

BIM ET ÉNERGÉTIQUE DU BÂTIMENT

Karim Beddiar
Fabien Imbault



BIM ET ÉNERGÉTIQUE DU BÂTIMENT

De la conception à l'exploitation

EDITIONS
LE MONITEUR

DUNOD

Graphisme des illustrations 1.2, 2.8, 2.16, 2.17, 5.6 et 5.7 :
Rachid Marai

Le pictogramme qui figure ci-contre mérite une explication. Son objet est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du photocopillage.

Le Code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique

d'enseignement supérieur, provoquant une baisse brutale des achats de livres et de revues, au point que la possibilité même pour

les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée. Nous rappelons donc que toute reproduction, partielle ou totale, de la présente publication est interdite sans autorisation de l'auteur, de son éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).



© Dunod, 2017

11 rue Paul Bert, 92240 Malakoff

www.dunod.com

ISBN 978-2-10-076660-4

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2° et 3° a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

Préface

La lutte contre le changement climatique est un défi majeur, qui résulte principalement de l'exploitation linéaire et extensive des ressources naturelles, en particulier des énergies fossiles. Ses impacts sont désormais reconnus. Le modèle actuel n'est ni durable ni écologique sur les plans économique et social, d'autant que nous vivons dans un siècle marqué par une démographie et une urbanisation galopantes.

Après la COP 21 de Paris sur le climat, la COP 22 de Marrakech vise la réduction sensible du taux du CO₂, notamment la consommation d'énergie carbonée. La transition vers des énergies renouvelables s'engage. L'atteinte de ces objectifs nous invite à revisiter nos modes de consommation, à repenser la manière dont nous construisons nos villes et bâtiments et à reconsidérer la manière dont nous utilisons globalement l'énergie en phase construction comme en phase exploitation.

Le secteur du bâtiment représente aujourd'hui le premier levier d'action d'optimisation de l'efficacité énergétique. Pour réduire son empreinte carbone, le secteur s'est engagé dans une transition énergétique à la fois pour réduire ses émissions de CO₂, sa consommation énergétique et augmenter la part des énergies renouvelables.

En parallèle, le secteur vit sa transition numérique : le BIM (*Building Information Modeling*), lancé en France début 2015 dans le cadre de la feuille de route du Plan de transition numérique du bâtiment, représente un outil collaboratif puissant d'amélioration de la gestion de projet et de productivité : gain en temps et en qualité, détection précoce des erreurs et des conflits, partage des données et travail collaboratif tout au long du cycle de vie du bâtiment, de sa conception à sa déconstruction en passant par sa construction, son exploitation et sa maintenance.

Cet outil technologique participe fortement à l'atteinte des objectifs énergétiques et environnementaux, de manière durable, tout en respectant les politiques d'environnement. Il contribue à la création du bâtiment de demain, un bâtiment

intelligent capable de gérer ses flux, d'économiser l'énergie, d'être un lieu de vie, de confort et de santé pour ses occupants.

Il est temps désormais d'accélérer le développement et la diffusion des technologies à chaque stade de la construction et de l'exploitation, de favoriser la formation, la recherche et l'innovation. C'est une des missions que se fixe la Chaire d'enseignement et de recherche Cisco-Cesi-VINCI Energies « Industries et service de demain ».

L'innovation technologique, dont le BIM est une concrétisation, permet ainsi de bâtir la ville de demain, intelligente et humaine. VINCI Energies, avec notamment l'appui de ses entreprises d'ingénierie et travaux et de sa marque VINCI Facilities, accélère depuis des années le déploiement de ces innovations pour rendre tangible la transition énergétique et la transformation digitale au service de la ville et du citoyen.

Hervé Adam, directeur général VINCI Energies France

Remerciements

Nous tenons d'abord à remercier le CESI. En particulier Monsieur Vincent Cohas, directeur général du Cesi et Monsieur Stéphane Degrés, directeur régional du Cesi Ouest, pour leur soutien et leurs encouragements.

Merci à Monsieur Hervé Adam, directeur général VINCI Energies France, d'avoir accepté de préfacer cet ouvrage.

Merci aux entreprises et aux organismes ayant accepté de nous fournir des études de cas et des illustrations, parmi eux : VINCI Energies, Evolution Energie, Smart Use, Stereograph et Emerton.

Rédiger un livre est un travail de longue haleine, nous devons, enfin, remercier nos familles pour leur patience et leur compréhension.

Table des matières

Préface	V
Remerciements	VII
Introduction générale	XI
1 Le BIM dans la construction	1
1.1 Définitions	2
1.2 Les acteurs de la transition numérique dans la construction	4
1.3 Environnement du BIM	6
1.4 Éléments juridiques sur le BIM	17
1.5 Le BIM en France et à l'international	20
1.6 BIM, PLM et BLM	24
1.7 Conclusion	26
2 Les performances énergétiques et environnementales du bâtiment	27
2.1 L'industrie du bâtiment et l'énergie	27
2.2 L'énergie dans le bâtiment	30
2.3 Optimisation des consommations énergétiques des bâtiments	55
2.4 Conclusion	67
3 La gestion patrimoniale du bâtiment à la ville	69
3.1 Gestion patrimoniale et aménagement du territoire	69
3.2 L'aménagement du territoire	72
3.3 L'échelle urbaine	74
3.4 Conclusion	89
4 Le BIM et les performances énergétiques et environnementales	91
4.1 Le BIM et le projet de construction	91
4.2 Le BIM et le bâtiment (intelligent)	100

4.3	Évaluation des résultats	106
4.4	Le BIM et l'existant	111
4.5	Penser et « modéliser » la ville de demain	117
4.6	Le BIM et la ville	122
4.7	Outils, critères, standards et indicateurs	127
4.8	Conclusion	139
5	BIM et enjeux du futur	141
5.1	Évolution du contexte	141
5.2	BIM et les nouveaux métiers	164
5.3	Les nouveaux contrats : ESCO, CREM, REM	173
5.4	Conclusion et perspectives	178
6	Études de cas	181
6.1	Le BIM pour le facilities management – Expérimentation de l'usage du BIM en exploitation sur le site Hélios à Vélizy-Villacoublay	181
6.2	Un modèle de transformation de la ville : l'écoquartier durable du Perray-en-Yvelines	191
6.3	Une solution BIM d'exploitation et gestion d'une infrastructure : hypervision de parkings	198
	Conclusion générale	203
	Glossaire	207
	Bibliographie	217
	Webographie	221
	Index	223

Introduction générale

Le secteur de la construction fait actuellement face à de nombreux enjeux. D'abord, et ce depuis plusieurs années, des difficultés récurrentes sont générées par un déséquilibre entre l'offre et la demande : entre 300 000 et 350 000 logements sont mis en chantier chaque année alors que l'objectif visé se situe autour de 500 000 logements neufs/an.

Ensuite, l'acte de construire devient de plus en plus complexe, surtout lorsqu'on prend en considération les nombreuses normes et réglementations applicables et la collaboration malaisée entre les différentes parties prenantes impliquées (client, architecte, BET [bureau d'études techniques], entreprises, etc.).

Enfin, la France s'est fortement engagée en matière d'efficacité énergétique, de réduction des émissions de gaz à effet de serre et de déploiement des énergies renouvelables pour 2020, 2030 et 2050. Ces objectifs ne pourront être atteints que si les secteurs du bâtiment et de l'énergie démontrent leur capacité à construire mieux, plus rapidement et de manière moins coûteuse. Le consommateur doit de plus devenir, grâce à la fourniture de solutions simples de calcul et d'optimisation de sa consommation, un véritable acteur de la transition énergétique.

Cette équation complexe trouve une solution dans l'innovation. Elle représente un des facteurs clés pour sortir de cette situation délicate en apportant de nouvelles réponses à des problématiques réelles, tout en prenant compte de l'état du secteur. En cela, le numérique a été identifié comme une opportunité de rupture permettant d'améliorer l'efficacité de la construction et de la rénovation ainsi que la gestion, l'exploitation et la maintenance des ouvrages... il s'agit d'un axe de modernisation incontournable pour la filière de la construction. À titre d'illustration, nous pouvons citer le rôle prégnant des NTIC (nouvelles technologies d'information et de communication) dans l'optimisation énergétique et environnementale¹ : avec l'arrivée à maturité de technologies numériques (smart building, smart grids, etc.) qui permettent d'optimiser le processus de construction et rendent le consommateur acteur de l'optimisation de ses usages énergétiques.

1. Beddiar K., Lemale J. (2016), *Bâtiment intelligent et efficacité énergétique – Optimisation, nouvelles technologies et BIM*, éditions Dunod, 256 p.

De la conception à la maintenance, en passant par la réalisation, la fabrication des équipements et produits, la pose, la gestion et l'entretien, à toutes ces étapes le numérique peut améliorer l'efficacité des acteurs et faire progresser la qualité des ouvrages tout en impactant sensiblement la chaîne de valeur. Si la complémentarité des métiers est un fait avéré, la transversalité l'est un peu moins. Pourtant, diffuser les usages du numérique va nécessiter de développer une dimension transversale réunissant différents intervenants et corps de métiers pour tendre vers un mode collaboratif efficace, où chaque acteur joue un rôle et apporte une valeur spécifique. Certains utilisent déjà le numérique et sont convaincus de sa plus-value, d'autres sont méfiants voire réticents. Pourtant de nombreux travaux, par exemple celui du cabinet McKinsey France¹, soulignent que le numérique pourrait représenter une gigantesque valeur économique, estimée à près de 1 000 milliards d'euros en France d'ici 2025. Cette valeur proviendrait à la fois de la valeur ajoutée générée par les entreprises et du « surplus » capté par les consommateurs.

Dans ce domaine un des programmes les plus ambitieux et novateurs dans le domaine de la construction est « Plan transition numérique dans le bâtiment » (PTNB) dans le cadre du plan de relance de la construction lancé en décembre 2014. Ce programme fait suite au rapport² de Bertrand Delcambre remis en décembre 2014.

L'objectif est de convaincre les maîtres d'ouvrage, de moderniser la conception/réalisation et surtout d'entraîner et d'accompagner les entreprises et artisans. Pour embarquer dans le numérique tous les acteurs du bâtiment, notamment les entreprises artisanales du secteur qui représentent la quasi-totalité des entreprises, des efforts importants de communication, à différents niveaux, sont à mettre en place. Le PTNB a pour ambition de déployer une série d'actions structurantes répondant aux différents axes retenus dans le rapport de décembre 2014.

Le numérique est donc clairement identifié comme une opportunité majeure pour améliorer et moderniser les méthodes comme la qualité de construction ainsi que la communication/collaboration entre tous les acteurs, pour plus de logements à des coûts maîtrisés.

Le PTNB a identifié certains travaux comme étant prioritaires et indispensables à la réussite de la transition numérique pour les acteurs du bâtiment. En ce sens, une attention particulière a été portée sur l'emploi du (BIM) et de la maquette numérique dans tout le cycle de la construction (de la conception à la main-

1. McKinsey France (2014), « Accélérer la mutation numérique des entreprises : un gisement de croissance et de compétitivité pour la France », 134 p.

2. Delcambre B. (2014), rapport « Mission numérique bâtiment », 54 p.

tenance), notamment à destination des petites entreprises. Cet outil constitue aujourd'hui un moyen essentiel dans l'optimisation de l'acte de construire, mais plusieurs aspects demeurent encore mal maîtrisés, notamment s'agissant des cibles « énergie » et « environnement » à l'échelle du bâtiment mais aussi à l'échelle urbaine.

C'est à partir de cette réalité complexe et pour répondre à ces attentes que nous avons décidé de mener dans cet ouvrage une réflexion sur le BIM flux et l'optimisation des deux cibles citées plus haut.

Ce travail pourra servir de point d'appui méthodologique aux différents acteurs qui interviennent dans la conception et la gestion d'un projet de construction : étudiants, architectes, urbanistes, BET, maîtres d'ouvrage, etc.

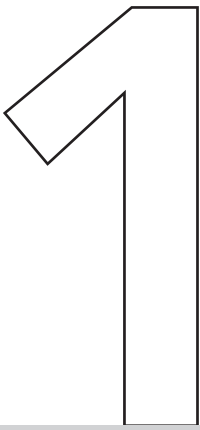
Cet ouvrage est construit en six chapitres :

- ▶ Le premier chapitre introduit le BIM, définit les concepts et explicite son écosystème en France et à l'international.
- ▶ Le deuxième chapitre, à visée technique, a pour objectif de donner les éléments principaux liés à l'efficacité énergétique et environnementale du bâtiment pour mieux comprendre les concepts, pouvoir alimenter correctement en données la maquette numérique et savoir interpréter les résultats issus de cette dernière.
- ▶ Le troisième chapitre vise à mieux comprendre la gestion du patrimoine du bâtiment à la ville et l'apport du BIM dans cette phase qui représente les trois quarts du cycle de vie d'un ouvrage de construction.
- ▶ Le quatrième chapitre repose sur les chapitres précédents pour traiter des aspects liant le BIM aux performances énergétique et environnementale que ce soit à l'échelle du bâtiment ou à l'échelle urbaine.
- ▶ Le cinquième chapitre traite des innovations et des enjeux du futur en lien avec l'utilisation du BIM dans l'optimisation des performances du bâtiment.
- ▶ Enfin, le dernier chapitre est consacré à la présentation d'opérations réelles. Ces opérations sont décrites sous diverses facettes. Un zoom sera fait sur les volets énergétiques et environnementaux, sujets principaux de l'ouvrage. Ainsi, l'objectif est de montrer l'étendue de l'utilisation du BIM et la maquette numérique sur le terrain et de donner un aperçu de la grande variété des projets et des enjeux actuels.

Le BIM représente aujourd'hui une réalité. C'est également un enjeu d'avenir et un objet d'innovation et de progrès formidable. Il est par ailleurs un outil puissant au service du bâtiment de demain. En somme, une solution pertinente

pour réussir la transition énergétique et numérique que traverse le domaine de la construction.

Ce livre a pour ambition d'aider les parties prenantes d'un projet utilisant (ou pouvant utiliser) le BIM d'avoir une grille de lecture la plus complète possible leur permettant d'appréhender la réalité énergétique et environnementale de leurs ouvrages, avec des éléments de réponses à leurs questionnements.



Le BIM dans la construction

La littérature introduisant la notion de BIM est foisonnante. Nous nous contentons ici de donner les premières définitions des différents concepts pour bien comprendre le BIM et la maquette numérique : Qu'est-ce que le BIM ? Quel est son intérêt ? Quels sont son écosystème et ses acteurs ? Ce chapitre tente de répondre à certaines de ces questions.

En réalité le BIM est un concept ancien. Déjà en 1962, l'informaticien Douglas C. Engelbart parlait d'une représentation géométrique couplée à une base de données permettant d'optimiser la conception d'un projet¹. Cette idée ne pouvait se concrétiser par manque d'infrastructure informatique suffisante.

Par la suite, en 1975, Chuck Eastman, père de la conception assistée par ordinateur (CAO) moderne met en place la première représentation incluant une base de données, qui préfigure la maquette numérique actuelle².

Au début des années 1980 est née la première version d'AutoCad, avec l'avènement des premiers dessins par ordinateur. D'autres logiciels de CAO sont nés à la suite pour faire des calculs thermiques, acoustiques, etc. En France, les premières utilisations d'une base de données centralisées dans un projet datent de 1985.

La réflexion sur l'inter-compatibilité entre logiciels est apparue en 1995 aux États-Unis, avec la naissance des premiers formats d'échange ouverts.

Ces avancées ont permis par la suite de rendre possible le BIM sous sa forme actuelle et en faire un outil indispensable de la conception et la gestion des ouvrages.

1. Engelbart D. C. (1962), rapport « *Augmenting Human intellect: a conceptual framework* », Stanford Research Institute, 134 p.

2. Eastman C. et Henrion M. (1977), « GLIDE: A Language for Design Information systems », *ACM SIG-GRAPH Computer Graphics*, vol. 11 (2), pp. 24-33.

1.1 Définitions

La dénomination BIM remonte à 2002 aux États-Unis. Il a été nommé pour décrire un projet de sa conception à sa construction virtuelle¹. Plusieurs définitions du BIM existent et ne convergent pas forcément. La définition proposée peut être la 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, enrichie et mise à jour par les acteurs du projet de construction. » On parle souvent de maquette numérique, ou de base de données, pouvant être utilisée de différentes manières à de multiples fins et à différentes phases du cycle de vie de l'ouvrage – de sa conception, en passant par sa construction et son exploitation, jusqu'à sa déconstruction. 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 qu'aux calculs énergétiques, à la simulation du comportement mécanique de la structure porteuse, etc.

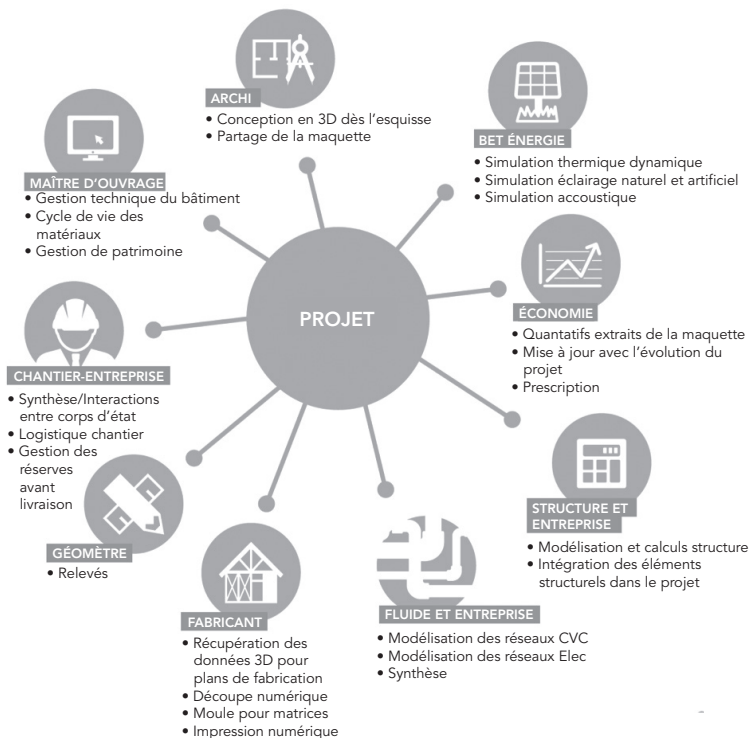


Figure 1.1 Le BIM, un travail collaboratif
(Source : UNTEC)

1. Laiserin J. (2003), « The BIM Page », *The Laiserin Letter*.

1.1 Définitions

Le BIM peut être utilisé pour parler de plusieurs notions¹, ce qui peut être à l'origine de confusions :

- ▶ BIM pour « **Building Information Modeling** » : il a été défini plus haut. Dans ce cadre, le BIM est un processus d'échanges autour de maquettes numériques dans un objectif de travail collaboratif interne à une entreprise ou entre plusieurs parties prenantes externes.
- ▶ BIM pour « **Building Information Model** » ou « Maquette numérique » (MN) : la représentation numérique des caractéristiques physiques et fonctionnelles d'un ouvrage. C'est aussi une représentation 3D riche en informations pertinentes : une sorte de base de données standardisée et partagée, capable de contenir toutes les informations techniques, réglementaires... de l'ouvrage bâti sur toute sa durée de vie. Elle contient les objets composant l'ouvrage, leurs caractéristiques et les relations entre ces objets. Ces informations complètent la description purement géométrique de la forme du bâtiment réalisée par certains logiciels.
- ▶ BIM pour « **Building Information Management** » : il fait référence à l'organisation des méthodes et processus permettant notamment la réalisation et le suivi de la maquette numérique. C'est le pilotage de l'élaboration de la convention BIM sera élaborée, rédigée et mise à jour en coordination et accord avec l'ensemble des parties intervenantes concernées.

Le BIM est donc le processus consistant à créer, enrichir, maintenir et exploiter toutes les données nécessaires à la construction d'un ouvrage de construction. Il est capable de couvrir l'ensemble des étapes du cycle de vie de l'ouvrage construit. Un tel processus nécessite une étroite collaboration des différentes parties prenantes ainsi qu'une gestion efficace de l'information nécessaire au projet de construction.

Le BIM consiste à « construire » avant la construction, à simuler de manière virtuelle la réalisation d'un ouvrage afin d'optimiser sa planification, son coût, planning, sa qualité, sa construction grâce à une meilleure gestion ainsi qu'à permettre une réduction des risques très en amont, dès les premières phases du projet, avant d'arriver à la phase travaux où les modifications sont plus onéreuses, créant ainsi des ouvrages à forte valeur ajoutée.

Le BIM recourt à trois niveaux de maturité qui sont bien définis et distincts les uns des autres :

- ▶ Le niveau 1 : c'est un mélange de CAO 3D et dessin de plan 2D. Il n'y a toujours pas de collaboration entre les différentes parties prenantes du projet. C'est le niveau le plus utilisé par les entreprises n'utilisant pas le BIM.

1. www.untec.fr

- ▶ Le niveau 2 : ce niveau marque le début du travail collaboratif. En effet, chaque partie prenante travaille sur sa propre maquette numérique. Mais les informations du projet doivent figurer sur un fichier commun dont le format est exploitable par tous, par exemple, le format IFC (défini plus tard). C'est le niveau le plus utilisé par les entreprises travaillant avec la méthode BIM.
- ▶ Le niveau 3 : c'est la collaboration totale entre toutes les parties prenantes. Chacune peut avoir accès à la maquette d'une manière centralisée. Les modifications sont automatiquement mises à jour.

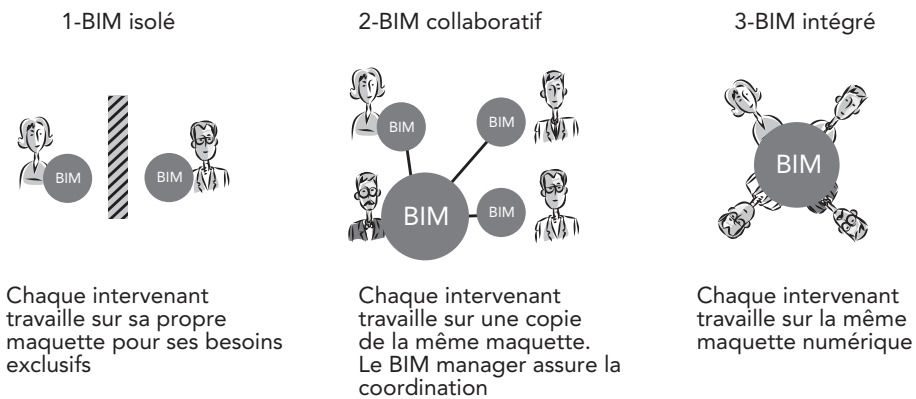


Figure 1.2 Niveaux de collaboration dans le BIM
(Source : www.enviroboite.net)

1.2 Les acteurs de la transition numérique dans la construction

Afin d'aider les acteurs dans la transition numérique et de fédérer des associations, comme Smart Building Alliance (SBA) et buildingSMART, ont créé des groupes de travail dans le but de développer concrètement le BIM dans la construction, du bâtiment à la ville. Leurs recherches s'étendent aux infrastructures, aux énergies, aux transports, etc.

SBA est une organisation ayant pour objectif l'intégrité des smart buildings dans les smart cities.

L'organisation buildingSMART International (bSI) a été créée il y a 20 ans dans l'objectif de développer le BIM dans la construction. Cette organisation œuvre

1.2 Les acteurs de la transition numérique dans la construction

pour concevoir et développer les normes et les standards du BIM au sens large dans le monde entier, en se voulant neutre et à but non-lucratif.

Mediaconstruct, le chapitre France de buildingSMART International, est très investi dans cette organisation, tant sur le fait de faire remonter la parole de la France que d'appréhender les nouvelles technologies concrètes des autres chapitres liés à l'OpenBIM, dans le but de s'y associer et de se développer.

Mediaconstruct regroupe l'offre et la demande en matière de solutions informatiques, d'aménagement et d'immobilier dans les différents domaines de la construction. Elle compte plus de 180 membres.

L'AFNOR a mis en place une commission de normalisation pour la mise en place, début 2015, de la norme NF XP P07-150 dite norme PPBIM : « Propriétés des produits et systèmes utilisés en construction – Définition des propriétés, méthodologie de création et de gestion des propriétés dans un référentiel harmonisé ». Cette norme est portée pour faire l'objet d'une reprise au niveau européen et en complémentarité avec les normes ISO du domaine.

L'Association des industries de produits de construction (AIMCC) met en œuvre la structuration et la numérisation des données produites. Le BIM doit être ouvert (OpenBIM) et le corpus de standards disponibles dans ce domaine qui aura pour vocation à se compléter progressivement.

L'AIMCC a amorcé avec l'AFNOR, le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) et Mediaconstruct, la création de « France Euro PPBIM » dont l'objectif est la numérisation cohérente des données produits dans les catalogues électroniques des fabricants (l'interopérabilité des échanges).

L'association BIM France encourage quant à elle l'usage du BIM, contribue à la mise en place du calendrier en France et participe à l'élaboration des textes et chartes.

En 2015, l'European Union BIM Task Group a été créé. Ce groupe de travail a pour objectif d'établir une « politique européenne » en prenant en compte le développement de chacun ainsi que les directives d'accroissement de l'utilisation d'outils numériques pour les commandes publiques. Il est composé actuellement de 19 pays membres. Ses principales missions du groupe de travail visent à créer un marché européen commun du BIM dans le but d'accroître la productivité et de réduire les coûts tout en respectant les spécificités nationales et l'intégration d'éléments constructifs afin d'accentuer l'optimisation en conception-réalisation-exploitation.

1.3 Environnement du BIM

1.3.1 Les dimensions du BIM

Il existe également différentes dimensions telles que les BIM 2D, 3D, 4D, 5D, 6D et 7D.

- ▶ **BIM 3D** ou la **maquette numérique** : une représentation 3D d'un ouvrage comportant les caractéristiques géométriques (plan, coupe, etc.) et les informations liées à la nature des objets utilisés (composition, propriété physique, etc.).
- ▶ **BIM 4D** : un modèle BIM 3D qui intègre en plus la dimension temporelle, utilisé pour visualiser le planning de construction ou de rénovation.
- ▶ **BIM 5D** : un modèle BIM 4D auquel on a ajouté les données liées au coût, utilisé pour automatiser les calculs quantitatifs lors de l'estimation financière.
- ▶ **BIM 6D** : il représente l'ajout des simulations de performances énergétiques. On va pouvoir déterminer, entre autres, les déperditions thermiques.
- ▶ **BIM 7D** : il fait le lien entre l'ouvrage (en tant qu'objet) et sa durée de vie. Ce fichier est délivré au maître d'ouvrage pour l'exploitation et la maintenance de son bien (facility management).
- ▶ **BIM 8D** : il représente l'ajout de la dimension liée à la rénovation et la réhabilitation des ouvrages
- ▶ **BIM d'autres dimensions** : on peut aisément imaginer l'ajout d'autres dimensions. Exemples : la gestion des déchets, l'usage, l'interaction avec l'échelle urbaine, etc.

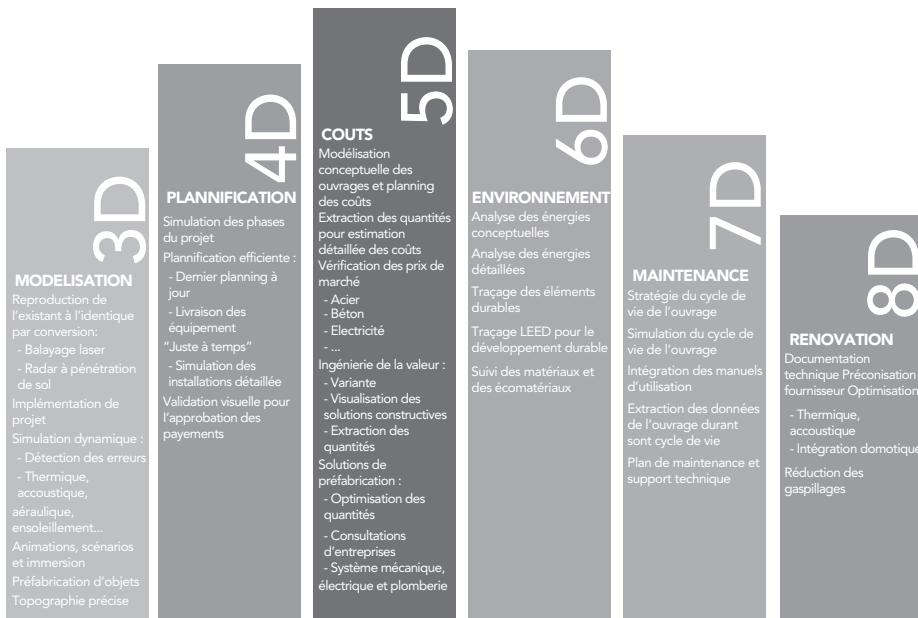


Figure 1.3 Niveaux du BIM