte de refonte des financements publics où chaque euro compte. A plus long terme, on peut s'interroger sur le poids de l'entretien et la maintenance que nous

céderons aux générations futures par rapport aux besoins présents. Comme pour le coût global, le BIM tend à effacer la rupture entre constructeur et gestionnaire. Comme pour le coût global, le principal bénéficiaire est le maître d'ouvrage/propriétaire et exploitant de son parc immobilier. Dans les deux cas, il s'agit d'anticiper et de maîtriser l'information : « Correctement exploitées – à jour, accessibles et partageables –, les données ont d'autant plus de valeur qu'elles n'ont pas besoin d'être indéfiniment ressaisies », renchérit Pierre Mit, président de l'Union nationale des économistes de la construction. Des bailleurs sociaux, régions, grands propriétaires de parc immobilier se dotent actuellement de systèmes informatiques BIM-compatibles avec des premiers retours sur investissement d'environ deux ans (lire (1)). Pour le groupe de travail du plan bâtiment durable, la maquette numérique est rentable à l'échelle du coût global et n'a pas besoin d'une nouvelle rémunération des acteurs. A la clé des premiers retours d'expériences, le BIM facilite en particulier le reporting financier, les démarches d'obtention de labellisation, (1000)

► Economie Le BIM dope le coût global

(100) L'évaluation de la durabilité des actifs, le dimensionnement des contrats d'entretien, l'obtention de documentation de qualité avec schémas (vues en 3D, éclatés), la programmation de l'entretien, le changement de pièces répertoriées, l'affichage des consommations « et des vues-métier qui permettent à chaque professionnel de ne voir que ce dont il a besoin pour travailler », complète Pierre Mit.

L'information crée de la valeur

D'autres facteurs entrent en scène et qui plaident en faveur de la prise en compte conjointe des démarches BIM et coût global: obligations de diagnostic réglementaires et carnet de santé du bâti (plomb, amiante, assainissement...). Ces derniers réclament désormais une gestion rigoureuse conditionnée par de lourdes responsabilités. Enfin, cette gestion nécessite d'organiser les remontées de données patrimoniales pour que les concepteurs les intègrent dès le départ.

En somme, le BIM relance le coût global dans lequel il trouve également son modèle économique. Ici, deux mondes – les constructeurs et les gestionnaires – partagent peu à peu la même culture de performance et de projet au service d'un utilisateur. « C'est le sens dans lequel évolue la future Réglementation bâtiment responsable (RBR 2020), qui vise à qualifier le bâtiment sur une base multicritère et non plus seulement énergétique », poursuit François Pélegrin.

Les gisements d'économie cités par le livre blanc sont éloquentes: jusqu'à 20% d'économies sur les coûts de construction à qualité et performance équivalentes, et jusqu'à 7% des budgets travaux d'entretien et de maintenance du parc immobilier des bailleurs. Au point que l'Europe s'en mêle et demande aux Etats de s'emparer rapidement du BIM. Ce qui se pratique empiriquement aujourd'hui ne résiste pas à l'attrait du numérique qui n'a pas fini de bousculer les pratiques professionnelles. ■ Dominique Errard

(1) Livre blanc sur la maquette numérique et la gestion patrimoniale: « Préparer la révolution numérique de l'industrie immobilière » (avril 2014).

(2) Rapport du groupe de travail BIM et gestion du patrimoine « Un avatar numérique de l'ouvrage et du patrimoine au service du bâtiment durable: le bâtiment et informations modélisés (BIM) » (mars 2014).

(3) Calcul en coût global: objectifs, méthodologie et principes d'application selon la norme ISO/DIS 15686-5 (février 2009), Meddat/CGDD/Seei.



(4) « Coût global des bâtiments et des projets d'aménagement: mode d'emploi », par Catherine Charlot-Valdicu et Philippe Outrequin, Editions Le Moniteur (2013), 45,55 euros.

L'EXPERT

« Il faut abandonner la conception séquentielle telle qu'elle existe »



JEAN-YVES BRESSON, gérant d'Almedea, assistant pour la mise en œuvre de systèmes d'information immobiliers.

« Pour que le BIM tienne ses promesses en matière de coût global, il faut abandonner la conception séquentielle des bâtiments. Cela impose, par exemple, de faire évoluer la loi MOP et de passer à des ingénieries de conception, de construction et d'exploitation totalement concurrentes. C'est le préalable à la prise en compte de l'ingénierie d'exploitation des bâtiments en phase de conception. Cela signifie que l'exploitant, qui aujourd'hui porte 70% des coûts de non-qualité, est capable d'exprimer ses attentes en faisant remonter ses Informations patrimoniales. Sans l'implication des propriétaires immobiliers, et des gestionnaires qui les accompagnent, le BIM sera difficilement la norme pour les projets courants. Par ailleurs, le neuf ne représente que 1% du renouvellement du parc immobilier. C'est sur la rénovation que les propriétaires doivent porter l'essentiel de l'effort: l'investissement d'acquisition, de structuration et de partage des données d'un bâtiment ne représente que 1 à 5% des coûts d'une année de dépenses techniques. Le retour sur investissement pour le propriétaire n'est que d'un à trois ans (sur les flux de dépenses techniques récurrentes, ponctuelles et de productivité). Enfin, les gains sont conséquents: environ 8% sur la maintenance et 10 à 15% sur les coûts de réhabilitation. »

L'EXPERT

« Le BIM ne fonctionne pas sans l'entretien des données »



DAVID SINNASSE, ingénieur méthodes bâtiment durable, cluster Eco-Habitat Poitou-Charentes (réseau de la construction, de la réhabilitation et de l'aménagement durables).

« Le BIM est une opportunité pour la prise en compte du coût global. En phase d'études, la souplesse de l'outil facilite le croisement des problématiques de la construction: confort thermique ou acoustique, structure, éclairage naturel, conception bioclimatique... Bien qu'étant un produit unique, un bâtiment reprend souvent des solutions techniques éprouvées dont les enseignements sur le terrain sont connus: on peut rentrer dans une logique d'amélioration continue. Grâce à une bonne méthodologie transversale, il est possible de maîtriser le coût de construction et préparer la vie du bâtiment. En phase d'exploitation, les propriétaires de parcs immobiliers (bailleurs sociaux, institutions, collectivités...) doivent maintenir le BIM à jour sans quoi il perd son principal intérêt. Si les retours d'expériences sont encore assez peu nombreux en France, des gains sont souvent constatés et il reste au maître d'ouvrage à s'approprier les données et l'outil pour rentrer dans une logique de coût global. Enfin, les concepteurs et gestionnaires doivent imposer leur vision "métier" dans la conception des logiciels de BIM pour faciliter l'appropriation par les praticiens de ce nouvel outil. »

Technique & Chantier

ENQUÊTE

PATRIMOINE

Le BIM au service de la gestion de l'existant

Souvent utilisée en conception, la maquette numérique ou BIM permet aussi de connaître et d'organiser la vie en œuvre d'un patrimoine, à condition de garder les données à jour.

« **L**a méconnaissance du patrimoine a un coût, qui a été estimé à 2 euros/m² par an par l'association Building Smart International », souligne Benoît Vervandier, directeur général du groupe Archimen. Spécialisée dans l'ingénierie de la construction, la société réalise aussi 20% de son chiffre d'affaires dans la gestion technique de patrimoine immobilier à travers son logiciel de maquette numérique Activé 3D. Ce dernier équipe le conseil régional de Bourgogne (CRB) depuis dix ans. La région vient, en effet, de finaliser les levées et la numérisation de ses lycées; soit 900 bâtiments qui représentent 1,5 million de m². « Nous connaissons les surfaces de façon approximative, mais sans leurs affectations », se souvient Michèle Bransolle, chargée de gestion du patrimoine au CRB. Après plusieurs appels d'offres, la collectivité dispose d'une base de données Building Information Model (BIM). Une première étape qui s'est achevée l'an dernier pour un budget total de 2 millions d'euros TTC.

Une base de données qui s'enrichit

L'enjeu à présent est de faire vivre cette base de données. Ce qui est justement l'une des difficultés mise en évidence par le groupe de travail BIM et gestion du patrimoine du Plan bâtiment durable. « Afin qu'elles puissent être mises à jour, il est important

de leur éviter le même sort que celui des dossiers des ouvrages exécutés (DOE), souvent oubliés ou perdus », rappelle Pierre Mit, président de l'Union nationale des économistes de la construction (Unéc) et copilote du groupe de travail. « Dans ce contexte, la maquette numérique et l'idée selon laquelle la donnée a une valeur peuvent faciliter les missions des gestionnaires de patrimoine », poursuit-il. Le groupe de travail dont les travaux seront dévoilés prochainement a réuni les producteurs de données (maîtres d'œuvre, géomètres, industriels...), les utilisateurs (gestionnaires, assureurs, bureaux de contrôle...) et les éditeurs de logiciels afin d'identifier les besoins et les enjeux pour chaque métier. Outre la maintenance, le travail en BIM permet aussi, grâce aux scanners 3D, de reconstituer les données inexistantes des bâtiments anciens. C'est ce que fait le cluster Eskal Eureka à Biarritz à travers une société à actions simplifiées, propriétaire du scan 3D. L'appareil avec laser incorporé balaie une zone à 360° suivant la précision souhaitée. Le nuage de points ainsi obtenu est ensuite recollé avec les photos panoramiques. Après traitement, les données collectées sont accessibles à tous les acteurs du chantier via une plateforme Web, ce qui facilite l'organisation précise des travaux, voire la préfabrication de certains éléments en atelier.

■ Julie Nicolas

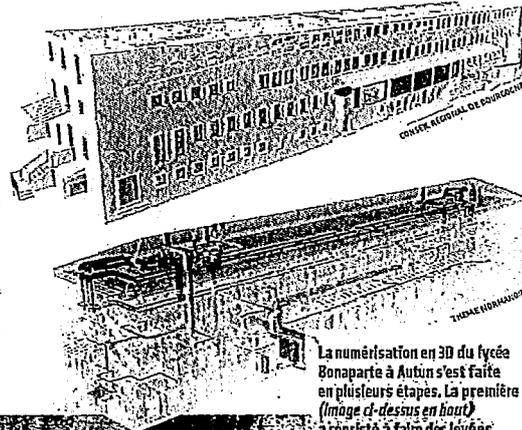


LE MONITEUR - 21 mars 2014

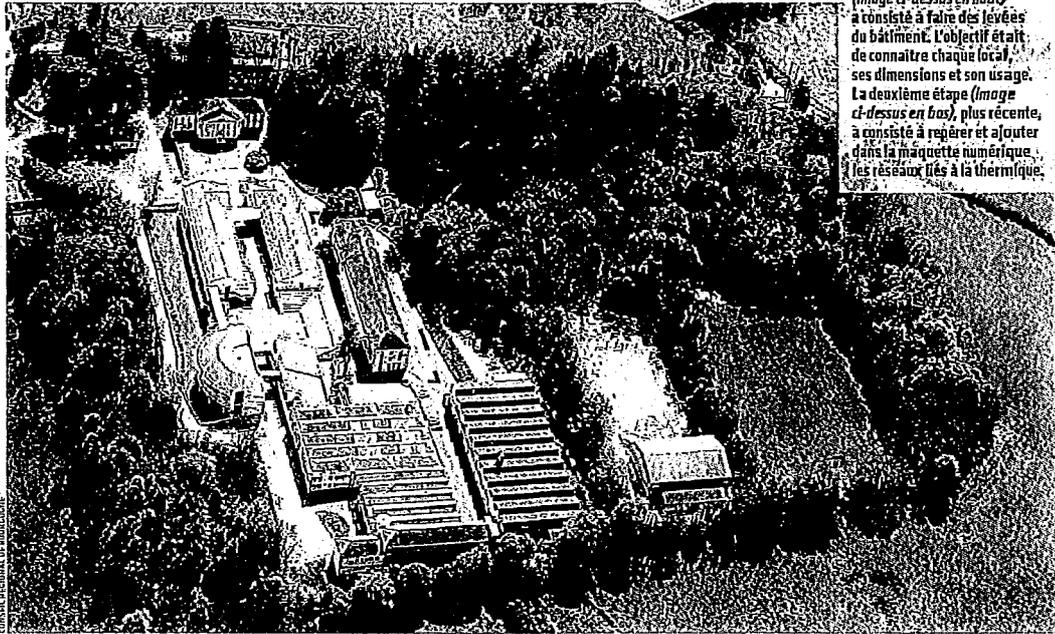
BOURGOGNE Optimiser la thermique grâce au BIM

« Numériser et connaître précisément les 900 bâtiments qui constituent nos lycées a demandé dix ans de travail », explique Hervé Noël, directeur technique du conseil régional de Bourgogne (CRB). A présent, il est évident que ces opérations ne constituent qu'une première étape. « Afin de faire vivre cette base de données, nous mettrons nos maquettes numériques à disposition des bureaux d'études et des architectes. En retour, nous imposerons un document des ouvrages exécutés au format IFC (voir glossaire). » Pour fixer cette imposition, le CRB a, au préalable, réalisé des tests de faisabilité. En l'occurrence, les bureaux d'études Thème

Normandie et LP Energies ont numérisé les réseaux de chauffage, de ventilation, d'eau chaude sanitaire, etc. de deux bâtiments sur les sites du lycée Bonaparte, à Autun, et du lycée Montchapet, à Dijon. Si chaque bureau d'études a utilisé sa méthode, le résultat final est comparable: visualiser les différents réseaux de gaines techniques, la position des yannés, etc. permet de voir comment les rénover. « Les logiciels recalculent automatiquement les diamètres en fonction des débits demandés », indique Thibault Maïsson, chef de projet BIM à la direction technique. C'est le moyen d'optimiser le système en attendant les travaux plus importants.



La numérisation en 3D du lycée Bonaparte à Autun s'est faite en plusieurs étapes. La première (image ci-dessus en haut) a consisté à faire des levées du bâtiment. L'objectif était de connaître chaque local, ses dimensions et son usage. La deuxième étape (image ci-dessus en bas), plus récente, a consisté à repérer et ajouter dans la maquette numérique les réseaux liés à la thermique.



GLOSSAIRE

• **BIM (Building Information Model)** ou modèle d'information de construction, est aussi une représentation 3D qui va plus loin que la simple modélisation d'un bâtiment. C'est une base de données techniques, un ensemble structuré d'informations sur un bâtiment, existant ou en projet.

• **Mode objet**: le BIM contient les objets composant le bâtiment, leurs caractéristiques et les relations entre ces objets. Ainsi, la composition détaillée d'un mur, la localisation d'un équipement ou d'un élément de mobilier dans une pièce font partie du BIM. De nombreuses relations entre objets sont décrites.

• **IFC (Industry Foundation Class)**: ce format de fichier orienté objet est utilisé par l'industrie du bâtiment pour échanger et partager des informations entre logiciels. Ce standard est né de l'initiative de Building Smart International associant des entreprises de la construction et des éditeurs de logiciels. Cette organisation se divise en chapitres nationaux. La branche française est Mediaconstruct.



BIM (*Building information modeling*)

Introduction à la modélisation des données du bâtiment

Le monde de la construction fait face aujourd'hui à des projets de plus en plus complexes assortis d'exigences en matière de développement durable, de budgets de plus en plus réduits et de délais toujours plus courts. Y est impliquée une multiplicité d'intervenants dont la collaboration et la communication ne sont pas aussi efficaces qu'elles pourraient l'être. Le *Building information modeling* (BIM) peut aider à faire face efficacement à une telle situation.

Aujourd'hui, le BIM est un mot à la mode dont l'usage, parfois à tort, a créé la confusion sur sa signification exacte. Ainsi entend-on dire, à l'international, que l'adoption du BIM se développe, que certains pays l'ont rendu ou sont en train de le rendre obligatoire.

Le Parlement européen a adopté à la mi-janvier 2014 une directive recommandant l'utilisation de processus numériques comme le BIM dans les marchés publics. En France, une certaine effervescence se manifeste autour du BIM et de fait ce dernier commence à apparaître dans les appels d'offres.

À travers ce Cahier pratique, nous allons tenter d'éclairer le lecteur sur le BIM ; de lui permettre de comprendre les raisons qui font que dans le BIM se trouve la réponse adéquate à des enjeux majeurs tels que construire un environnement durable ; de montrer que celui-ci n'est pas qu'un simple effet de mode ; d'en aborder les concepts, potentiel et implications ; de lever l'ambiguïté liée parfois à l'usage mal approprié du terme BIM et de fournir aux acteurs concernés des éléments qui permettent de juger de la pertinence de son adoption.

Anis Naroura

Architecte BIM manager certifié à Singapour, membre fondateur, vice-président de BIM France, consultant freelance depuis 14 ans dans le secteur du bâtiment.

(Illustrations : Ursula Bouteville)

1 - CONTEXTE

La consommation d'énergie figure parmi les grandes préoccupations de notre époque (Fig. 1). La cause en est son impact énorme sur l'environnement, en raison de sa participation directe au réchauffement climatique. Les perspectives d'une démographie croissante, la rareté de l'eau et l'épuisement des énergies fossiles non renouvelables ne font que renforcer cette préoccupation. L'industrie du bâtiment participe à cette consommation énergétique d'une manière non négligeable.

En effet, des études ont révélé qu'aux États-Unis 38 % des émissions de carbone viennent du secteur du bâtiment, 72 % de l'énergie totale est consommée par ce même secteur, 37 % de l'ensemble des matériaux de construction sont finalement transformés en déchets.

En France, le bâtiment est responsable d'environ 40 % de l'énergie consommée (Fig. 2) et de 25 % des émissions de gaz à effet de serre (GES) – dioxyde de carbone (CO₂) essentiellement (Fig. 3).

Figure 1. Consommation en kilowattheures d'énergie primaire par rapport à la surface hors œuvre nette (Shon) et incluant chauffage, rafraîchissement, ventilation et eau chaude sanitaire (Source : Guide AITF).

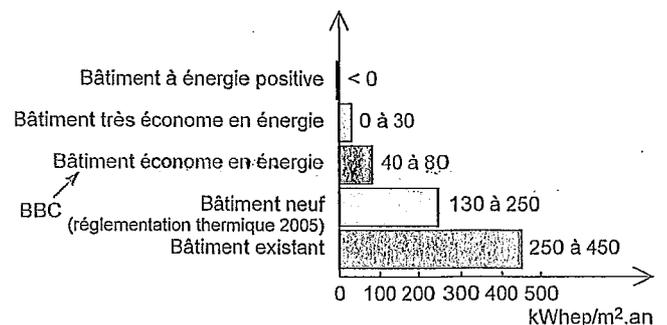


Figure 2. Contribution de chaque énergie aux émissions de CO₂ liées au chauffage des bâtiments résidentiels et tertiaires en France métropolitaine (Source : SOeS d'après Ceren).

Données corrigées des variations climatiques (%)						
	1990	1995	2000	2005	2009	2010
Gaz hors GPL	36	42	47	52	57	59
Fioul	52	48	45	42	38	36
Gaz de pétrole liquifié (GPL)	2	3	3	3	2	2
Charbon	10	7	5	3	3	3

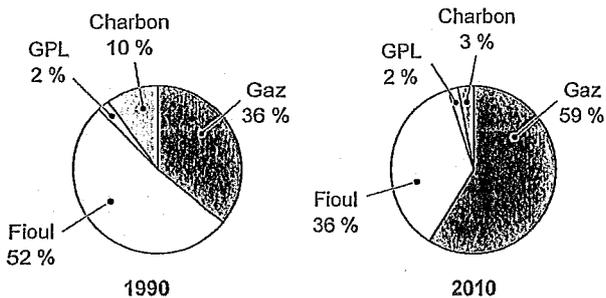
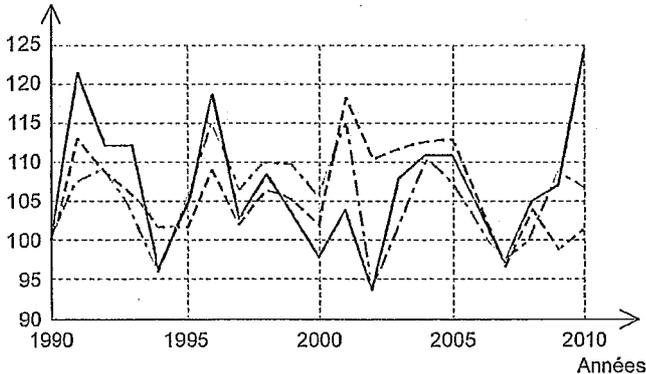


Figure 3. Émission de gaz à effet de serre (GES) dus à l'énergie des autres secteurs en France, DOM inclus (Source : Citepa, juin 2012, et SOeS, d'après Météo-France).

En Mt CO₂eq.

	1990	2000	2005	2009	2010	2010/1990
Total	100,6	104,0	111,5	102,7	103,2	+3 %
dont :résidentiel	60,6	61,7	68,4	59,9	61,4	+1 %
tertiaire (hors BTP)	29,1	30,7	31,2	31,7	31,1	03

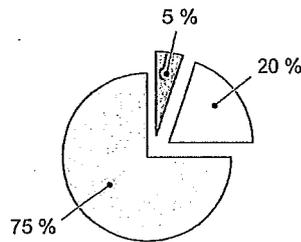
Indice base 100 en 1990



Depuis, des études ont été conduites, des démarches nouvelles (Grenelle de l'environnement) et des actions législatives et réglementaires (RT 2012) ont été entreprises, des labels (HQE, BBC, Effinergie, LEED, BREEAM, etc.) ont été créés, des normes et des solutions techniques ont été mises en place avec l'objectif de construire de manière durable. Nous voulons que nos bâtiments, neufs ou réhabilités, soient plus écologiques, plus confortables et moins énergivores. Cependant, mêmes si elles répondent à des exigences de qualité, ces solutions restent orientées vers la qualité globale de l'ouvrage construit ; aucune ne traite ni ne remet en cause directement le processus qui a conduit à sa construction. Or il y a matière à optimisation (Fig. 4, Fig. 5).

Le BIM trouve là toute sa signification et tout son intérêt ; il peut nous aider dans notre quête de qualité et de durabilité. Sans une bonne compréhension du BIM, sa terminologie, sa technologie, son fonctionnement et surtout ses modes d'utilisation, il est difficile d'apprécier ses avantages.

Figure 4. Répartition moyenne des types de coût sur le cycle de vie d'un bâtiment tertiaire, hors foncier et frais financiers (Source : Miqcp, *Ouvrages publics et coût global*).



- Études et assistance
- Construction
- Exploitation et maintenance technique

Figure 5. Cycle de vie immobilier - durées relatives des phases (Source : Miqcp, *Ouvrages publics et coût global*).

- Phase préalable
- Programmation
- Étude de conception
- Travaux
- Mise en service
- Exploitation (sur 30 ans)

Nous avons pris conscience, à l'échelle mondiale, de l'impact néfaste de ce modèle de consommation sur l'environnement, qui laisse présager un avenir incertain pour les populations futures, et de la nécessité d'en changer.

2 - BIM : CE QUE CACHE LE SIGLE

Les Américains réclament la paternité de ce sigle et font remonter son premier usage à l'année 2002 dans une tentative de description, par l'analyste Jerry Laiserin, de la conception et la construction virtuelles.

Le BIM de chaque projet de construction est unique, si bien qu'il est difficile de le cerner et de l'englober dans une seule et unique définition.

Plusieurs définitions du BIM existent, pouvant être synthétisées de la manière suivante : le BIM est une compilation structurée et ordonnée d'informations relatives à un ouvrage de construction projeté, servant à simuler ses caractéristiques physiques et fonctionnelles.

Cette compilation peut être partagée et enrichie par les différentes parties prenantes du projet de construction. On parle souvent de maquette numérique ou de base de données, pouvant être exploitée de différentes manières, à de multiples fins et à différentes phases du cycle de vie du bâtiment allant de sa planification, sa conception, sa construction, son exploitation et jusqu'à sa démolition/reconversion.

Outre l'information relative à la géométrie, cette base de données véhicule l'information requise pouvant servir aussi bien à la génération de documents de visualisation en 3D (plans, coupes, etc.), qu'au calcul de la consommation énergétique de l'ouvrage, ou encore à dresser son bilan thermique, voire à la simulation du comportement de sa structure porteuse.

Le BIM possède plusieurs facettes, et le même terme est utilisé pour parler de chacune, ce qui a fait naître une certaine confusion dans les esprits :

– BIM pour *Building information model* : il s'agit de la base de données décrite ci-avant ; ce peut être un modèle unique ou l'agrégation de plusieurs : on parle alors de master BIM ou de modèle fédéré ;

- BIM pour *Building information modeling* : c'est l'ensemble des processus et méthodes utilisés pour organiser et structurer l'information sous forme de modèle exploitable dans un but prédéterminé ;
- BIM pour *Building information management* : renvoie à la manière de gérer et d'échanger de façon fiable les flux de données indispensables aux usages du BIM.

REMARQUE

Le terme « maquette numérique » ne peut définir à lui seul le BIM, si ce n'est pour désigner le modèle numérique, c'est-à-dire la base de données.

Le BIM est donc le processus par lequel sont créées, enrichies, maintenues et exploitées toutes les données nécessaires à la construction d'un projet de bâtiment ou d'ouvrage d'infrastructure, et est capable de couvrir l'ensemble des étapes du cycle de vie du bâtiment ou de l'ouvrage construit (Fig. 6).

Un tel processus implique un rapprochement et une étroite collaboration des différentes parties prenantes ainsi qu'une gestion efficace de l'information nécessaire au projet de construction.

L'objet du BIM est de « construire » avant la construction, de simuler virtuellement l'édification d'un ouvrage afin d'optimiser son coût, son planning, sa qualité et sa construction au moyen d'une meilleure gestion et d'une minimisation des risques très en amont, dans les premières phases du projet, avant d'arriver sur le chantier où les modifications sont plus coûteuses, créant ainsi des ouvrages à forte valeur ajoutée.

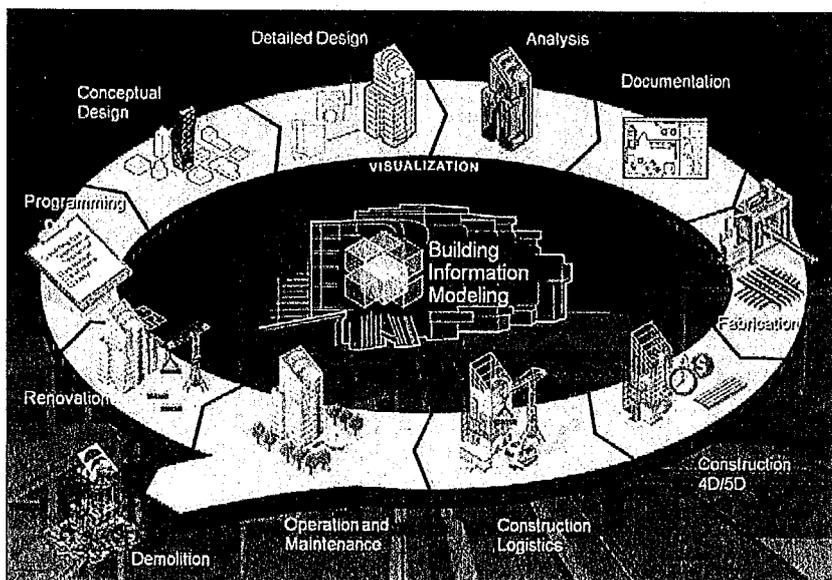


Figure 6. Usages du BIM à travers le cycle de vie d'un ouvrage de construction (Source : Autodesk).

3 - BIM : UNE NOUVELLE TECHNOLOGIE POUR UNE REPRÉSENTATION EN 3D ?

Avec l'avènement du dessin assisté par ordinateur (DAO ou CAD : *Computer-aided design*), les logiciels 2D et 3D ont permis d'optimiser considérablement la production de documents jusqu'alors manuelle.

Ces logiciels ont mimé et transposé, dans le monde digital des ordinateurs, les pratiques des dessinateurs sur planche à dessin.

Ils permettent de représenter les mêmes entités graphiques telles que lignes, arcs, cercles et autres courbes, de les ranger dans des couches différentes, ce qui facilite leur manipulation.

Ils permettent également de superposer plusieurs fichiers dans le but de contrôler la cohérence de leur contenu ou d'en faire la synthèse.

Cependant, ces entités graphiques ne véhiculent aucune intelligence de quelque nature que ce soit et ignorent mutuellement leur existence et leur état.

S'il est vrai que ces logiciels, par le biais de notions telles que calques ou blocs, montrent une certaine efficacité dans la manipulation du contenu des dessins qu'ils permettent de produire, ces derniers restent disjoints, induisant ainsi de fastidieuses et lourdes opérations de mise à jour, le cas échéant.

L'architecte recourt souvent à l'image de synthèse comme moyen supplémentaire participant, avec les autres dessins 2D, à documenter et illustrer ses intentions de conception.

Ces images sont rendues à partir de modèles 3D, généralement peu précis pour ce qui est de leur construction géométrique, car construits uniquement dans le but de rendre un ou quelques points de vue choisis du projet.

Les modèles 3D sont déconnectés des documents 2D qui ont servi à leur modélisation, ce qui oblige, pour garder un minimum de cohérence entre les deux, à reconstruire tout ou partie du modèle 3D en cas de modification majeure de conception. C'est un processus long et coûteux, plus particulièrement lorsque la modélisation 3D est externalisée. Cela impliquerait presque de ne recourir à l'image de synthèse qu'après avoir plus ou moins défini la conception, afin d'en limiter les modifications et donc le coût.

Le BIM se différencie de la 3D classique par des caractéristiques telles que l'objet paramétrique, l'attribut et la contrainte. C'est-à-dire que l'utilisateur ne manipule plus de simples lignes géométriques mais des objets intelligents.

Par objet on désigne tout composant tel que mur, porte, toit, etc. qui, outre sa géométrie, véhicule de l'information le caractérisant précisément.

Un objet peut contenir dans des attributs l'information servant à son identification, à décrire ses performances, sa constitution, son installation et sa maintenance, c'est-à-dire toute information importante non visible par opposition à sa géométrie, qui peut l'être.

Exemple

Un mur n'est pas seulement décrit par sa longueur, sa hauteur et son épaisseur ; il est décrit par le nombre, la nature et l'épaisseur des couches qui le composent.

L'intelligence fait référence au comportement de l'objet. Les objets sont capables de reconnaître leur environnement et adoptent un comportement en fonction de ce dernier.

Exemple

Une fenêtre « sait » qu'elle doit être insérée dans un mur et le mur qui la reçoit « sait » qu'il doit créer une ouverture pour cette fenêtre. Un mur sous un toit courbe « sait » suivre la courbe de ce toit.

Par paramétrique on désigne la capacité d'un objet à changer sa géométrie, son apparence, son comportement par la simple action sur l'un des paramètres qui le caractérisent. Un paramètre peut être la longueur ou la hauteur.

Exemple

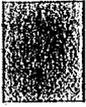
Un objet du type table et chaises inséré dans le projet est en mesure d'augmenter ou de réduire le nombre de chaises en faisant uniquement varier la longueur de la table.

Contrairement au CAD, le BIM possède un contenu pouvant être interrogé et exploité de différentes manières.

On peut extraire à la volée des tableaux de surfaces, des nomenclatures de portes ou autres, utiliser le modèle analytique pour la simulation du comportement de la structure porteuse à des fins de dimensionnement et générer des vues 3D instantanément.

Une fois l'information correctement modélisée, il suffit de choisir la forme sous laquelle on veut l'exploiter.

La 3D n'est plus une étape supplémentaire dans le processus : elle est disponible à tout moment et joue un rôle d'aide à la conception.



4 - CE QUE N'EST PAS LE BIM

Différents logiciels sont capables de faire de la modélisation volumique (3D) et surfacique (2D), mais tous ne sont pas capables de créer des modèles BIM.

N'est pas BIM :

- le modèle contenant uniquement des volumes 3D sans attributs ; généralement destiné à des fins de visualisation, il n'est pas propice à la simulation ;
- le modèle contenant des objets non paramétriques incapables d'ajuster leur proportion ou positionnement car dénués de toute intelligence, ce qui rend les changements extrêmement laborieux ;
- le modèle composé de fichiers ou entités 2D ;
- le modèle permettant des modifications dans une vue qui ne sont pas automatiquement répercutées dans les autres vues.

5 - POTENTIEL DU BIM

5.1 - BIM et bâti existant

Aujourd'hui, le scanner laser 3D permet de capturer l'existant sous forme de nuage de points (Fig. 7) en quelques minutes, avec une précision pouvant aller jusqu'à ± 2 mm pour une portée dépassant les 300 mètres.

Plus besoin de se rendre sur site pour un relevé complémentaire ou la vérification de cotes : celles-ci sont prises directement dans le nuage de points (Fig. 8). Celui-ci peut également être superposé au modèle BIM (Fig. 9) afin de vérifier et valider une conception, ou servir à la réalisation d'un modèle BIM tel que construit (TQC) correspondant exactement à un ouvrage dont la construction est achevée – c'est-à-dire à la copie numérique de cet ouvrage – particulièrement intéressant et utile lorsque les plans sont inexistantes (Fig. 10, Fig. 11, Fig. 12).

Figure 7. Import d'un nuage de points dans Autodesk Revit (Source : Scan to BIM).

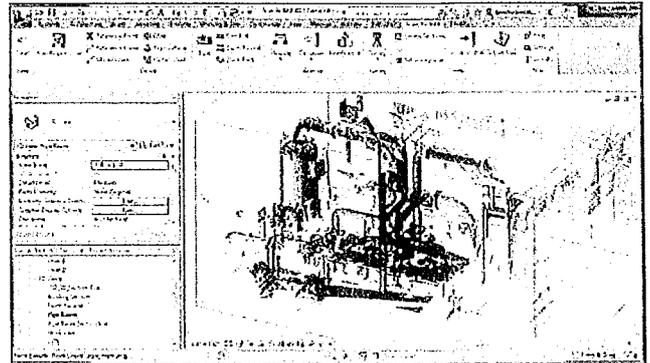


Figure 8. Modélisation de l'existant à partir du nuage de points (Source : Scan to BIM).

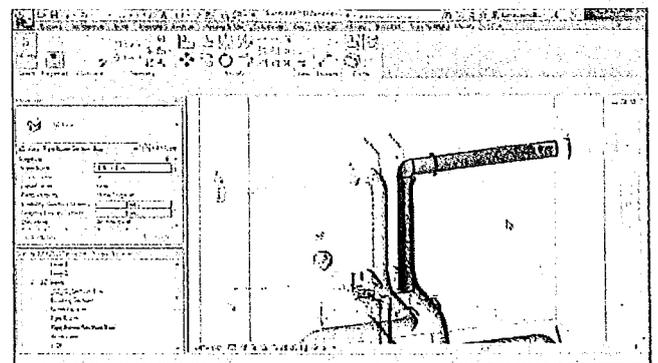


Figure 9. Import dans Autodesk Revit d'un nuage de points préparé avec Autodesk Recap (Source : LandTech).

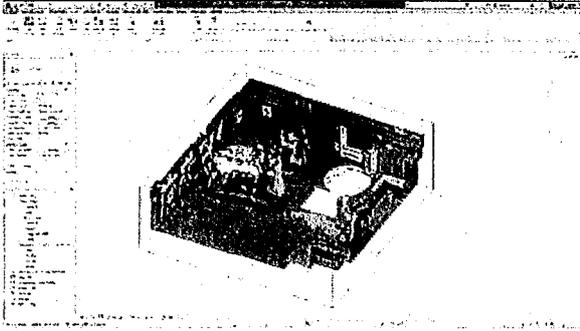


Figure 10. Modélisation basée directement sur le nuage de points (Source : LandTech).

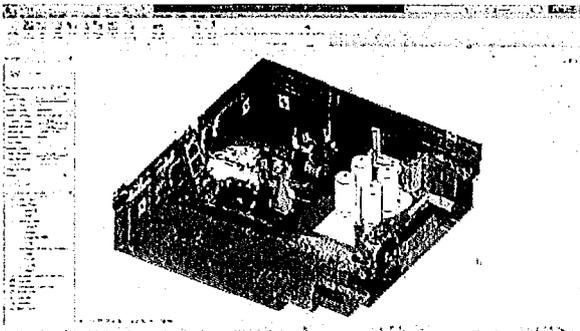


Figure 11. Visualisation du projet inséré dans l'existant (modèle + nuage de points) (Source : LandTech).

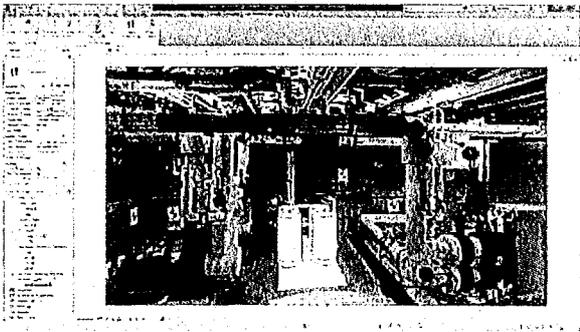
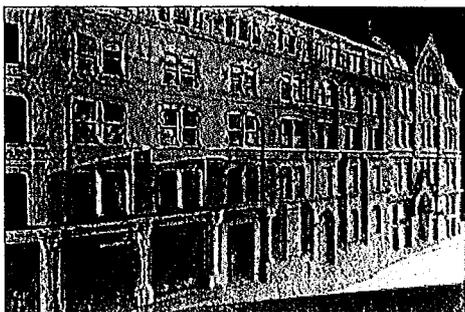


Figure 12. Modèle BIM établi à partir d'un nuage de points relevé sur le bâtiment existant (Source : Severn Partnership).



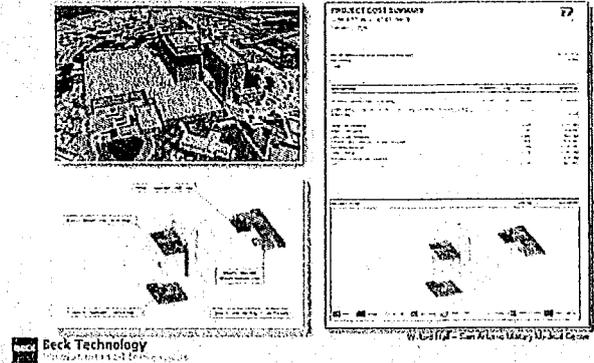
5.2 - Parti architectural et faisabilité

Le BIM peut être un support important dès les phases préliminaires du projet.

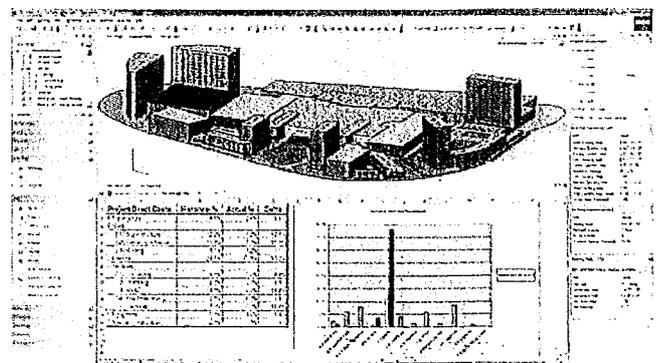
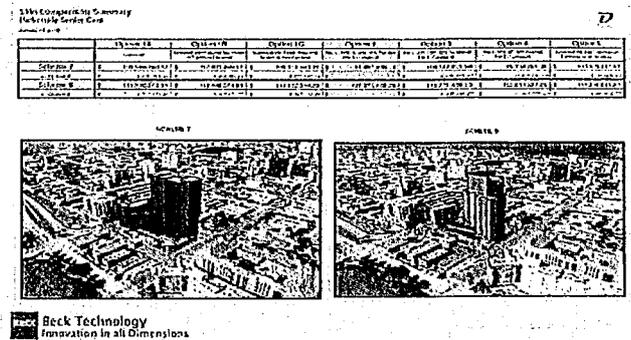
Durant ces phases préalables, il permet de valider rapidement le parti architectural et le programme face à des critères de budget et de temps, et permet de rassurer sur la faisabilité du projet (Fig. 13).

Figure 13. Étude de parti architectural (Source : Beck Technology).

Concept Analysis



Faster/More Accurate Analysis of Alternatives



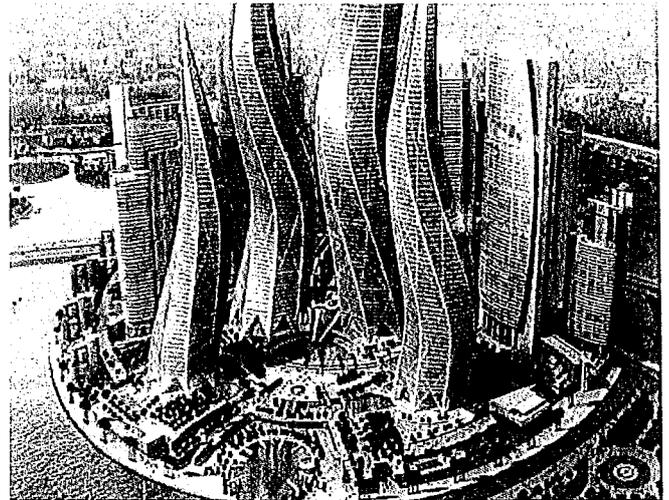
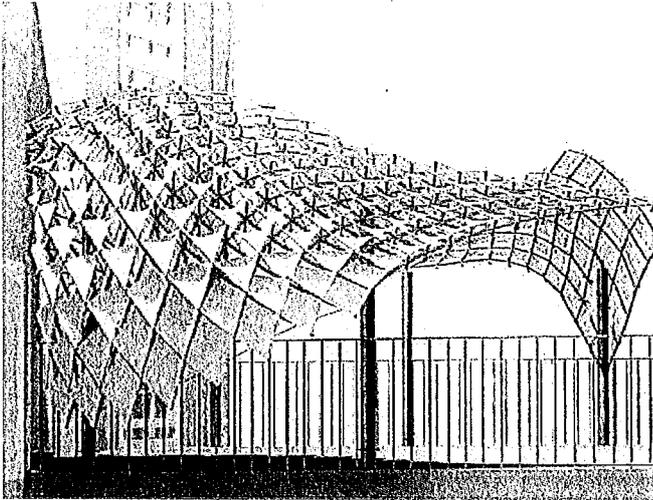


BIM (BUILDING INFORMATION MODELING)

5.3 - Forme et conception

Les logiciels BIM sont dotés de puissants outils de modélisation géométrique paramétrique qui offrent aux architectes la possibilité d'élaborer des formes complexes, et d'explorer de nouveaux territoires en matière de recherche de forme (Fig. 14, Fig. 15, Fig. 16).

Figure 14. Generative Components (Source : Bentley).



Generative Components est un logiciel de type modelleur paramétrique développé par Bentley, qui permet de modéliser des formes à géométrie complexe.

Figure 15. Tour de Shanghai : façade modélisée avec Revit, géométrie ensuite optimisée avec Rhino, Generative Components (Source : Gensler).

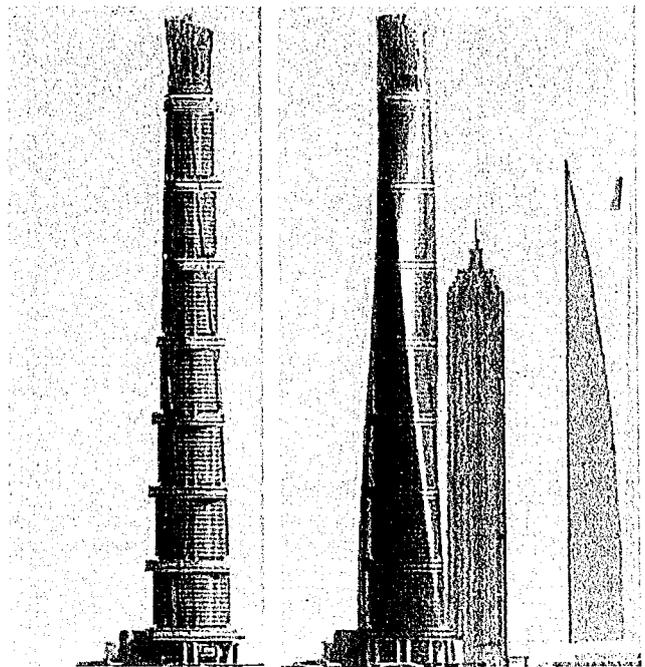
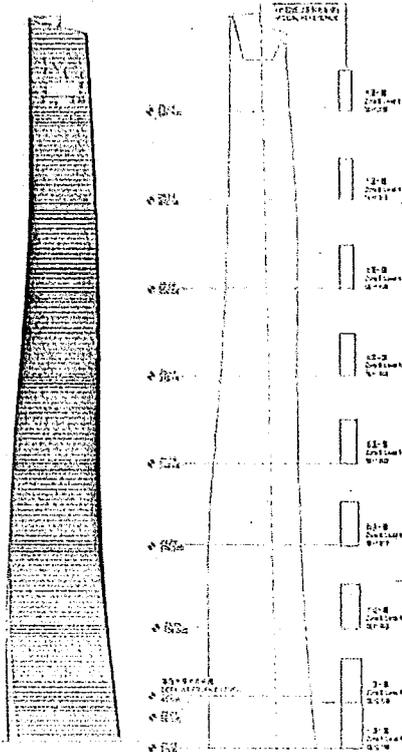


Figure 16. Centre des arts Wei-Wu-Ying à Taiwan conçu et construit avec les solutions BIM d'Autodesk (Source : Village BIM – Mecanoo Architecten).

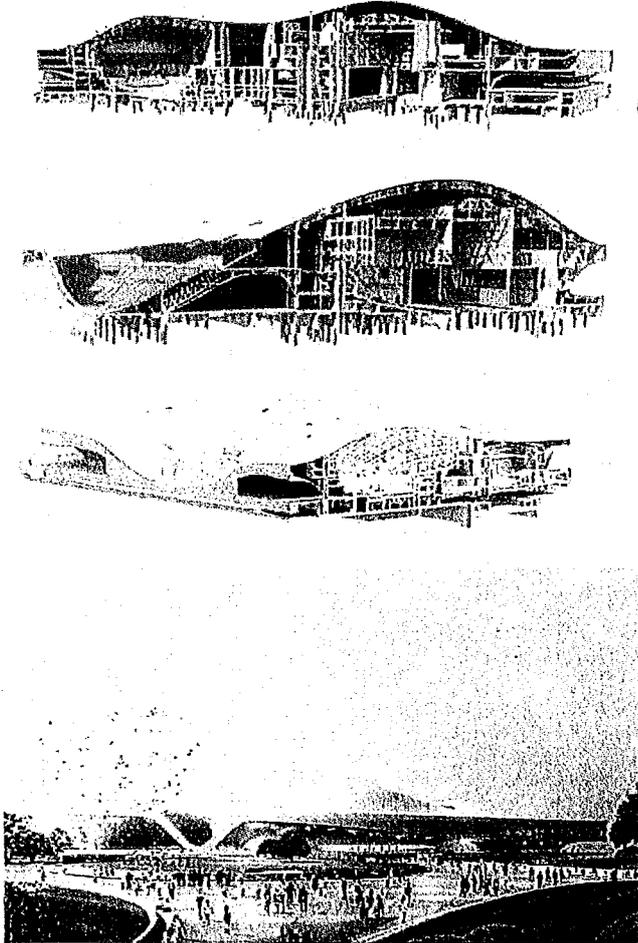


Figure 17. Étude d'ensoleillement avec le logiciel Ecotect.

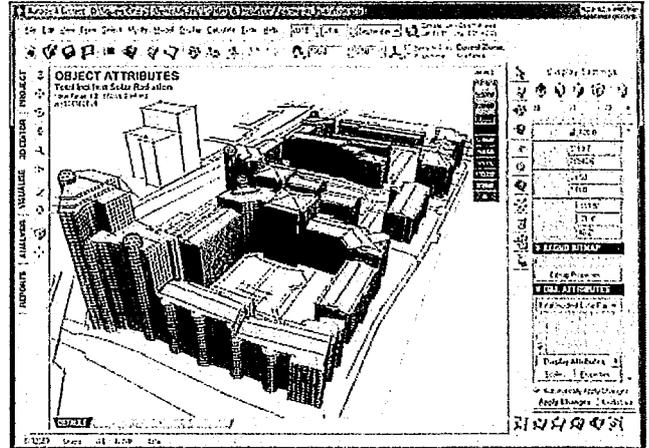


Figure 18. Calculs de déperditions avec le logiciel BBS ClimaWin.

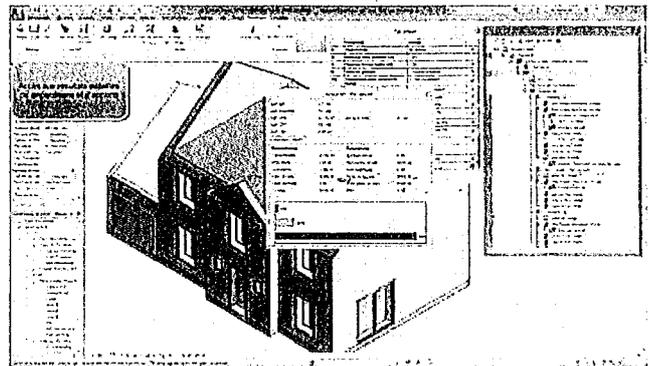
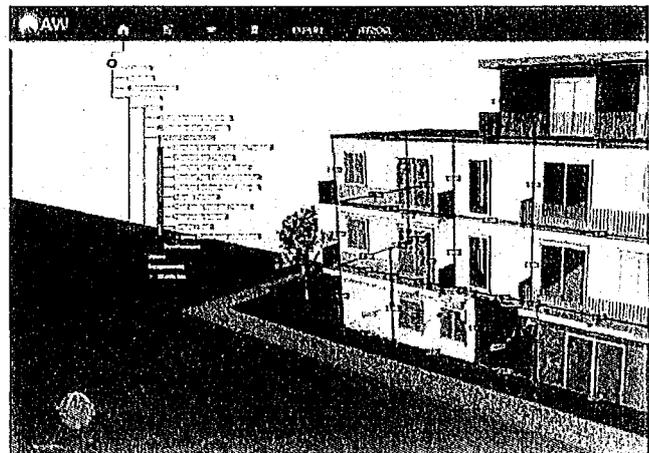


Figure 19. Traitement des ponts thermiques avec le logiciel ArchiWIZARD.



5.4 - Confort et performances énergétiques

Le BIM et les outils de simulation permettent d'analyser de manière dynamique l'impact des choix de la conception sur la consommation énergétique.

Orientation du bâtiment, compacité, types de paroi, surfaces vitrées, ombre générée et ombre portée sont les éléments indispensables au calcul des consommations énergétiques et peuvent être directement extraits du BIM (Fig. 17, Fig. 18, Fig. 19).

Le but n'est pas de se substituer aux ingénieurs mais de fournir une aide à la conception.

L'architecte n'est plus contraint d'attendre une note de calcul pour valider ses choix, et peut étudier autant de scénarios que nécessaire afin d'atteindre les critères de performance et de confort souhaités.



5.5 - Collaboration

Avant le premier coup de pioche sur le chantier, synonyme de démarrage effectif de la construction d'un ouvrage, les acteurs impliqués dans le projet ne font que produire l'information qui permet d'entreprendre sa construction.

Suivons le parcours classique simplifié de cette information.

Le maître d'ouvrage définit ses besoins puis les transmet à l'architecte. Ce dernier produit l'information décrivant ses intentions de conception. L'essentiel de cette description est contenu dans des documents du type 2D tels que plans, coupes, façades, etc. Déconnectés les uns des autres, ces documents 2D nécessitent de la part de l'architecte une attention supplémentaire afin de veiller à leur cohérence. En effet, une modification opérée sur toute ou sur une partie de l'information dans un document quelconque doit être mise à jour dans tout autre document où elle apparaît. C'est donc un temps infini et une énergie considérable que l'architecte doit dépenser durant les phases de conception et d'étude, avec toutes les itérations inhérentes, afin de maintenir coordonnée et cohérente l'information contenue dans ses documents.

Les différents partenaires sur le projet (bureaux d'études structure et fluides, économiste, infographiste, etc.) saisissent et qualifient l'information transmise par l'architecte, chacun dans sa discipline, afin de produire la contribution pour laquelle ils ont été sollicités.

Sans oublier le maître d'ouvrage qui souhaite veiller à ce que ses objectifs en termes de programme et de budget soient respectés tout au long de l'évolution du projet.

Puis l'information est saisie une nouvelle fois par les entreprises durant la phase d'appel d'offres, afin d'établir l'estimation du coût de leurs prestations, élément déterminant dans le choix des candidatures à retenir.

Cette multitude de saisies d'information crée un risque d'erreurs important.

Par le biais de la mise en concurrence, la procédure d'appel d'offres est censée garantir le prix le plus bas pour la meilleure qualité de prestation. Cela suppose que l'architecte ait développé la meilleure conception, qu'il transmet ensuite aux soumissionnaires, futurs constructeurs, pour chiffrage.

Cependant, optimiser la conception sans le concours des professionnels de la construction est un objectif difficile à atteindre. En effet, ces derniers possèdent un meilleur savoir et une meilleure maîtrise des risques liés à la construction que le maître d'ouvrage et son maître d'œuvre. Cette connaissance leur permet d'identifier les lacunes et omissions de la conception dont la correction coûte cher lorsqu'elles sont découvertes sur le chantier. Mais les soumissionnaires n'ont accès à la conception qu'une fois finalisée. De plus, dans cette démarche, tout les incite à conserver leurs bonnes idées d'optimisation et à ne les livrer qu'après avoir été retenus. Cette procédure, qui vise à déterminer le prix le plus bas, dissimule le risque d'un coût final plus important à cause de travaux supplémentaires, conséquences d'erreurs et d'omissions dans la conception, qui sont un moyen pour les entreprises d'augmenter leur marge par rapport à l'offre de prix basse qu'elles ont pu présenter et qui a

permis leur sélection. S'ajoute à cela la contrainte de délai qui oblige les soumissionnaires à appréhender en quelques jours tous les détails d'une conception qui a mis des mois à s'affiner.

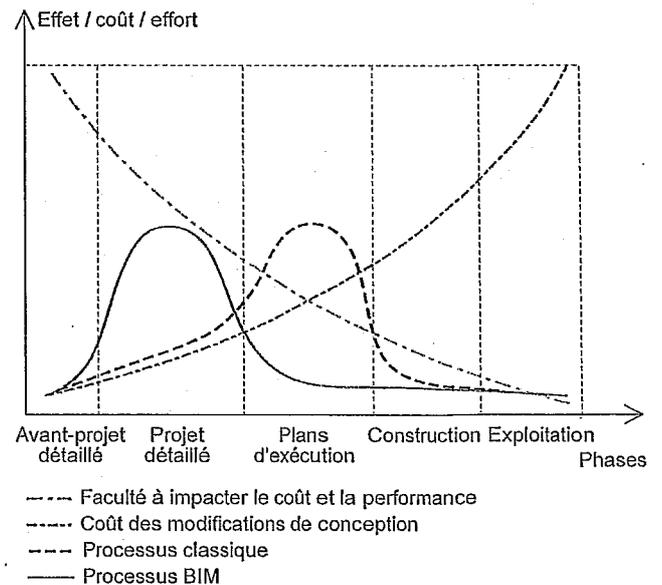
Enfin, dans la recherche d'une meilleure maîtrise des responsabilités en cas de litiges, les aspects contractuels et de couverture d'assurance ont tendance à établir des frontières les plus claires possibles entre les rôles au sein de l'équipe de maîtrise d'œuvre et à instaurer la méfiance, ce qui va à l'encontre de la collaboration efficace recherchée dans un projet de construction.

Ce type de processus d'exécution de projet est souvent critiqué pour plusieurs raisons :

- il divise les différentes parties impliquées en « silos », rendant ainsi difficiles leur coordination et la communication entre elles ;
- il sépare des rôles, ce qui induit une collaboration moins efficace ;
- il est séquentiel car il sépare la conception de la construction.

La solution consiste à adopter une approche collaborative intégrée fondée sur la technologie BIM (Fig. 20).

Figure 20. Courbe de Mc Leamy (Source : AIA/HOK).



Impliquer les acteurs clés de la conception et de la construction ainsi que le maître d'ouvrage et l'exploitant dès les phases préliminaires du projet permet d'engager une collaboration efficace et efficiente dès le début.

Cela permet de réunir au bon moment les bons intervenants qui prennent la bonne décision. Ils s'engagent très tôt dans le processus de conception-construction à optimiser et informer, en apportant leur expertise durant une phase où la conception est plus flexible et les changements moins coûteux, puis exécutent la construction avec une précision et une efficacité supérieures.

Assurant une efficacité dans la communication et une réactivité sans commune mesure avec le processus classique,

la technologie BIM facilite leur collaboration et leur permet d'accéder à la solution optimale au moyen de la simulation. Elle apporte une aide et une qualité certaines dans l'exécution des tâches redondantes, en éliminant les erreurs de documentation et en libérant le temps anciennement consacré à mettre à jour et coordonner les documents (Tab. 1). Un temps précieux que chacun peut consacrer à son cœur de métier.

Tableau 1 : Apport du BIM au projet
(Source : rapports de BuildingSMART)

Apport du BIM	Europe	Amérique du Nord
Amélioration de la compréhension des intentions de conception	69 %	65 %
Amélioration de la qualité globale du projet	62 %	54 %
Réduction des conflits pendant la construction	59 %	68 %
Réduction des changements pendant la construction	56 %	54 %
Cycles de validation client plus rapides	44 %	—
Meilleur contrôle des coûts	43 %	37 %
Réduction des demandes de clarification	43 %	47 %

5.6 - Visualisation

Une image vaut mille discours. À tout moment du projet, les logiciels BIM permettent de générer des vues 3D consistantes et réalistes, qui facilitent grandement la compréhension de la conception et constituent un formidable support à la communication sur le projet.

5.7 - Documentation

Les logiciels BIM ont la capacité de générer les documents 2D habituels et autres (tableaux quantitatifs des surfaces, éléments, matériaux, etc.), précis et coordonnés dans toutes les vues. Si des modifications sont opérées dans le modèle BIM, ces documents sont automatiquement mis à jour par le logiciel.

5.8 - Travail collaboratif

Le BIM permet de passer d'un modèle de collaboration basé sur des dessins 2D à un modèle de collaboration fondé sur le modèle BIM. Cela permet de réduire les erreurs et omissions, de mieux gérer et contrôler les changements. La conception est continuellement améliorée. La collaboration au sein d'une discipline ou d'une équipe pluridisciplinaire est plus efficace.

5.9 - Réglementation

Les outils BIM tel Solibri Model Checker sont capables d'extraire du modèle BIM les informations nécessaires et de les comparer à des règles ou à un ensemble de règles. Ainsi est-il possible, par exemple, de vérifier la conformité vis-à-vis de l'accessibilité en fauteuil roulant, de la distance parcourue jusqu'aux issues de secours, etc. (Fig. 21, Fig. 22).

Figure 21. Contrôle des issues de secours avec le logiciel Solibri Model Checker.

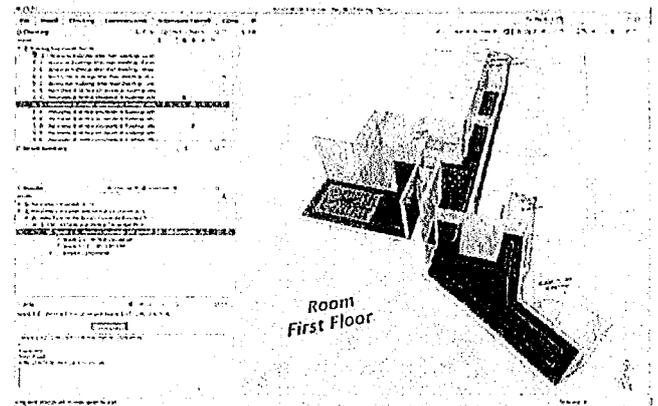
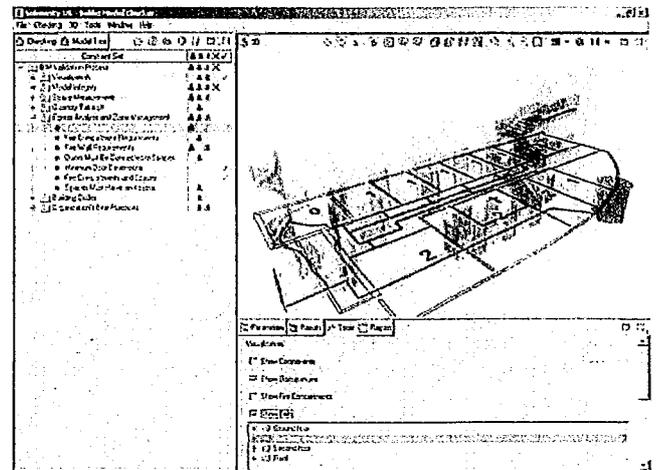
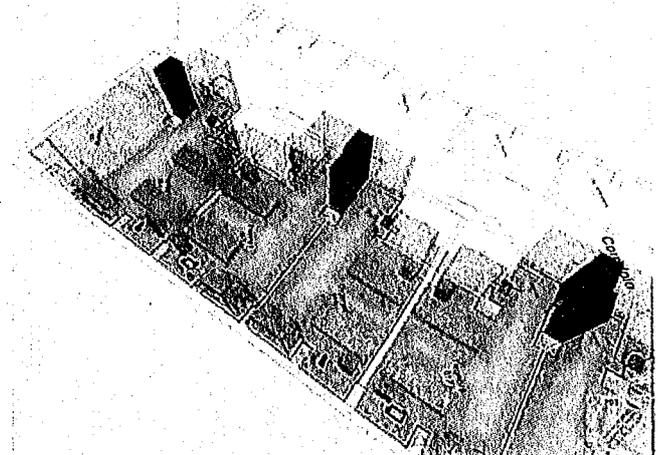


Figure 22. Analyse de la circulation en fauteuil roulant avec Solibri Model Checker.



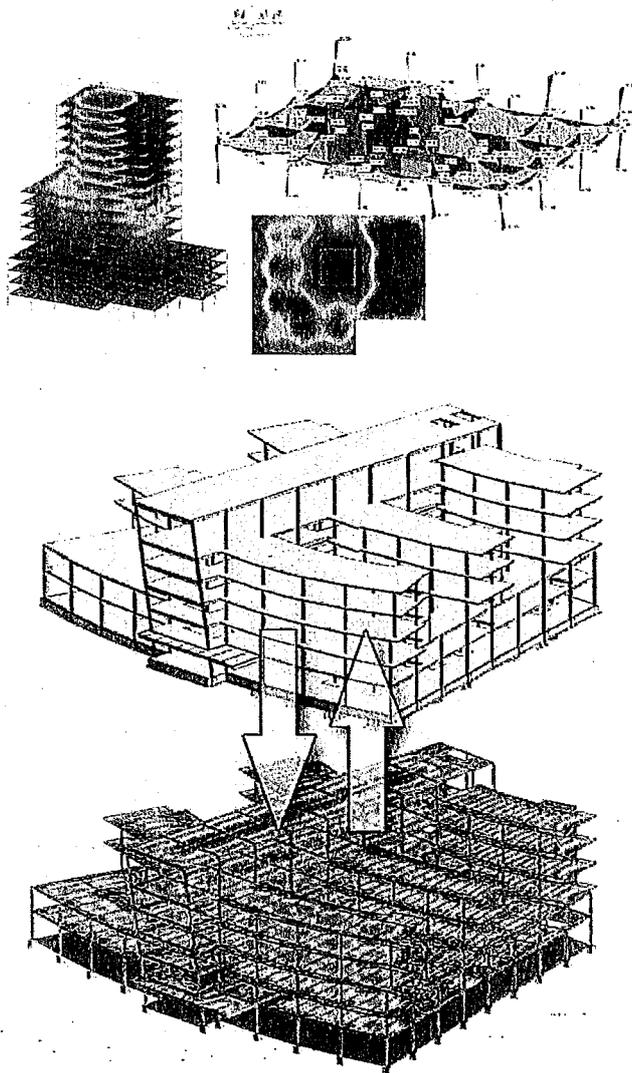


5.10 - Analyse de la structure

Depuis le modèle BIM, l'ingénieur est en mesure d'exporter la fibre neutre ainsi que les caractéristiques mécaniques nécessaires des éléments porteurs du bâtiment vers son logiciel de calcul.

Il procède à différentes simulations afin d'étudier le comportement mécanique de la structure porteuse et de déterminer son dimensionnement. Celui-ci peut être par la suite réinjecté automatiquement dans le modèle (Fig. 23).

Figure 23. Analyse de la structure : échange bidirectionnel entre le modèle physique et le modèle de simulation (Source : Autodesk).



5.11 - Coordination – Présynthèse – Détection des interférences (*clash detection*)

Après la collaboration, la coordination est le second aspect du projet auquel le BIM contribue.

Jusqu'à présent, un projeteur synthèse doit superposer des fichiers 2D de différentes disciplines, étudier minutieusement le cheminement des réseaux, élaborer ponctuellement des dessins de coupes afin de traquer les éventuelles interférences et procéder à leur résolution.

DEFINITION

Est appelée **interférence** la collision physique d'éléments du projet. Par exemple, constitue une interférence une gaine de ventilation qui traverse un mur sans que la réservation nécessaire à son passage ait été prévue.

C'est un procédé manuel lourd, chronophage et source d'erreurs.

Et si l'on dit qu'une image vaut mille discours, en synthèse on peut dire qu'un modèle BIM vaut mille fichiers 2D !

En effet, le BIM permet :

- à chaque discipline de faire une première synthèse en se fondant sur les modèles 3D des autres disciplines pour dessiner ses réseaux, et non plus sur des fichiers 2D dont la lecture et l'interprétation peuvent être des sources d'erreurs ;
- d'automatiser le processus de détection des interférences (Fig. 24) ;
- outre les interférences basées sur la géométrie, des logiciels, tels que Navisworks, Vico Office ou Solibri Model Checker, peuvent détecter par exemple si l'espace requis dans une réservation pour le passage d'une gaine est respecté ou non ;
- d'établir un rapport des interférences détectées avec, pour chacune (Fig. 25) :
 - une vue 3D,
 - les identifiants permettant de retrouver les objets en interférence,
 - la ou les disciplines concernées par l'interférence,
 - l'action à mener pour la résoudre.

Figure 24. Détection d'interférences avec Bentley Navigator.

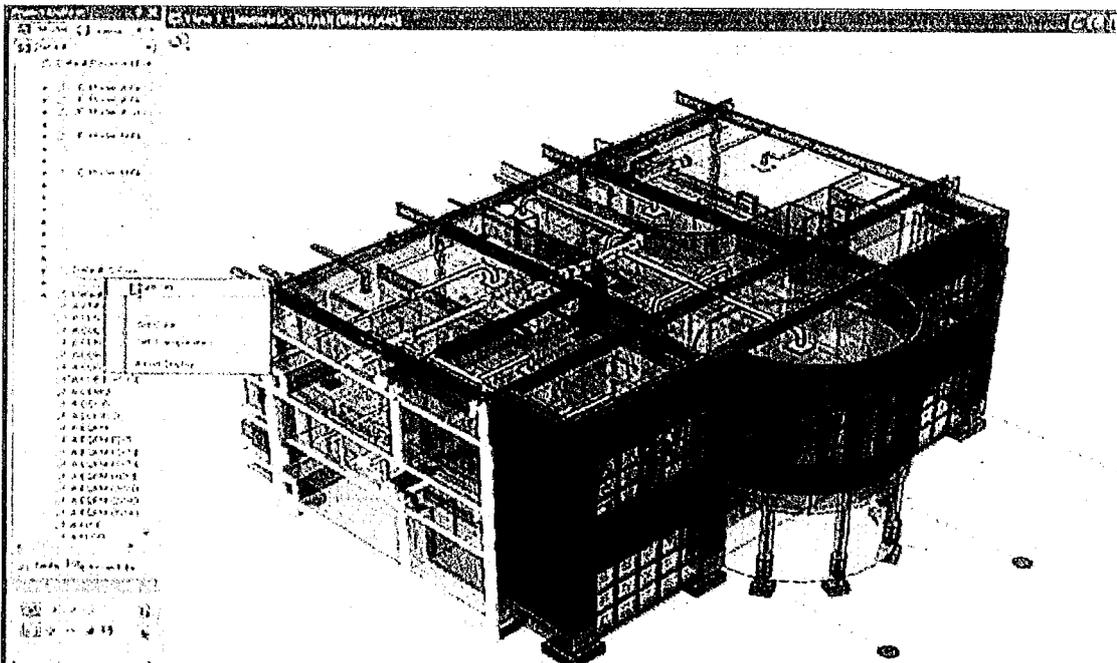
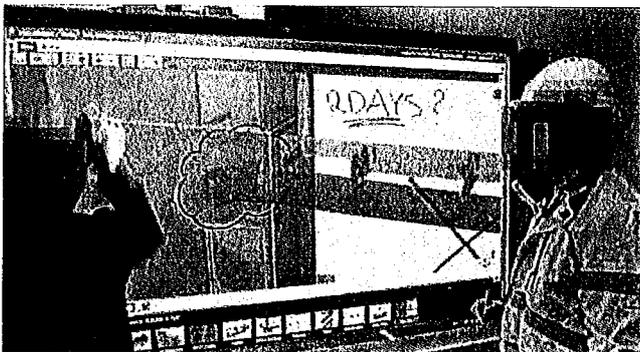


Figure 25. Coordination avec Tekla BIMsight.



5.12 - Planification de la construction

Le BIM offre la possibilité de lier un planning (MS Project, Primavera, etc.) aux différents objets contenus dans le modèle BIM puis de construire le modèle 4D. Ce dernier sert à visualiser la durée globale d'un projet et afficher la progression des activités de construction en temps réel. Il peut être exploité afin de :

- visualiser et communiquer les dimensions temporelles et spatiales d'un planning mieux que ne le ferait un traditionnel diagramme de Gant ;
- planifier les activités concourantes ;
- simuler les séquences de construction et l'interdépendance entre différents métiers, ce qui permet de les valider et de détecter erreurs et omissions ;
- synchroniser les livraisons et éviter les ruptures, ce qui peut avoir des conséquences sur le déroulement de la construction ;
- mieux sécuriser le travail sur le chantier ;
- étudier l'accessibilité des engins et leur installation.

DÉFINITION

Diagramme de Gant : outil utilisé dans l'ordonnancement et le pilotage pour visualiser dans le temps les tâches composant un projet.

5.13 - Estimation des coûts

La simulation 5D permet aux propriétaires d'avoir une meilleure prévision budgétaire, une estimation détaillée et précise de l'ensemble ou d'une partie du modèle ainsi qu'une prise de décision éclairée sur la base de différents scénarios de simulation de coût (Fig. 26, Fig. 27).

Figure 26. Simulation 5D avec Autodesk Navisworks.

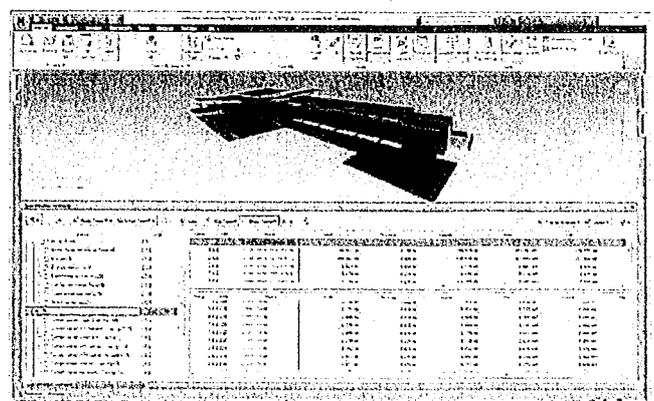
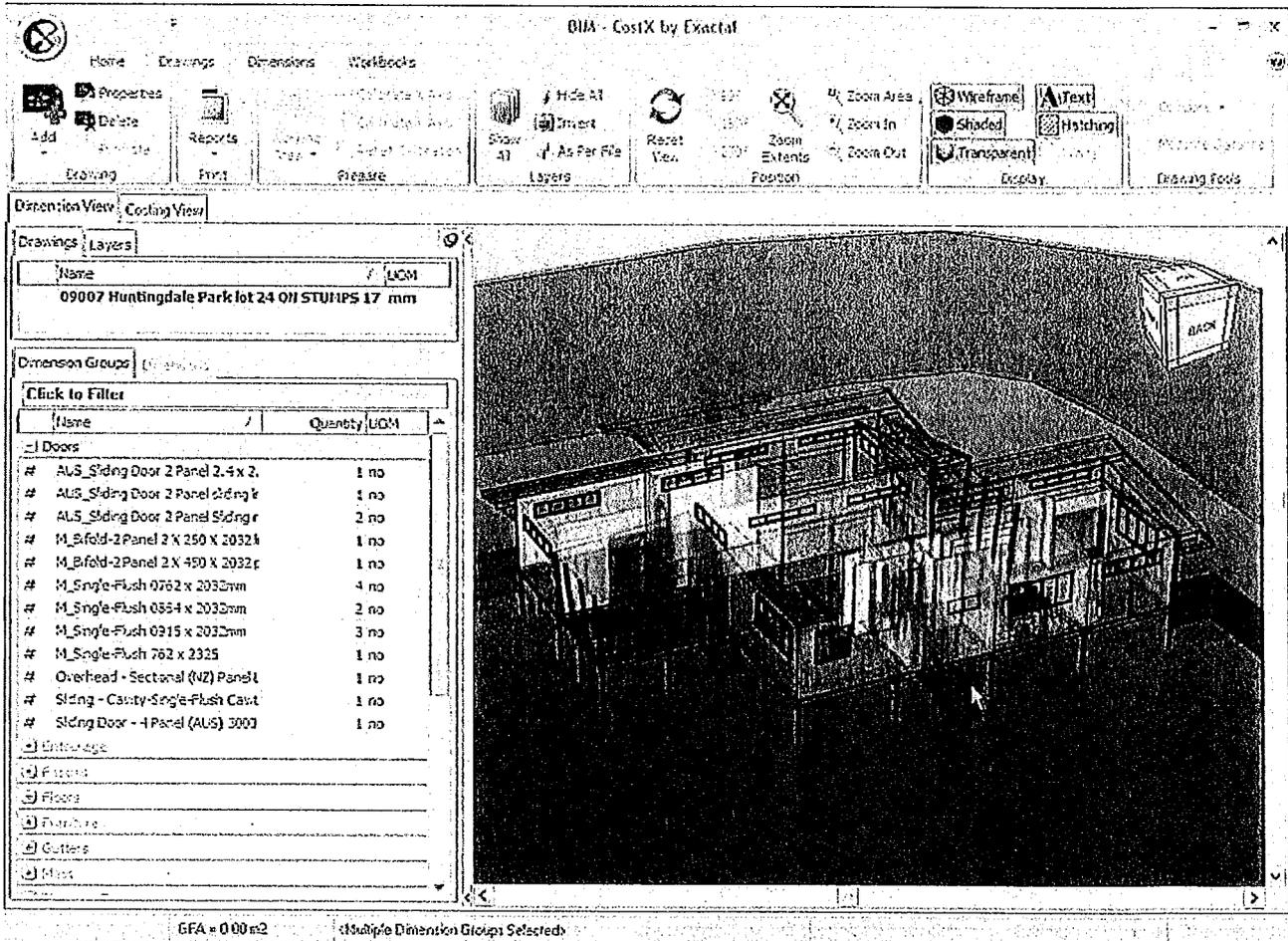


Figure 27. Étude de coût faite directement à partir du modèle et simulation avec 5D Exactal CostX.



5.14 - Lean construction, ou construire sans gaspiller

La construction Lean est une démarche empruntée à l'industrie manufacturière (Toyota) et appliquée aux chantiers de construction dans le but d'éliminer le gaspillage, d'augmenter la productivité et d'optimiser le bénéfice.

Simuler virtuellement la construction d'un projet permet de visualiser tout son processus, ce qui facilite l'identification et l'élimination du gaspillage.

Le BIM facilite l'application de la construction Lean.

5.15 - Gestion de patrimoine

Espaces, équipements et personnels peuvent être gérés sur la base de simples plans 2D et de tableaux Excel.

Mais là encore, le BIM peut être d'un grand secours aux maîtres d'ouvrage et exploitants dans la gestion de l'exploitation et de la maintenance de leur ouvrage – surtout lorsque l'on sait que 88 % du coût d'un ouvrage construit sont induits par son exploitation.

Si l'on cherche à faire des économies, il semble donc évident d'essayer de trouver des moyens d'optimiser cette phase du bâtiment la plus chère.

Une fois la construction achevée, la maquette numérique qui contient les données pertinentes se transforme en base de données de référence utile pour l'exploitation du bâtiment, sa maintenance et son entretien.

Combien de fois les dossiers des ouvrages exécutés (DOE) ont fini stockés dans des cartons et sont restés inexploités et inexploités.

De même, lorsqu'un incident se déclare, avant de pouvoir opérer, les intervenants doivent rechercher les informations requises dans des documents, ce qui rallonge leur temps d'intervention et affecte leur efficacité.

Un modèle BIM peut être interrogé en temps réel sur un matériel donné, permettant d'obtenir instantanément sa fiche technique.

Il peut servir de support à la planification de la maintenance ainsi qu'à la gestion du mobilier et du personnel.

Il se met à jour et coïncide virtuellement au quotidien avec sa copie physique.

5.16 - Sur site

Depuis le modèle BIM, les objets peuvent être implantés directement sur site.

En scannant les ouvrages exécutés ou en cours d'exécution, par exemple un coffrage en place, le BIM permet également de superposer le nuage de points au modèle BIM et d'identifier les erreurs et écarts dans la construction par rapport au modèle BIM de conception.

5.17 - Fabrication

Le BIM réduit le fossé séparant le concepteur et le constructeur en permettant leur implication tôt dans le processus du projet. En s'interfaçant avec les logiciels métiers des fabricants de FAO (fabrication assistée par ordinateur), il peut aider à optimiser la production et réduire le gaspillage, à optimiser les délais de production et de livraison d'éléments et d'assemblages.

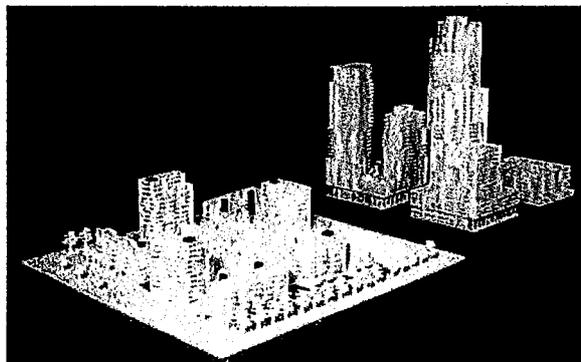
5.18 - Impression 3D

L'opérateur d'un logiciel BIM est en mesure d'exporter les modèles dans un format spécifique, puis de les envoyer vers une imprimante 3D afin de procéder à une impression en trois dimensions, monochrome ou en couleur, dans des délais et prix inférieurs aux méthodes classiques (Fig. 28).

Figure 28. Impression 3D réalisée en moins de temps et pour le quart du prix des maquettes classiques
(Source : The Realization Group).



Figure 28. Impression 3D réalisée en moins de temps et pour le quart du prix des maquettes classiques
(Source : The Realization Group) (suite).



5.19 - Gestion du cycle de vie du produit

Le processus *Product lifecycle management* (PLM) est utilisé dans l'industrie manufacturière pour la gestion du cycle de vie du produit.

Les éditeurs de logiciels PLM expliquent que, étant donné que le BIM couvre le cycle de vie d'un bâtiment et le PLM celui du produit, en rapprochant le BIM et le PLM on apporte au BIM la granulométrie qui lui manque.

Avec le BLM (BIM + PLM), on est en mesure de gérer la propriété intellectuelle des données, les états à l'échelle de l'objet, les processus de validation, les changements dus à la conception et leur impact, et de coordonner le travail de l'ensemble des intervenants de toute la chaîne.

5.20 - Réalité virtuelle

La technologie a atteint un degré d'avancement tel qu'il est maintenant possible d'aller au-delà du réel, de plonger dans le monde virtuel, voire de superposer les deux réalités.

À titre d'exemple, en orientant simplement sur le chantier une tablette, des applications de réalité augmentée permettent d'y visualiser l'état futur du projet extrait à partir du BIM correspondant au point de vue choisi.

De même qu'il est possible de visualiser sur la tablette les réseaux qui cheminent derrière un faux plafond, un mur, la chaussée, sans rien démonter ni creuser.

De plus en plus la réalité virtuelle offre l'opportunité, à travers des lunettes ou des salles d'immersion 3D, de plonger dans les modèles BIM.

(...)

6.4 - Interopérabilité

L'interopérabilité est la capacité des logiciels à échanger des données sans perte ni altération de tout ou partie des informations échangées.

Deux applications peuvent échanger des données par deux moyens :

- un moyen direct, à travers l'API (*Application programming interface*), interface de programmation permettant d'aller chercher l'information dans l'application source pour la transcrire dans l'application cible ;
- un moyen indirect, à travers des formats d'échange intermédiaires.

Dans un contexte BIM, des intervenants de différentes disciplines modélisent l'information pouvant servir à l'usage des autres.

L'interopérabilité permet à une application d'exploiter les données générées par une application différente, éliminant ainsi la ressaisie.

Puisque le BIM permet de faire différentes simulations dans le but d'identifier le meilleur scénario possible, il devient alors capital, dans un environnement d'applications hétérogènes, de veiller à ce que le flot d'information coule en continu tout le long de l'exécution du processus BIM.

Si des problèmes d'interopérabilité entre logiciels s'opposent à la fluidité de l'échange d'information, cela se traduit dans la pratique par le recours à la ressaisie manuelle des données afin de surmonter cet obstacle – ce qui est loin d'être la solution idéale.

En effet, la saisie manuelle des données crée le risque d'introduire erreurs et incohérences, ralentit et alourdit les itérations de conception et les simulations, aboutissant ainsi à l'inefficacité du processus voire à son échec.

Aux États-Unis, les coûts liés à des problèmes d'interopérabilité sont estimés à 15,8 billions de dollars.

L'interopérabilité est un tremplin au succès du BIM. C'est pourquoi il convient de la prendre en compte dès le départ d'un projet.

6.5 - Formats d'échange (contenant)

6.5.1 - Industry foundation class – IFC

En 1994, Autodesk avait initié un consortium industriel afin de l'accompagner dans le développement d'applications intégrées. L'Alliance internationale pour l'interopérabilité (IAI) fut alors créée, avec l'objectif de diffuser l'IFC en tant que modèle de données neutre basé sur l'ISO-STEP EXPRESS à destination du monde de l'AEC. En 2005, l'IAI change de nom et devient *BuildingSMART*.

PRÉCISIONS

- ISO-STEP EXPRESS (*International standard organization – Standard for the technical exchange of product model data*) (Organisation internationale de normalisation – Norme d'échange technique du modèle de donnée de produit) : c'est la technologie à la base de l'IFC, CIS/2 et bien d'autres formats.
- AEC (*Architecture engineering and construction*) : architecture, ingénierie et construction.

Le format IFC est capable de décrire la géométrie, les propriétés et les relations entre objets dans la maquette, de même que des métadonnées qui leur sont associées. Ainsi est-il en mesure de décrire des modèles numériques d'architecte, d'ingénieur structure ou fluides, etc.

6.5.2 - Échange d'information de la construction vers l'exploitation du bâtiment (*Construction operations building information exchange – CoBie*)

CoBie est un format de données destiné à collecter des informations afférentes aux phases de conception et de construction afin de les transmettre au maître d'ouvrage et/ou l'exploitant car elles sont essentielles à la gestion, l'exploitation et la maintenance de l'ouvrage.

Ainsi le processus classique coûteux de constitution de DOE est-il simplifié par la capture des données à partir de la maquette numérique.

6.5.3 - gbXML

Le gbXML est un schéma de données ouvert basé sur le langage XML. Il permet d'exporter vers les logiciels de simulation énergétique et thermique les informations relatives aux caractéristiques de consommation d'énergie du projet (espaces, zones, chauffage, etc.) nécessaires à la simulation.

6.6 - Standards (contenu)

Modéliser l'information pour soi la rend exploitable uniquement pour celui qui la modélise.

D'une région à l'autre, dans le bâtiment, un même objet peut avoir des appellations différentes. C'est encore plus vrai lorsque l'on change de pays.

Recourir à un standard à ce niveau permettrait de structurer d'une manière uniforme la modélisation de l'information de façon qu'elle puisse être exploitée par un plus grand nombre.

De plus, le standard introduit un niveau d'abstraction permettant de s'affranchir des technologies propriétaires.

.....
 : Exemple
 : Uniclass UK, Unifomat US+CANAD, DTH.
 :

6.7 - Nouveaux rôles

Avec l'introduction du BIM, ses potentiels et sa technologie, apparaît la nécessité d'acquérir de nouvelles compétences en matière de gestion de l'information.

Plus que la maîtrise d'un nouvel outil, le BIM implique de savoir comment gérer l'information le long du processus BIM au regard des objectifs de ce dernier.

De même, pour une meilleure efficacité dans le travail et dans la progression de l'apprentissage du BIM, il peut être judicieux de mettre en place une sorte de hiérarchie au niveau des rôles joués par les différents membres de l'équipe BIM.

La différenciation des rôles peut se traduire comme suit.

6.7.1 - BIM manager

À la différence d'un CAD manager, dont le rôle se limite à définir la charte graphique, à développer les scripts et routines et à fournir le support logiciel aux utilisateurs, celui du BIM manager

BIM (BUILDING INFORMATION MODELING)

va au-delà et implique d'autres dimensions telles que le management et la coordination.

DEFINITION

Routine : en programmation, désigne toute séquence de code destinée à être appelée et utilisée d'une manière répétitive durant l'exécution d'un programme.

L'un des aspects majeurs du BIM est l'information : elle doit être créée, gérée, maintenue, sécurisée et exploitée (Si l'on devait ne garder qu'une seule lettre du sigle BIM, ce serait le « i » d'information.).

Il est difficile d'imaginer que la gestion de cette information et des différents participants impliqués dans sa création puisse se faire d'elle-même, sans avoir recours, à l'instar du chef d'orchestre, au BIM manager. Ce dernier doit allier compétences du métier, gestion de l'information et connaissances de la technologie BIM.

Une personne au profil d'informaticien, aussi compétente soit-elle, ne saurait jouer ce rôle car elle ne dispose pas de la connaissance du métier.

Il en est de même pour quelqu'un du métier qui ne possède pas la connaissance du BIM, sa technologie et ses potentiels, car il serait incapable de l'exploiter.

Le BIM manager peut jouer un rôle à deux niveaux différents :

- Au niveau de l'agence, le BIM manager :
 - participe à la stratégie du développement du BIM ;
 - met en place et supervise l'implémentation du BIM ;
 - supervise le plan de formation ;
 - s'implique dès les phases préliminaires du projet ;
 - assure la gestion des modèles BIM ;
 - gère les simulations ;
 - joue le rôle d'interface, de coordinateur des partenaires externes ;
 - documente les procédures de travail en BIM et la méthodologie de modélisation ;
 - développe une bibliothèque d'objets paramétriques ;
 - crée les contenus spécifiques complexes ;
 - programme des routines pour automatiser des tâches afin de supporter la production.
- À l'échelle du projet, le BIM manager :
 - met en place le plan d'exécution du BIM pour le projet qui contient :
 - les objectifs et les usages du BIM,
 - le rôle de chaque partie,
 - la compétence BIM des intervenants des différentes disciplines,
 - les logiciels mis en œuvre,
 - les livrables BIM,
 - les formats d'échange,
 - le planning de remise des livrables,
 - le protocole d'échange d'information entre les parties prenantes,
 - la méthode de modélisation de chaque discipline,
 - les procédures de collaboration multidisciplinaire,
 - le contrôle qualité ;
 - assure l'interface avec l'équipe de projet ;

- contrôle le flux et la qualité de l'information ;
- gère l'archivage, la sécurité des données et les droits d'accès des utilisateurs ;
- établit la convention de structuration de l'information ;
- coordonne la diffusion et l'échange des modèles BIM ;
- prend les précautions nécessaires afin d'éviter des difficultés liées à l'interopérabilité ;
- assiste les utilisateurs dans l'usage du BIM.

6.7.2 - BIM modelleur

Il assure la tâche quotidienne de modélisation du modèle BIM dans le respect des procédures et méthodes mises en place par le BIM manager.

6.7.3 - BIM spécialiste

D'un niveau intermédiaire, il assure un premier niveau d'encadrement et d'assistance aux modelleurs.

Il aide le BIM manager à mettre en place le BIM et peut être amené à créer des contenus spécifiques.

6.7.4 - Profil du BIM manager

Le BIM manager doit maîtriser les domaines suivants :

- le monde de la construction et du processus d'exécution de projet ;
- le flux de travail ;
- le flux, la qualité et la sécurité des données ;
- l'interopérabilité ;
- la collaboration en BIM ;
- les logiciels BIM, leurs potentiels et leurs limites ;
- la formation ;
- la gestion de l'impact du BIM sur les utilisateurs ;
- la rédaction et la communication ;
- l'autonomie dans le travail ;
- le travail en équipe et l'aptitude à fédérer autour du BIM ;
- l'évaluation des compétences BIM ;
- la veille technologique.

Selon la complexité du projet et la taille de la structure, cette différenciation des rôles du BIM modelleur, du BIM spécialiste et du BIM manager peut varier : deux de ces rôles peuvent être tenus par le même individu, voire les trois, ou au contraire impliquer un plus grand nombre d'acteurs.

6.7.5 - Gestion des données et plate-forme collaborative

L'exploitation d'un quelconque potentiel du BIM ne peut se faire sans la création de l'information adéquate.

Multiplier les potentiels exploités implique la multiplication de l'information créée, ce qui se traduit par la génération de quantités importantes de données.

Sur le plan pratique, ces dernières soulèvent des problèmes de gestion, de stockage, d'archivage, de sécurité et de traçabilité qui peuvent trouver dans les plates-formes collaboratives une réponse pertinente.

7 - COMMENT ASSURER UNE TRANSITION EFFICACE VERS LE BIM ?

Pour qu'une agence d'architecture, un bureau d'études, qui veut implémenter le BIM, effectuent efficacement leur passage vers le BIM, les points à prendre en considération sont présentés à la suite.

7.1 - Motivation

Prendre la décision d'aller vers le BIM est de l'ordre de la vision globale du développement d'une entreprise car cela implique réorganisation et investissements.

Il ne s'agit pas uniquement de changer d'outil de travail, de technologie : il s'agit également de changer sa façon de travailler et de collaborer.

La motivation, l'implication et le soutien du directeur sont des ingrédients essentiels dans une telle démarche.

Si le message vient d'en haut, il a toutes les chances d'être écouté.

7.2 - Choix de l'outil BIM

Le choix est orienté vers le logiciel qui répond le plus à la pratique du métier.

Deux autres critères peuvent également être considérés : la courbe d'apprentissage et l'interface utilisateur. Elles peuvent alourdir le passage vers le nouvel outil ou au contraire le rendre plus simple.

Recueillir l'avis de confrères, solliciter son revendeur pour une démonstration, assister aux présentations qu'organisent régulièrement les éditeurs peuvent aider dans ce choix.

Certains vont jusqu'à tester deux logiciels concurrents en production avant de choisir.

7.3 - Stratégie

Elle consiste à identifier les collaborateurs motivés par cette démarche et volontaires, puis à sélectionner une équipe restreinte composée d'environ trois membres, à les former au logiciel BIM et à les mettre ensuite en production, de préférence sur un petit projet pilote et avec un seul objectif BIM à atteindre.

Idéalement, si l'on veut mesurer l'apport réel du BIM, une seconde équipe en production sur le même projet est lancée en parallèle avec la méthode classique.

Cet exercice donnera des indications tangibles en matière de gains en temps de production, de ressources mobilisées et de qualité du travail rendu.

L'équipe portera un intérêt soutenu aux processus et à la méthode pendant qu'elle travaillera avec le BIM. Elle aura par la suite pour mission, avec le soutien de sa direction, de mener et de superviser progressivement la généralisation de l'usage du BIM au sein de l'entreprise. Parfois, il peut être opportun de confier cette tâche à une tierce partie compétente en la matière.

7.4 - Planification

Une transition réussie ne peut se faire sans planification.

Les points à prendre en considération sont :

- l'achat de licence ;
- l'achat de matériels informatiques avec les caractéristiques requises ou la mise à jour du matériel déjà disponible, si cela est possible ;
- la formation sur les outils BIM.

7.5 - Formation

Par leur logique de travail, les logiciels permettant de faire de la maquette numérique sont différents des logiciels classiques tels qu'Autocad ou autres : on ne travaille plus et on n'organise plus le travail de la même manière, ce qui rend la formation indispensable.

Il est vivement conseillé de se mettre à la production à l'issue de la formation.

7.6 - Accompagnement

Selon certains retours d'expérience, une baisse de production pouvant aller jusqu'à 30 % peut être observée durant la phase de transition.

Aussi se faire accompagner par un professionnel expérimenté peut-il aider à minimiser cette baisse et à faire face aux difficultés qui peuvent parfois mener à des situations de blocage.

7.7 - Évaluation

Évaluer les résultats obtenus par rapport aux objectifs de départ permet de déceler les éventuels écarts dans la mise en œuvre, de les corriger rapidement et d'ajuster le processus pour les futurs projets BIM.



8 - LE BIM EN QUELQUES QUESTIONS

8.1 - Le BIM va-t-il changer mon travail ?

Travailler en BIM ne change pas fondamentalement le travail : il change la manière de le faire.

En effet, le BIM ramène l'essentiel de la collaboration et de la coordination vers le début du projet, ce qui demande de réadapter la méthode de travail, de redistribuer le travail et, en conséquence, les honoraires.

8.2 - Faut-il simplement changer d'outil ?

Passer d'un logiciel classique 2D vers un logiciel BIM est une étape indispensable sur le chemin du BIM.

Il en est de même pour la formation et les ordinateurs utilisés. Néanmoins, bien qu'importants, mettre à jour ou changer son ordinateur, changer de logiciel et se former restent insuffisants. Rappelons la signification de la lettre M dans le sigle BIM : modèle, modélisation, management.

Le BIM est plus qu'un logiciel : il nécessite de se familiariser avec la technologie, le processus et de planifier son implémentation.

8.3 - Recourir à la maquette numérique signifie-t-il travailler en BIM ?

La réponse à cette question nécessite de mettre en corrélation l'objectif BIM et la méthodologie.

L'usage du BIM souhaité et le processus mis en place pour y parvenir font que l'on travaille en BIM.

Faire simplement usage de la maquette numérique sans objectif BIM précis ne fait pas que l'on travaille en BIM.

8.4 - Le BIM est-il fait pour tout type et toute taille de projet ?

Le BIM favorise une collaboration rapprochée dès les phases préliminaires d'un projet et permet, à travers la simulation, d'étudier de nombreux scénarios et d'identifier le plus opportun. Plus le projet est complexe et grand, plus le BIM trouve son utilité et sa signification.

Il est également vrai que l'on peut s'inspirer des principes du BIM et les appliquer à des projets de taille modeste.

En France et à l'international, plusieurs exemples ont démontré l'utilité du BIM et de la maquette numérique aussi bien en construction qu'en réhabilitation.

8.5 - Le BIM est-il réservé aux grandes structures ?

Avec le BIM comme support, la communication et la collaboration autour d'un projet sont facilitées et beaucoup plus efficaces.

Il en est de même pour l'étude de variantes ainsi que le partage de l'information.

(...)

Le BIM offre la possibilité de saisir l'information une seule fois et de l'exploiter de manière multiple. Fabriquer l'information coûte cher ; la dupliquer ou la copier permet d'économiser du temps et de l'argent.

Si l'application de ces principes à l'échelle d'un grand projet et de grandes structures permet de tirer pleinement parti du BIM, rien n'empêche de s'en inspirer et de profiter du BIM à une plus petite échelle. Le BIM n'est pas réservé aux grandes entreprises ni aux grands projets !

8.6 - Doit-on passer au BIM seul ou accompagné ?

Planification et accompagnement sont des facteurs clés qui garantissent le succès d'un processus de conversion vers le BIM.

Il est difficile d'envisager d'arrêter un processus de production éprouvé et utilisé depuis des années pour en démarrer un autre totalement différent, simplement en suivant une formation de quelques jours sur un logiciel BIM et sans se soucier des implications sur le plan de la méthode de travail.

Il ne s'agit pas de faire avec de nouveaux outils : il s'agit de faire autrement avec d'autres outils.

Aussi, s'aider de compétences de personnes capables de lisser les difficultés d'un tel processus de conversion et d'en éviter les pièges et les risques ne peut qu'être grandement apprécié et vivement recommandé.

Cependant, pour quiconque aime la découverte et l'apprentissage par l'erreur et disposant de l'énergie et du temps pour se former, se documenter, tester et capitaliser l'expérience, assurer la veille technologique, il est tout à fait possible de se passer d'accompagnement.

8.7 - Faut-il augmenter ses honoraires ?

Si l'objet de la mission est de vendre des services BIM, alors il peut être justifié de les facturer. Sinon, il est difficile de justifier auprès des clients une augmentation des honoraires parce que l'on fait mieux et plus rapidement son travail avec le BIM.

S'il est vrai que l'on investit dans l'acquisition de la technologie BIM et que, d'une manière naturelle, on recherche à rentabiliser cet investissement, rien n'oblige à retrouver cette rentabilité par le biais des honoraires.

8.8 - Combien cela coûte-t-il ?

Basculer vers un processus BIM nécessite d'investir dans les logiciels, la formation, les ordinateurs ainsi que dans l'accompagnement.

Sont donnés ci-après quelques éléments sur les prix.

8.8.1 - Logiciels

Le tableau 6 donne une idée du coût de quelques logiciels BIM.

Tableau 6 : Coût de logiciels BIM (Sources : Bentley, Eurostudio, Nemetshek)

Éditeur	Produit	Prix	Support et mise à jour	Fonctionnalités					Formats		Ajouts de points	Travail collaboratif	Coordination entre disciplines	
				Infrastructure	Architecture	Structure	Fluides	Électricité	DWG	IFC				
Nemetshek	Allplan 2014 architecture	5 995 €	Contrat de maintenance 1 200 €/an		X					X	X	Avec l'extension Modeleur terrain 2 000€	Gestionnaire de groupe de travail permettant un accès concurrentiels au modèle 495 €/poste	
	Allplan 2014 ingénierie	6 295 €				X				X	X			
	Architecture + ingénierie	7 995 €												
Autodesk	Building design suite													
	Premium	7 250 €	Contrat de souscription 1 090 €/an		X	X	X	X	X	X	X	Accès concurrentiels au modèle	Niveau basic avec revit	
	Ultimate	11 000 €	Contrat de souscription 1 700 €/an	X	X	X	X	X	X	X	X	Accès concurrentiels au modèle	Niveau avancé avec Navisworks	
Graphisoft	Archicad	5 990 €	Contrat de maintenance 2 180 €/24 mois		X					X	X	BIM server	X	
Bentley	AECOSIM Building Designer	6 000 €	Contrat select 1 076 €/an		X	X	X	X	X	X	X	Pas d'accès concurrentiels au modèle	Via Bentley Navigator	

8.8.2 - Formation

En règle générale, les formations sont dispensées sur une durée de cinq jours pour une initiation. Le coût pour cinq personnes s'élève à 915 €/jour en intra-entreprise et 300 €/jour en interentreprises par personne (Source : Eurostudio).

RECOMMANDATION

L'initiation permet de démarrer. Ensuite, soit on prend le temps de s'auto perfectionner, soit on s'inscrit à une formation de perfectionnement afin de gagner du temps.

8.8.3 - Ordinateur

Les logiciels BIM sont gourmands en puissance. Sont présentés ci-après deux exemples de configuration (Source : Eurostudio) :

- **Station de travail avancée :**
 - 2 x Intel Xeon E5-2630 2.6 Ghz 6 cores 15Mb
 - RAM 32 Go DDR3-ECC-1866 Mhz Registered
 - Disque dur SSD 240 Go
 - Carte graphique Nvidia Quadro K4000 3 Go DDR5
 - Windows 7 64 bits/Lic windows 8
 - Écran LED 21.5" Full HD - IPS
 - Garantie 3 ans
 - Prix : 3 820 € HT
- **Station de travail :**
 - 1 x Intel Xeon E5-1650 3.6 Ghz 6 cores 12 Mb
 - RAM 16 Go DDR3-ECC-1600 Mhz
 - Disque dur 1To SATA 600/7200 trs/min
 - Carte graphique Nvidia Quadro K4000 3Go DDR5
 - Windows 7 64 bits/Lic windows 8
 - Écran LED 24" IPS
 - Garantie 3 ans
 - Prix : 2 686 € HT

8.8.4 - Baisse de productivité

Selon certains retours d'expérience, une baisse de productivité peut atteindre 30 % sur une période de trois à six mois. À cela s'ajoute le coût de non-production des salariés durant leur formation.

8.8.5 - Accompagnement

Afin de minimiser les difficultés et l'impact de la transition vers le BIM, il peut être utile et rentable de s'adjoindre les compétences d'un BIM manager expert en la matière. Ce dernier (Cf. 6.5.5), justifiant d'une réelle expérience en BIM management et pas uniquement d'une expérience dans la manipulation d'un logiciel BIM, assure l'accompagnement, durant la phase critique, d'une manière continue ou ponctuelle – et dont le coût est à prendre en considération.



9 - LE BIM À L'INTERNATIONAL

Il est constaté une large adoption du BIM à travers le monde. Figurent parmi les leaders mondiaux en la matière la Finlande et Singapour : la première requiert le BIM pour les projets de construction publics depuis 2007, la seconde depuis 2010 et, à partir de juillet 2015, le BIM sera exigé pour toutes les disciplines et tout projet neuf dépassant 5 000 m².

Aux États-Unis, le BIM est obligatoire depuis 2008 ; en Norvège, depuis 2010 et, aux Pays-Bas, depuis 2011. À l'instar de la Grande-Bretagne, la Corée du Sud connaîtra le même sort à partir de 2016.

Malgré les différences de localisation géographique, de taille, de culture et de pratique de la construction, ces pays ont tous perçu l'intérêt et le potentiel du BIM, et se sont engagés sur la route de son adoption. Un intérêt perçu à la fois par l'industrie de la construction et les gouvernements qui ont rendu le recours au BIM obligatoire.

Exemple

Le gouvernement britannique a d'ores et déjà estimé à 1,7 milliard de livres (2 milliards d'euros) les économies réalisées grâce au BIM depuis 2012. Le *Construction news* indique également que 66 % des projets de la *Major project authority* sont désormais réalisés dans les délais et le budget impartis, alors qu'ils n'étaient que de 33 % en 2010.

En 2012, un sondage a révélé que les États-Unis ont enregistré un taux d'adoption du BIM de 71 %. En tête, les entreprises, avec un taux d'adoption de 74 %, suivies des architectes (70 %) et des ingénieurs (67 %). Ainsi 62 % des utilisateurs du BIM voient un retour sur investissement positif.

Cette notion de retour sur investissement est fortement corrélée avec le niveau d'engagement en BIM. En effet, le savoir-faire, l'expérience et l'implémentation jouent un rôle prépondérant.

Parmi les avantages liés à l'usage interne du BIM, les utilisateurs citent :

- l'augmentation des profits ;
- la fidélisation des clients ;
- le gain de nouveaux marchés ;
- des avantages perçus plus importants pour les plus engagés dans le BIM ;
- une baisse des réclamations et des litiges ;
- la réduction de la durée globale du projet ;
- la baisse du coût de la construction ;
- la diminution des erreurs et omissions dans les documents ;
- la raréfaction des reprises dues aux erreurs ;
- l'amélioration de la productivité ;
- la réduction des cycles de temps de flux de travail spécifiques.

À l'échelle du projet et parmi les membres de l'équipe de projet, les avantages cités sont les suivants :

- une meilleure communication entre les membres de l'équipe de projet ;
- une meilleure compréhension collective des intentions de conception ;
- la réduction des erreurs et omissions dans les documents de construction ;
- la raréfaction des conflits et changements durant la phase de construction ;
- une meilleure coordination spatiale ;
- de meilleures prévisions et maîtrise des coûts ;
- l'optimisation des coûts ;
- des projets mieux conçus ;
- des bâtiments plus performants ;
- le lien avec la fabrication : concrètement, à partir de la maquette numérique, il est possible d'envoyer des données aux machines en usine qui débitent par exemple les barres de fer pour le ferrailage, les panneaux de façade ou la charpente métallique.

Afin de démontrer aux maîtres d'ouvrage le bénéfice de l'implication de l'entreprise dès les phases préliminaires du projet, une compagnie américaine spécialisée dans les fluides, l'électricité et la plomberie a fait le bilan du coût des ordres de modification sur des projets achevés entre 2003 et 2009. Les projets sont répartis en trois groupes (Tab. 7).

Tableau 7 : Bilan du coût des ordres de modification sur des projets achevés entre 2003 et 2009

	Augmentation du coût due aux modifications
Sans l'usage du BIM	18,42 %
Usage interne du BIM	11,17 %
Usage collaboratif du BIM	2,68 %

Interrogé par McGraw Hill Construction sur l'impact du BIM sur le secteur de la construction et sur son opinion au sujet des modifications que le BIM apportera dans l'industrie dans les dix années à venir, Patrick Mac Leamy, président de *BuildingSMART International* (BSI), a répondu : « Le BIM a remplacé beaucoup de bureaucratie par un processus qui économise du temps et de l'argent. Par exemple, plutôt que d'attendre de finaliser les dessins, les ingénieurs fournissent aux entreprises un modèle BIM beaucoup plus tôt, modèle qu'elles peuvent utiliser pour la fabrication. On constate également une baisse dans les demandes de clarification, synonyme d'efficacité, de justesse, d'une construction plus rapide. Je pense qu'il va y avoir un grand bouleversement. Ceux qui pratiquent à l'ancienne vont bientôt se trouver sans travail. Aussi, avoir un échange total d'information est seulement un élément. Nous avons besoin d'un réalignement fondamental de l'interaction architectes, entrepreneurs, ingénieurs et maîtres d'ouvrage. Les architectes vont devoir développer de nouvelles relations de travail avec les entreprises, fondées sur le respect de l'apport de chacun au projet. »

10 - LE BIM EN FRANCE

En France, le BIM suscite un grand intérêt et est au centre de l'attention de différents acteurs de la filière construction. L'essentiel autour du BIM est concentré sur les échanges et formats d'échange entre maquettes numériques. Or le BIM ne se limite pas à cela. Néanmoins, l'usage de la maquette numérique est en constante augmentation et gagne toutes les disciplines. Cet usage reste fragmentaire, limité en interne ou à une phase du projet sans réelle approche collaborative entre partenaires, impliquant ainsi un bénéfice réduit de l'usage du BIM – exception faite, peut-être, du futur palais de justice de Paris, qui reste l'exemple le plus proche.

Deux associations majeures soutiennent le BIM en France et participent à des actions autour de cet outil :

- le représentant français de *BuildingSMART international* (BSI), à savoir Mediaconstruct, depuis 1989, association régie par la loi de 1901, dont le fer de lance est l'interopérabilité des logiciels dans le cadre de la maquette numérique libre à travers l'IFC (Cf. 6.5.1) et l'OpenBIM ;
- en mars 2013 est née une nouvelle association loi 1901 : BIM France, dont l'objet est d'encourager l'usage du BIM dans sa signification globale, y compris la maquette numérique, auprès de tous les acteurs publics ou privés des filières de l'immobilier en France : conception, construction, exploitation et déconstruction des ouvrages immobiliers.

PRÉCISION

OpenBIM : c'est le BIM au format ouvert, par opposition à celui d'éditeurs tels que Bentley ou Autodesk accessible seulement à travers leurs technologies.

10.1 - Actions engagées en France

Le secteur de la construction accuse une profonde remise en question due à la pression sur la maîtrise des coûts, sur les délais et surtout sur la compétitivité : produire plus, plus vite, de meilleure qualité et à moindre coût partout.

Une étude réalisée en 2010 par la Fédération française du bâtiment (FFB) a révélé que le manque d'interopérabilité en France coûte environ 40 €/m² de Shon pour les entreprises, et 2,3 €/m² de Shon chaque année pour la gestion de patrimoine.

La connaissance exacte des mètres carrés à rénover permettrait d'économiser 500 € par logement sur un devis de peinture, outre une réduction des coûts de nettoyage de 10 à 15 %. Un gain de 7 % par an serait réalisé sur le budget de maintenance. Le retour sur investissement demanderait moins de deux ans (Source : Batiportal).

Pour des leaders du secteur, la nouvelle étape sera le transfert des nouvelles méthodes sur l'ensemble des projets traités et notamment les plus modestes, afin, dans un premier temps, de généraliser le gain de productivité. Il est difficile de savoir si l'utilisation du BIM sera rendue obligatoire en France, bien que les signes des pouvoirs publics en sa faveur soient positifs.

Les actions lancées et les chantiers en cours témoignent de l'effort et de l'effervescence générale :

- **Infra Room ou OpenINFRA** : rassemble tous les projets en rapport avec les objets 3D intelligents et l'IFC au sein de la BSI, et élargit le BIM normalisé à tous les projets d'infrastructure. Les Français sont pionniers sur ce chapitre à la BSI. Après les initiatives de la France, la Norvège et Royaume-Uni, toutes les parties de BSI se sont engagées à élaborer des normes de données ouvertes pour les infrastructures et l'environnement construites en coopération avec l'*Open Geospatial Consortium* pour les normes relatives aux systèmes d'information géographique (SIG). Le but est de modéliser l'infrastructure en 2016, avec un soutien plus tôt pour les ponts, premier cas d'utilisation ;
- **Afnor/PPBIM** : Afnor pilote le comité « Propriétés produits pour le BIM » (PPBIM) pour l'établissement et l'expérimentation de référentiels méthodologiques relatifs à la catégorisation et à la gestion/maintenance des propriétés des produits et équipements de la construction pour le BIM et autres applications numériques. Ce sont des travaux d'origine nationale à vocation européenne et internationale pour le suivi des structures ISO suivantes : ISO/SC13 ;
- **plan Bâtiment durable** : le plan Bâtiment durable a lancé un groupe de travail dédié à la maquette numérique et au format BIM/IFC. L'enjeu est de favoriser le développement massif de l'information structurée afin de permettre sa meilleure connaissance par l'ensemble de la filière, et de faciliter son déploiement. Chargé de la maquette numérique BIM et de la gestion du patrimoine, ce groupe étudie les initiatives en France et à l'étranger afin de formaliser et proposer une méthode d'utilisation de la maquette numérique, destinée aux maîtres d'ouvrage, les aidant dans la mise en place des systèmes d'information technique et patrimoniale ;
- **Plan urbanisme, construction et architecture (Puca)** : le Prebat2 initie le groupe de projet sur la maquette numérique. Il est chargé de la constitution d'un corpus de clauses contractuelles destiné à sécuriser les relations entre les partenaires d'un projet conçu en maquette numérique ;
- **direction générale de la compétitivité de l'industrie et des services (TIC PME 2015 Dgci)** : le projet retenu pour le BTP est l'« optimisation par les nouveaux usages numériques, notamment l'e-learning, de l'organisation de chantier BTP pour les chefs d'entreprise », facilitant l'utilisation opérationnelle de la maquette numérique par l'ensemble des acteurs de la filière bâtiment en relation avec les outils de gestion dans les entreprises et en continuité du projet TIC PME 2010 : « Plus de compétitivité par les TIC », qui avait débuté en 2006 ;
- **Association des industries de matériaux, produits, composants et équipements pour la construction (AIMCC)** : des industriels de la construction travaillent à la création d'un dictionnaire technique harmonisé des produits (DTH) ;
- **Collaboration par la maquette multi-usage numérique et l'ingénierie concourante (Communic)** : ce projet de recherche, qui s'est déroulé de 2007 à 2010, concernait les infrastructures. Il avait pour ambition d'agir sur les



BIM (BUILDING INFORMATION MODELING)

organisations et les technologies. Il proposait un modèle global fondé sur l'usage d'une maquette numérique.

10.2 - Agitation autour du BIM

Très actifs, des intervenants experts venus d'horizons divers, des associations professionnelles telles que Mediaconstruct ou BIM France, aux côtés de bureaux d'études, de constructeurs et de groupements professionnels (économistes, thermiciens, électriciens, etc.) font un travail important de vulgarisation en faveur de l'intégration de la maquette numérique dans les pratiques. Ces actions sont intensifiées par les nombreux échanges et événements internationaux, afin de profiter de la pratique d'autres pays et économiser le long travail de tâtonnement et de piétinement.

Nombreux sont les événements où le BIM et la maquette numérique ont été mis à l'honneur en 2013-2014 en France, et en particulier aux salons Batimat ou Ecobat, à la table ronde organisée par Syntec Ingénierie ou à l'occasion du congrès de l'Union nationale des syndicats français d'architectes (Unsa), des soirées du groupe pour l'éducation permanente des architectes (Gepa) ou du *Royal Institute of chartered surveyors* (RICS), des demi-journées organisées par la Fédération des syndicats des métiers de la prestation intellectuelle du conseil, de l'ingénierie et du numérique (Cinov), par la plate-forme technologique dédiée à l'innovation constructive ASTUS Construction ou la chambre régionale de commerce et d'industrie (CCI) de Bourgogne, BIM's Day, BIM conférences d'Autodesk, Bentley, Tekla ou Dassault 3D forum, ou encore les web conférences sur le site de BTP Informatique.

Lors de ces actions, des angles multiples du BIM ont été abordés tels que :

- « Maquette numérique : maîtres d'ouvrage, sachez en profiter ».
- « Regards croisés sur la maquette numérique ».
- « La maquette numérique et les lots techniques ».
- « Le BIM : un outil logiciel ? Plutôt une autre façon de travailler ! ».
- « La maquette numérique pour les projets neufs et en rénovation ».
- « BIM et interopérabilité. Les normes : garantie de transparence et de confiance ».
- « La maquette numérique vers la phase construction ».
- « Le BIM, une révolution incontournable ? ».
- « BIM : processus innovants ».
- « Une agence d'architecte 100 % BIM ».
- « BIM & Ingénierie – La maquette numérique du bâtiment, l'atout de l'ingénierie d'aujourd'hui ! ».
- « BIM's DAY ».
- « Profession en mutation : l'enjeu du BIM, au-delà de la maquette numérique ».
- « Formez-vous au BIM ».

La presse spécialisée traditionnelle ou en ligne ainsi que les sites Internet sur le sujet sont des sources importantes d'accompagnement de cet acte de démythification du processus et d'information sur la maquette numérique et le BIM.

10.3 - Où se former ?

Sans prétention d'exhaustivité, un panorama de l'offre de formation est ici présenté pour donner un aperçu des possibilités existantes.

10.3.1 - Formation initiale

L'enseignement de la maquette numérique n'est pas obligatoire dans les programmes de formation initiale en construction, aménagement, architecture et urbanisme. Encore moins le recours au travail collaboratif et le décloisonnement des filières de l'ingénierie de la construction afin de couvrir le cycle de vie d'un ouvrage. Mais quelques initiatives existent et font figure de pionnières, mêmes si elles ne sont pas suivies :

- L'Université numérique, ingénierie et technologie (Unit) propose un cours « Maquette numérique et intégrabilité dans le bâtiment », disponible en libre accès sur le net ;
- L'École nationale supérieure d'architecture (Ensa) de Nancy propose un master « Architecture, modélisation, environnement » (AME) avec des unités telles que : « Acquisition et modélisation des données morphologiques », « Représentations numériques », « Connaissances de la modélisation et modélisation des connaissances » ;
- à Toulouse, l'Ensa propose une unité d'enseignement optionnelle de troisième année intitulée « Maquettes numériques et nouvelles pratiques de collaboration » intégrée dans le cursus des architectes ;
- à Marseille, l'Ensa propose une unité optionnelle informatique sur « L'environnement numérique dans le secteur de la construction » ;
- L'École nationale supérieure des arts et métiers (Ensam) a mis en place depuis 2010 le master spécialisé « Espaces virtuels avancés » (EVA), spécialisation proposée aux jeunes diplômés des écoles d'ingénieurs et des universités. Elle propose aussi les masters de recherche en « Maquette numérique et immersion virtuelle » et « Maquette numérique et visualisation 3D », proposés aux étudiants ayant effectué une première année de master (M1) ;
- L'École spéciale des travaux publics, du bâtiment et de l'industrie (ESTP) a mis en place depuis 2010 des cours optionnels qui proposent de s'essayer à différents logiciels 3D. Le bâtiment Newton, appelé aussi laboratoire BIM, du pôle informatique, est dédié à ces pratiques.

10.3.2 - Formation continue

Les principaux acteurs sont les suivants :

- le **Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB)** : acteur très actif sur plusieurs fronts, il conduit un programme ambitieux sur les nouvelles technologies et leurs capacités à s'intégrer dans la pratique des professionnels de la construction. Le département de formation propose un cycle sur le travail collaboratif et les outils numériques. Des matinales sont proposées sur d'autres sujets relatifs à la maquette numérique, et les solutions « maison » sont mises à l'honneur ;
- le **Centre de formation des architectes et des acteurs du cadre de vie et de la construction (Gepa)** propose plusieurs formations dans l'année, par exemple : « BIM : concepts et méthodologie », « Processus de conception intégrée », « Le Lean appliqué à la construction » ;
- L'École des ingénieurs de la ville de Paris (EIVP) propose le master spécialisé « Urbancité : génie urbain et technologies de l'information » sur une année et des modules d'une journée tels que : « Intégrer le BIM dans un projet de construction », « Villes et territoires numériques 3D » ;

- **Interbat-formation** organise des sessions de formation dont les principales sont : « BIM, dictionnaire et catalogues », « BIM : état des lieux et stratégie », « BIM : contrôle et qualité des maquettes numériques » ;
- des **ateliers numériques** sont organisés par le conseil régional de l'ordre des architectes d'Île-de-France et Z. Studio, à la Maison de l'architecture à Paris, avec le soutien de la direction de l'architecture et du patrimoine (DAPA). Des séances mensuelles d'information et de sensibilisation aux nouvelles technologies pour l'architecture et le bâtiment sont animées. La maquette numérique et le BIM sont des sujets incontournables ;
- **la formation aux outils 3D** : l'offre de formation aux logiciels présente sur le marché insiste de plus en plus sur les capacités du BIM et ses applications 3D. Les éditeurs ont développé des logiciels avec des interfaces collaboratives. Les centres de formation ont pour mission d'accompagner ces technologies afin de donner aux acteurs l'envie de passer à la maquette numérique. Les formateurs accroissent leurs compétences afin d'accompagner les démarches collaboratives au-delà de la modélisation (sous Revit, Digital-Project, Allplan, Tekla-structures, SolidWorks, Rhino 3D, etc.), ce qui permet de les mettre en œuvre de manière plus efficace afin de coller davantage aux nouvelles demandes.

10.3.3 - Perspectives

La formation est un axe central dans la généralisation du BIM. La montée en compétences des professionnels déjà en poste est vitale. Former des générations prêtes à cet emploi est indispensable pour le défi à relever.

L'évolution technique et scientifique des métiers du bâtiment ne peut pas rester sans suivre les mouvements déjà lancés.

Plusieurs réformes liées sont urgentes à appliquer : technologies de l'information et de la communication pour l'enseignement (TICE), technologies de l'information et de la communication (TIC), développement durable, collaborations interdisciplinaires, alors que la diversité des contenus (scientifique, technique et technologique) accentue les réticences à les entreprendre.

La réforme de l'enseignement souffre de la multiplicité de ces réformes.

Un bouleversement des pratiques pédagogiques est nécessaire pour coller à la réalité du marché de la construction et de la gestion des bâtiments. Cela passe inévitablement par la sensibilisation, la formation aux projets collaboratifs et le changement des pratiques des enseignants.

Engagé sur cette perspective, on ne peut que saluer l'arrivée pour la rentrée 2014... du master spécialisé BIM : « Conception intégrée et cycle de vie du bâtiment et des infrastructures ». Cette formation diplômante en alternance et en partie à distance repose sur un partenariat pédagogique regroupant l'École des ponts et chaussées, l'Institut des sciences et technologies de Paris (Paris Tech), l'École spéciale des travaux publics du bâtiment et de l'industrie (ESTP), les Arts et Métiers (Ensam), l'École nationale des sciences géographiques (ENSG), le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB), les écoles d'architectures de Marseille, Toulouse et Paris - Val-de-Seine et l'École supérieure d'économie et techniques de construction (Ecotec).

11 - BIM À VENIR, AVENIR DU BIM EN FRANCE

Implémenter le BIM et tirer pleinement profit de son potentiel soulève des questions et des préoccupations qui, si elles ne sont pas abordées et résolues, constituent des obstacles majeurs à son adoption.

Changer de méthode et d'outil de travail alors que l'on est confortablement installé dans des habitudes et que l'on possède une longue expérience dans la manipulation des logiciels classiques, n'est pas un exercice facile et demande une réelle conviction et une solide motivation.

Si l'on comprend aisément que la propriété du modèle BIM revient au maître d'ouvrage, la situation paraît plus complexe pour ce qui est de la propriété des données qu'il contient. Des données provenant de multiples intervenants et destinées à un large partage nécessitent des dispositions claires en matière de propriété intellectuelle. Les cadres légaux et contractuels, et particulièrement la loi MOP (loi n° 85-704 du 12 juillet 1985 relative à la maîtrise d'ouvrage publique et à ses rapports avec la maîtrise d'œuvre privée, JO du 13 juillet 1985), doivent obligatoirement évoluer vers des formes favorisant la pratique du BIM.

Faut-il rendre le recours au BIM obligatoire, à l'instar de ce qui se fait à l'international ? Faut-il octroyer un soutien financier aux PME qui investissent dans le BIM, par exemple par le biais du crédit d'impôt ? Faut-il favoriser une approche de conception intégrée, au moyen de mesures incitatives, et rassurer les parties prenantes sur les risques et responsabilités de chacun dans un environnement de collaboration BIM ?

Sachant que, tant que les risques ne sont pas clairement définis, les compagnies d'assurances ne proposeront pas de couverture adaptée aux projets exécutés avec le BIM ou le feront à des prix rédhibitoires.

La presse relaye les réactions très positives des leaders du secteur (architecture, ingénierie, construction) à la directive européenne « Marchés publics » adoptée le mercredi 15 janvier 2014 par le Parlement européen. Elle recommande en particulier l'utilisation de processus numériques tels que la modélisation des données du bâtiment lors des appels d'offres de bâtiments et d'infrastructures publics.

Le train de la conception et de la construction virtuelle (VDC ou *Virtual design and construction*) est en marche au niveau mondial. Refuser de le prendre, c'est risquer de rester à quai ou de voir débarquer d'autres acteurs qui le pratiqueront pour nous et à notre place !

1 - ÉVOLUTIONS EN COURS

1.1 - Contexte

Les évolutions à prendre en compte sont notamment les suivantes :

- des projets de BTP de plus en plus complexes ;
- une demande sociétale et économique de maîtrise approfondie des risques ;
- l'intégration du développement durable sur l'ensemble du cycle de vie des projets (programmation, conception, construction, exploitation, fin de vie) et sur toutes ses dimensions (économique, environnementale, sociétale...);
- un investissement très fort de la communauté internationale du secteur du bâtiment et des travaux publics (BTP) dans le développement de la maquette numérique (parmi les pays les plus avancés sur le sujet, on peut noter le Royaume-Uni, les États-Unis, la Norvège, Singapour, les Émirats Arabes Unis...);
- une évolution des grands secteurs d'activité – notamment industriels –, de par leurs structures et avant le secteur du BTP, vers des méthodes de conception, de conduite et de production de projets plus performantes et industrialisées :
 - partenariats, travail collaboratif,
 - utilisation partagée de la maquette numérique,
 - suppression ou limitation des plans en papier,
 - gestion de bases de données plutôt que de plans ou de fichiers.

1.2 - Ingénierie et maquette numérique

Désormais l'utilisation de la maquette numérique est une obligation du marché : les appels d'offre l'incluent de plus en plus souvent dans le cadre des missions techniques. Par ailleurs, à l'international, l'utilisation de la maquette numérique commence à être imposée, ou fortement incitée, par un cadre légal. En Angleterre, à partir de 2016, intégrer la maquette numérique aux missions sera une obligation légale pour répondre aux appels d'offre publics.

Il semble qu'en France, les pouvoirs publics soient sur le point de développer des réflexions analogues, afin de rendre progressivement obligatoire l'usage de la maquette numérique pour les marchés de l'État, à partir de 2017.

Du côté de l'Europe, une incitation au recours à la maquette numérique a été insérée dans la directive européenne sur les marchés publics de janvier 2014.

De plus, les technologies, tout comme les méthodes de travail, évoluant, l'intégration de la maquette numérique dans les processus de l'ingénierie permettra sans aucun doute d'augmenter la performance et la qualité de conception. Dès aujourd'hui, certains projets n'auraient pas pu être menés à bien sans les technologies mises en jeu par la maquette numérique : c'est le cas par exemple de la Fondation Louis Vuitton. Actuellement l'utilisation intensive des outils de maquette numérique permet aux contributeurs de ce Cahier pratique de pouvoir présenter des retours d'expérience concrets sur l'utilisation et les bonnes pratiques du BIM³ (*Building information management/modeling/model*).

2 - DÉFINITION DES NIVEAUX DE DÉVELOPPEMENT

Ce Cahier pratique est organisé par niveau de développement (ND) – de ND1 à ND5 – définissant le niveau de renseignement attendu pour les éléments constituant la maquette numérique (MN) selon l'avancement du projet.

Cette organisation s'inspire des *Levels of development* (LOD) américains, en s'efforçant de franciser les concepts afin qu'un praticien du découpage selon la loi MOP retrouve une certaine similitude.

PRÉCISION

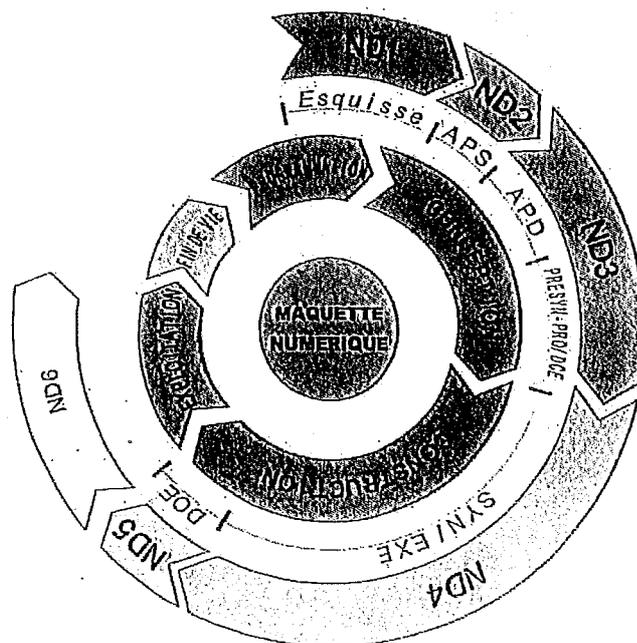
Loi n° 85-704 du 12 juillet 1985 relative à la maîtrise d'ouvrage publique et à ses rapports avec la maîtrise d'œuvre privée (JO du 13 juillet 1985) dite loi MOP.

La figure 1 donne une représentation des différents cycles dans lesquels s'inscrit la maquette numérique avec :

- en première couronne les phases du cycle de vie d'un projet ;
- en deuxième couronne les phases de la loi MOP ;
- en troisième couronne les niveaux de développement de la maquette.

Cette figure permet de définir très rapidement la correspondance entre une phase du cycle de vie d'un projet, la ou les phases de la loi MOP et le ou les niveaux de développement de la maquette.

Figure 1. Les trois cycles de la maquette numérique (© Syntec-Ingénierie).

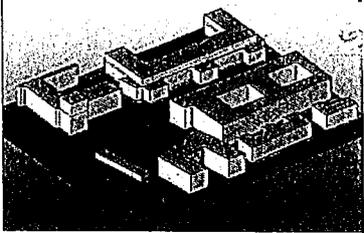
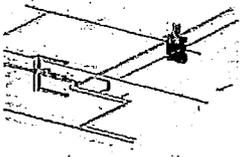
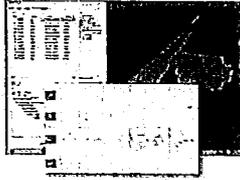
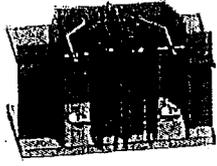
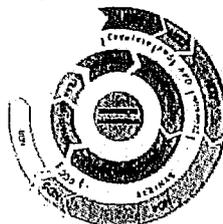
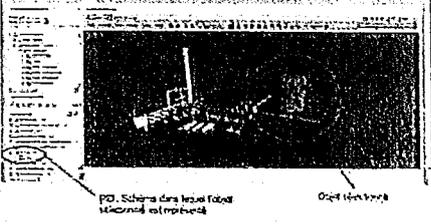
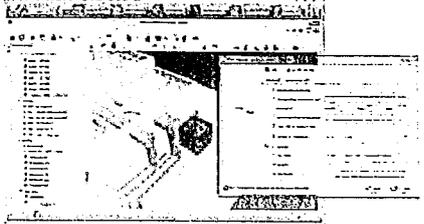


BIM/MAQUETTE NUMÉRIQUE : CONTENU ET NIVEAUX DE DÉVELOPPEMENT

Le tableau 1 présente une synthèse des différents niveaux de développement d'une maquette numérique. Les première et deuxième colonnes définissent le niveau de développement. La troisième colonne illustre de manière

synthétique le niveau de développement. La dernière colonne caractérise sommairement l'objectif de ce niveau de développement.

Tableau 1 - Tableau de synthèse des différents niveaux de développement d'une maquette numérique

ND 1		CONCEPTS ESQUISSE		Analyses et impact
ND 2		AVANT-PROJET SOMMAIRE PERMIS DE CONSTRUIRE	 LOD 200 / ND 2 Réseaux primaires & Systèmes	Zones techniques Réseaux primaires et équipements
ND 3		AVANT-PROJET DÉTAILLÉ PRE-SYNTHESE PRO/DCE		Coordination des interdisciplines
ND 4		SYNTHESE ÉTUDE D'EXÉCUTION CONSTRUCTION		Modélisations des ouvrages à exécuter
ND 5		DOSSIER DES OUVRAGES EXÉCUTÉS	 PD : Schéma dans lequel l'objet élémentaire est représenté	Modèle virtuel = Ouvrage exécuté
ND 6		EXPLOITATION		Gestion technique patrimoniale

BÂTIMENT

BIM : vers une gestion du patrimoine optimisée

Par Faustine Sappa

Responsables de leurs bâtiments sur l'ensemble de leur cycle de vie, les collectivités ont tout intérêt à optimiser la gestion de leur patrimoine sur le long terme. C'est ce que l'utilisation du BIM va permettre, à condition de repenser les méthodes de travail en mode collaboratif et d'adopter de nouveaux outils transversaux.

Il est communément admis que l'exploitation représente les trois quarts du coût global d'un bâtiment, une prise de conscience générale est en train de s'opérer au niveau des collectivités pour rendre cette phase moins coûteuse. Pour y parvenir, il convient de bien connaître son patrimoine. Nombreuses sont en effet les collectivités à ne pas savoir précisément leur patrimoine, ce qui les mène parfois à des actions aberrantes comme réaliser des travaux sur des bâtiments dont elles ne sont plus propriétaires !

À terme, les possibilités du BIM en gestion de patrimoine sont infinies et représenteront un gain de temps et d'argent important. Le travail se fera en mode collaboratif et non plus séquentiel. Les collectivités pourront envoyer les maquettes numériques aux ingénieurs pour réaliser des études thermiques et fournir les métrés aux entreprises chargées des réhabilitations. Il sera possible de passer directement des commandes à



L'ESSENTIEL

- Le vaste patrimoine immobilier d'une collectivité nécessite une politique de gestion sur tout son cycle de vie.
- Le BIM optimise cette gestion mais implique l'adoption de nouvelles méthodes de travail et d'outils.
- La première étape est la connaissance précise du patrimoine afin de numériser l'ensemble des informations.

partir des objets modélisés et de leurs caractéristiques grâce à des logiciels interfacés, puis d'intégrer en retour le bon de travaux exécutés dans la même maquette afin que les caractéristiques et la durée de vie du produit concerné se mettent automatiquement à jour.

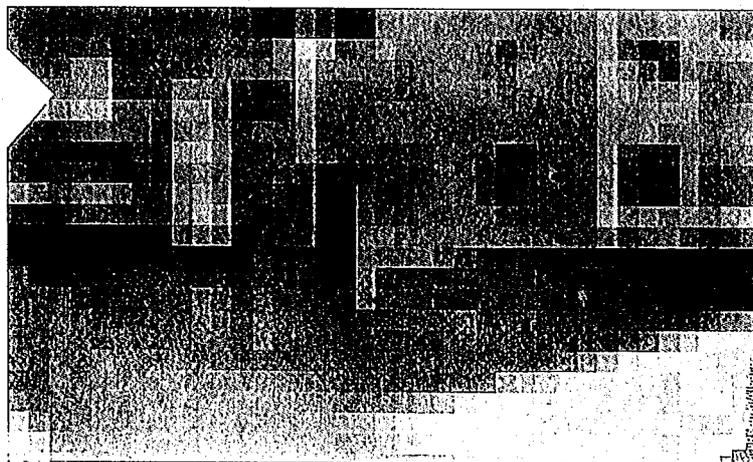
Partager les mises à jour

Ainsi, chaque modification sera tracée et directement accessible d'un simple clic sur le composant. Les mises à jour pourront être partagées avec l'ensemble des acteurs concernés grâce à des droits d'accès, ce qui réduira la charge de travail pour les collectivités et améliorera la réalisation des

tâches ainsi mutualisées. De belles perspectives qui ne pourront devenir réalité qu'à la condition d'acquiescer une parfaite connaissance du patrimoine. « On estime qu'en moyenne, un gestionnaire n'a plus les plans à jour de son bâtiment au bout de sept ans, indique Benoît Vervandier, directeur général d'Archimen, éditeur de l'outil Active 3D. Par ailleurs, une étude américaine reprise en France a démontré qu'un patrimoine méconnu coûte à son gestionnaire 2 euros du mètre carré par an. » Une dépense colossale à laquelle peuvent s'ajouter des coûts de prestation surcotés mais impossibles à réajuster si l'on ne dispose pas d'un état de référence de son patrimoine.

Bien connaître son patrimoine est donc l'objectif n° 1 des collectivités qui se lancent dans la numérisation

Rendu de la numérisation sous le logiciel Allplan du lycée Aristide Briand à Schiltigheim (Bas-Rhin).



LES PRINCIPAUX LOGICIELS DE GESTION DU PATRIMOINE

- ACTIVE3D (Archimen) ;
- BDP (Adelfior) ;
- ISI FOR YOU (Isiom) ;
- Abyla (Labeo) ;
- Alfa TT Graphics (Nemetschek) ;
- Facility-ONline (Vizelia Technologies).

de leur patrimoine, première étape de l'optimisation de la gestion.

En premier lieu, gérer les surfaces

« Le premier besoin exprimé par les collectivités qui se lancent dans la numérisation de leur patrimoine est loin de l'exploitation, estime Frédéric Bidault, BIM Manager orienté gestion du patrimoine à la mairie de Blagnac (Haute-Garonne). Il s'agit surtout de disposer de plans pour tous ses bâtiments. C'est ce qui a mené la ville de Blagnac à initier cette démarche en 2007. » À ce moment-là, ce qui intéressait les élus et les cadres techniques était de récupérer des informations leur permettant de gérer les surfaces des locaux et leur affectation. « C'est ce sur quoi travaillent essentiellement les collectivités avec le BIM pour le moment. Nous sommes capables d'intégrer beaucoup d'informations aux objets du modèle 3D mais nous sommes encore loin de la phase d'optimisation de la gestion », poursuit Frédéric Bidault. Si Blagnac fait partie des pionniers de cette démarche, elle a dû en essayer les plâtres : « une grande partie des maquettes des bâtiments n'est pas exploitable car certains objets n'ont pas été modélisés avec les bons outils dans le logiciel (NDLR : Revit). » Et refaire les plans des bâtiments dans le but d'y effectuer des travaux représente un coût d'1 à 1,50 euro du mètre carré. « Le BIM est une merveille de technologie et fait gagner un temps considérable, mais cela devient compliqué quand il s'agit de gérer 180 bâtiments et 100 000 mètres carrés. Cela nécessite du personnel formé, voire de l'hyper-compétence, de la réflexion et la maîtrise de toute une chaîne allant du dessinateur à la réintégration des informations dans la base de données, en passant par l'utilisation du logiciel et l'export IFC. »

Horizon 2017

La connaissance du patrimoine a une valeur mais elle n'est pas gratuite ! Les collectivités se doivent de l'acquérir en mettant en œuvre des outils pour la valoriser et la rendre exploitable. Malgré ces freins, Frédéric Bidault reste optimiste et estime que le modèle sera opérationnel d'ici cinq ans. Pour les bâtiments neufs, Blagnac impose déjà aux prestataires de livrer un dossier

CR D'ALSACE

UNE MISE EN PLACE PROGRESSIVE

C'est avec l'objectif de « mieux connaître le patrimoine pour mieux décider et mieux gérer » que le projet d'acquisition d'outils progiciels est lancé par le conseil régional d'Alsace en 2008. Son choix : solutions de CAO/DAO Allplan et de gestion de patrimoine Allfa (Nemetschek). La première phase du projet est le relevé des surfaces par un prestataire externe. « Nous travaillons à partir de l'objet « pièce » afin d'alimenter l'outil avec les informations qui nous intéressent, utiles notamment pour le calcul des dotations de fonctionnement : volume, surface, désignation, usage, affectation, utilisation par un tiers, » précise Philippe Antoine, administrateur gestion du patrimoine. « Actuellement, nous n'utilisons qu'une petite partie du potentiel du BIM. Mais, nous attendons beaucoup du BIM, notamment afin d'optimiser notre maintenance. Pour nos futurs projets, la fourniture de DOE au format IFC sera obligatoire. »

des ouvrages exécutés (DOE) au format IFC. « La rigueur de ce format d'échange interopérable permet de détecter immédiatement les erreurs qui se repercutent dans la base de données. »

Une démarche initiée au niveau européen par la publication de la directive européenne Marchés publics qui recommande dorénavant l'usage du BIM lors des appels d'offres et des concours de projets publics. En France, cela se traduit par le Plan national pour faire basculer le bâtiment dans une nouvelle ère numérique, avec une mesure rendant progressivement obligatoire la maquette numérique dans les marchés publics d'État en 2017, et ce afin de constituer une véritable « carte Vitale » du bâtiment.

Un exemple à suivre

Le conseil régional de Bourgogne est le premier gestionnaire public à avoir adopté le BIM. En dix ans, il est arrivé au bout de la numérisation de son patrimoine (900 bâtiments et 20 millions de mètres carrés de terrains). Le fait d'avoir choisi l'IFC garantit la stabilité et la pérennité de l'information. « Lors de la mise à jour d'un local, les données sont archivées mais grâce au

format IFC, il est toujours possible de les consulter et d'intervenir dessus. Nous avons une totale visibilité de toutes les opérations effectuées avec le logiciel », précise Thibault Masson, expert chef de projet BIM au conseil régional de Bourgogne. La région dispose donc d'indicateurs globaux sur l'ensemble de son patrimoine et entame désormais une deuxième phase. Après avoir raisonné en termes d'objets (relevé des pièces, murs, toitures...), elle s'intéresse désormais à l'aspect système, afin, par exemple, de traiter les équipements pour détecter les zones mortes.

Un cas d'école dont les collectivités pourront s'inspirer pour réussir à constituer la description de leur patrimoine. Loin d'être vécue comme un mal nécessaire, cette transition est perçue par les maîtres d'ouvrage comme un levier de création de valeur en termes de fiabilisation des processus métiers transversaux, d'optimisation des dépenses techniques, de pilotage de la transparence avec les acteurs tiers et de maîtrise des risques (1). ☺

(1) Source : Livre Blanc Maquette numérique et gestion patrimoniale, mai 2014.



QU'EST-CE QUE C'EST ?

BIM (building information model) : fichier numérique qui concentre l'ensemble de l'information technique de l'ouvrage, contenant chaque objet le composant et ses caractéristiques.

IFC (industry foundation classes) : format international (ISO 10303-21) favorisant la communication et l'interopérabilité entre les applications de construction et d'exploitation.

POUR EN SAVOIR +

- <http://bimgestiondupatrimoine.wordpress.com>
- Plan bâtiment durable – rapport du groupe de travail BIM et gestion du patrimoine.
- Livre blanc Maquette numérique et gestion patrimoniale, mai 2014.
- www.mediaconstruct.fr