



Brad Hardin & Dave McCool  
ÉDITION FRANÇAISE ÉTABLIE PAR LUIGI FAILLA

●

# Le BIM appliqué au management du projet de construction

Outils, méthodes et flux de travaux

COMPLÉMENT INÉDIT :  
LA NORME ISO POUR LE BIM  
PRÉSENTATION DE LA SÉRIE  
*NF EN ISO 19650* PAR  
MARIE-CLAIRE COIN

afnor  
ÉDITIONS

● Éditions  
EYROLLES

« Les professionnels de la construction sont doublement concernés par les questions auxquelles répond cet ouvrage.

D'un côté, nous vivons à l'ère de l'hyperconnexion numérique dont les pratiques et les usages influencent nos capacités cognitives et notre manière de gérer un projet; de l'autre, cette technologie a irrémédiablement modifié le dessin et l'information qui, indispensables dans notre industrie, deviennent de plus en plus numériques, paramétriques, partagés et collaboratifs.»

Luigi Failla

« La série NF EN ISO 19650 propose des clés pour la gestion de l'information projet avec le BIM.

Accompagnant la gestion et le management de projet de nos opérations, elle ne s'y substitue pas: son modèle s'adapte sans influencer sur les modes de dévolution des marchés et leurs jeux d'acteurs. Elle s'adresse – sur l'ensemble du cycle de vie – à toutes les typologies d'ouvrages entendues au sens élargi de l'environnement bâti: bâtiment et infrastructure.»

Marie-Claire Coin

# Le BIM appliqué au management du projet de construction

## Outils, méthodes et flux de travaux

COMPLÉMENT INÉDIT: PRÉSENTATION DE LA SÉRIE NF EN ISO 19650 PAR MARIE-CLAIRE COIN

Complété par une analyse de l'état des lieux du BIM en France et par un exposé de la toute nouvelle norme (décembre 2018), ce guide répond concrètement aux questions que soulève la place du BIM dans chacune des phases que traversera un ouvrage – depuis les prémisses de sa conception jusqu'aux dernières étapes de sa gestion. Les différents professionnels de la construction pourront y voir comment le recours au BIM permet d'atteindre – ensemble et avec profit – les objectifs que l'on s'est fixés.

### SOMMAIRE

Introduction de Luigi Failla  
*Le BIM: conception, construction et gestion de l'ouvrage à l'âge numérique*

Prologue de Marie-Claire Coin  
*Le BIM, le besoin de normes et la série NF EN ISO 19650*

1 Pourquoi la technologie est-elle si importante pour le management de projet?

2 La planification de projet

3 Comment promouvoir l'usage du BIM et remporter un projet

4 Le BIM et les études

5 Le BIM et la construction

6 Le BIM et l'administration du chantier

7 Le BIM et la livraison

8 L'avenir du BIM

Postface de Sylvain Riss  
*Deux nouvelles sources de richesses*

Architecte et maître d'œuvre, **Brad Hardin** est le directeur technique d'une entreprise de conception et de construction (Black & Veatch) dont il préside la filiale chargée des projets d'infrastructures à l'échelon international (Diodes Ventures). Spécialisé en énergie et environnement (LEED AP), il conseille également les industriels sur l'emploi des technologies.

Ingénieur (DBIA & LEED AP), directeur de la filiale chargée de la conception dans un grand groupe de BTP (McCarthy), **Dave McCool** – qui a occupé des postes clés dans les instances de l'architecture (AIA) et de la normalisation (NBIMS) – enseigne également à l'université.

Architecte et ingénieur travaillant dans une des majors du BTP, docteur en architecture et chercheur associé au Laboratoire A.C.S. (UMR AUSser-CNRS 3329), **Luigi Failla** est un expert BIM appelé depuis plus de dix ans sur de grands projets, en France et à l'étranger. Auteur de plusieurs ouvrages spécialisés et d'articles de recherche, il collabore par ailleurs aux enseignements de l'ENSA Paris-Malaquais.

Architecte, animatrice de la commission Transition numérique au sein d'EGF-BTP (syndicat des entreprises générales de France), membre du Comité de pilotage du programme de recherche MINnD et administratrice de BuildingSMART France, **Marie-Claire Coin** est experte BIM, notamment sur les normes relatives aux processus et IDM dont la norme NF EN ISO 19650. Elle est aussi membre et pilote des actions de normalisation sur le BIM, tant en ISO qu'au CEN ou à l'AFNOR. Elle travaille au sein d'une des majors de la construction.

[www.editions-eyrolles.com](http://www.editions-eyrolles.com)

[www.boutique.afnor.org/livres](http://www.boutique.afnor.org/livres)

Brad Hardin & Dave McCool

# Le BIM appliqué au management du projet de construction

Outils, méthodes et flux de travaux

Édition française établie par Luigi Failla

Complément inédit : la norme ISO pour le BIM  
*Présentation de la série NF EN ISO 19650* par Marie-Claire Coin

Traduit de l'anglais (États-Unis) par  
Thibault Tatin et Rachel Lévy, architectes DE

Éditions Eyrolles  
61, bd Saint-Germain  
75240 Paris cedex 05  
www.editions-eyrolles.com

Afnor éditions  
11, rue Francis de Pressensé  
93571 La Plaine Saint-Denis Cedex  
www.boutique-livres.afnor.org

Édition originale en langue anglaise :

*BIM and Construction Management. Proven Tools, Methods and Workflows*  
Second edition

publiée par Wiley © John Wiley & Sons, Inc., Indianapolis, Indiana pour l'édition  
en langue anglaise

Aux termes du Code de la propriété intellectuelle, toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle de la présente publication, faite par quelque procédé que ce soit (reprographie, microfilmage, scannérisation, numérisation...) sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite et constitue une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. L'autorisation d'effectuer des reproductions par reprographie doit être obtenue auprès du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC) – 20, rue des Grands-Augustins – 75006 Paris.

© Éditions Eyrolles et Afnor éditions, 2019 pour l'édition en langue française

ISBN Eyrolles : 978-2-212-14469-7

ISBN Afnor éditions : 978-2-12-465716-2



# Sommaire

---

Introduction de Luigi Failla .....	XIII
Prologue de Marie-Claire Coin.....	XLIII
Avant-propos des auteurs .....	LXV
Chapitre 1   Pourquoi la technologie est-elle si importante pour le management de projet ? .....	1
Chapitre 2   La planification de projet.....	51
Chapitre 3   Comment promouvoir l’usage du BIM et remporter un projet.....	105
Chapitre 4   Le BIM et les études.....	141
Chapitre 5   Le BIM et la construction.....	215
Chapitre 6   Le BIM et l’administration du chantier .....	277
Chapitre 7   Le BIM et la livraison .....	321
Chapitre 8   L’avenir du BIM .....	361
Postface de Sylvain Riss.....	389

## Crédits iconographiques

1.3 p. 17	© Eddy Kriegel
1.4 p. 23	© Vico Software
1.5 p. 25	© Vico Software
1.6 p. 26	© Onuma Systems
1.8 p. 29	© Autodesk
1.9 p. 33	© Gluck+
1.10 p. 37	© Pullplan.com
1.13 p. 45	© McGrawHill Construction
1.14 p. 50	© J.C. Cannistraro; McGrawHill SmartMarket Report
2.2 p. 58	© Patrick MacLeamy, FAIA, CEO HOK HOK Group, Inc. 2014 (droits réservés)
2.5 p. 69	© Scripps Health
2.6 p. 69	© Scripps Health
2.10 p. 92	© Dave McCool
3.1 p. 108	© Brad Hardin
3.2 p. 118	© McGrawHill SmartMarket Report
3.3 p. 123	© Parsons Brinckerhoff
3.6 p. 128	© McCarthy Building Companies
4.1 p. 143	© McGrawHill Construction's 2013 SmartMarket Report; Lean Construction, Leveraging Collaboration and Advanced Practice to Increase Project Efficiency
4.2 p. 149	© Skyscraper Museum, ESB Archives, Schedule for Structural Steel
4.3 p. 150	© Skyscraper Museum, ESB Archives, Steel Structure Time Chart
4.4 p. 152	© McGrawHill, MHC Interoperability SmartMarket Report 2007. Droits réservés
4.14 p. 173	© McGrawHill Construction's, SmartMarket Report, 2014, "The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets: How Contractors Around the World Are Driving Innovation With BIM"
4.16 p. 176	© Scripps Health
4.17 p. 177	© Scripps Health
4.18 p. 179	© National Roofing Contractors Association. Droits réservés
4.19 p. 179	© National Roofing Contractors Association. Droits réservés
4.20 p. 180	© Scripps Health
4.21 p. 181	© Scripps Health
4.22 p. 182	© Scripps Health
4.37 p. 211	© McCarthy Building Companies
4.38 p. 211	© Vinci LLC
4.39 p. 212	© McCarthy Building Companies
4.40 p. 212	© McCarthy Building Companies
5.10 p. 237	© 2009 VISICO Center, University of Twente
p. 253	© Rex Moore
5.18 p. 255	© Autodesk
5.19 p. 257	© Pull Plan
p. 260	© Black & Veatch Engineering
p. 261	© Black & Veatch Engineering
5.20 p. 267	© Fiatech
6.1 p. 283	© McCarthy Building Companies
p. 287	© IMRIS Inc., 2015
p. 288	© IMRIS Inc., 2015
p. 289 (haut & bas)	© McCarthy Building Companies
p. 290	© McCarthy Building Companies
6.7 p. 297	© McCarthy Building Companies
6.16 p. 311	© McCarthy Building Companies
7.4 p. 337	© viaTechnik (www.viatechnik.com)
8.2 p. 365	© American Building Innovation LP
p. 370 photo	© Megan McCool
p. 371	© Virtuix

NB. Les copies d'écran appartiennent aux éditeurs des logiciels correspondants et les illustrations non créditées sont l'œuvre des deux auteurs de l'ouvrage, lesquels en conservent la propriété.



# Table des matières

---

Introduction de Luigi Failla – Le BIM : conception, construction et gestion de l’ouvrage à l’âge numérique .....	XIII
Prologue de Marie-Claire Coin – Le BIM, le besoin de normes et la série NF EN ISO 19650 .....	XLIII
Avant-propos des auteurs .....	LXV
Chapitre 1   Pourquoi la technologie est-elle si importante pour le management de projet ? .....	1
■ Les promesses du BIM .....	1
Les procédures .....	5
Les technologies.....	6
Les comportements.....	9
■ La valeur du BIM dans la construction .....	11
Où le BIM joue-t-il un rôle dans le management de projet ?.....	15
L’engagement de l’équipe.....	16
La recherche de projet et le développement des affaires .....	17
La planification pour la réussite du BIM .....	19
L’utilisation des contrats dans le BIM .....	19
La planification .....	21
La logistique.....	23
L’estimation des coûts.....	24
La constructibilité.....	26
Analyser les données dans le BIM.....	30

Concevoir pour la préfabrication.....	31
Coordonner la construction.....	33
Utiliser des appareils mobiles.....	34
Le contrôle des plannings.....	35
Contrôler les coûts.....	37
Gérer les modifications.....	39
La gestion des matériaux.....	40
Le suivi des équipements.....	41
La livraison.....	42
Réception de l'ouvrage et listes des réserves.....	43
La gestion des ouvrages.....	44
La communauté des plateformes de connaissances.....	46
■ Dans quelle direction l'industrie s'orienté-elle ?.....	47
L'adhésion des responsables.....	47
L'évolution du rôle du BIM manager.....	48
Quels en sont les résultats ?.....	49
■ Pour résumer.....	50
<b>Chapitre 2   La planification de projet.....</b>	<b>51</b>
■ Les procédures de passation de marché.....	51
L'appel d'offres.....	53
Le BIM et l'appel d'offres.....	56
Entreprise en position de risque.....	59
Le BIM dans la méthode entreprise en position de risque.....	62
Conception-réalisation.....	64
Le BIM dans la conception-réalisation.....	68
Integrated Project Delivery (marché global de performance).....	70
■ Documents de référence pour établir un contrat BIM.....	72
AIA : document E202.....	74
AGC : ConsensusDocs 301.....	74
DBIA : Document E-BIMWD.....	75
AIA : Document E203.....	76
Quelques considérations sur les contrats.....	77
■ Les cas d'usage fondamentaux du BIM.....	78
Les niveaux de développement (LOD).....	78
La coordination basée sur le modèle.....	80
La planification basée sur le modèle.....	83

Les estimations basées sur le modèle .....	84
La gestion du bâtiment basée sur le modèle .....	85
Les analyses basées sur le modèle .....	86
■ Le plan d'exécution BIM.....	87
L'histoire du plan d'exécution BIM .....	88
La communication .....	90
L'équipe.....	90
Les logiciels .....	92
Les attentes.....	95
L'organisation.....	98
L'origine du modèle.....	99
L'hébergement du modèle .....	99
L'arborescence des fichiers .....	100
Nommer les fichiers.....	101
Pour résumer .....	103

## Chapitre 3 | Comment promouvoir l'usage du BIM et remporter un projet.....

et remporter un projet.....	105
■ L'historique du marketing BIM.....	105
■ Constituer son équipe .....	109
■ Promouvoir son savoir-faire BIM.....	112
Est-ce que ce qui est proposé apporte au projet une valeur claire et facilement démontrable ? .....	114
Est-ce un outil ou un processus éprouvé, en cours de développement ou au stade de l'innovation ? .....	115
Peut-on montrer l'impact réel d'une innovation ? .....	118
Est-ce vraiment ce que le propriétaire veut ? .....	121
Peut-on réaliser ce projet ? .....	123
■ Utiliser le BIM comme atout pour sa candidature .....	125
Parler du BIM dans les réponses aux appels d'offres .....	126
Des candidatures en images.....	128
Les simulations de projet .....	131
Des candidatures avec des simulations de réalité augmentée ou virtuelle.....	133
Autres outils marketing .....	134
Réaliser des propositions sur mesure.....	135
■ Harmoniser son travail avec les besoins du client .....	135
Exagérer la proposition .....	137

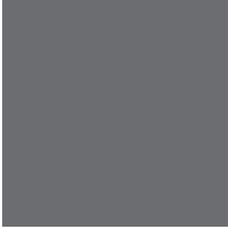
■ Chercher la valeur ajoutée et se concentrer sur les résultats.....	137
■ Pour résumer .....	140
<b>Chapitre 4   Le BIM et les études.....</b>	<b>141</b>
■ S’inspirer du passé.....	141
L’Empire State Building .....	143
Les entreprises de construction.....	143
Collaboration .....	144
Les innovations .....	145
Planification et préfabrication.....	147
L’état d’esprit Empire State .....	151
Adopter de nouvelles technologies .....	151
En route vers le BIM .....	154
■ La réunion de lancement .....	156
Recruter les bonnes personnes.....	156
Définir les objectifs.....	158
Mettre en place une bonne communication.....	159
Tenir compte des possibles tendances à l’anticipation .....	160
■ La planification de projet.....	161
Matrice organisationnelle de la conception du projet ( <i>Design Structure Matrix</i> – DSM).....	168
Planifier le LOD .....	171
■ L’examen technique du projet de construction .....	173
Enrichir les plans .....	174
Enrichir les détails .....	178
Mobiliser les talents de l’équipe.....	183
■ Les outils d’estimation .....	186
L’outil « nomenclature » de Revit .....	187
Estimations avec Assemble .....	193
■ Les études.....	198
Le Défi 2030 .....	198
Le développement durable et le BIM, un aperçu .....	200
Études de durabilité avec Sefaira.....	206
■ Logistique et planification.....	210
■ Pour résumer .....	213

Chapitre 5   Le BIM et la construction.....	215
■ Aperçu du BIM durant la construction .....	215
■ La coordination des modèles.....	218
La coordination de chantier avec le BIM .....	218
La détection des interférences .....	221
Exemple de détection d'interférences avec Navisworks.....	221
Exercice : jeux de sélection et recherche.....	224
Exercice de détection des conflits.....	227
La fabrication.....	230
Exercice de détection de conflits sur Navisworks .....	234
■ La planification BIM.....	236
Logiciel de planification .....	241
Créer une simulation 4D dans Navisworks.....	243
■ Retours d'expérience.....	247
La réalisation des travaux.....	249
Les méthodes et la logistique.....	250
La vérification des travaux .....	254
Le suivi des activités de construction.....	256
La gestion des réserves sur site .....	257
■ Le BIM et la sécurité.....	259
■ Produire de meilleures informations sur le chantier .....	261
Commencer en ayant le résultat attendu en tête .....	262
De quelles informations a-t-on besoin pour construire ? .....	265
Exercice d'annotation du modèle .....	266
Exercice d'intégration d'une vidéo.....	270
■ La cabane de chantier virtuelle .....	271
La salle de réunion .....	271
La gestion électronique des documents.....	273
Le bureau de la base vie de chantier en tant que serveur.....	273
Le bureau de la base vie de chantier en tant que centre de communication.....	275
Organiser la base vie de chantier.....	275
■ Pour résumer .....	276

Chapitre 6   Le BIM et l'administration du chantier .....	277
■ La bataille pour le BIM.....	277
■ La formation des équipes sur le chantier .....	281
Objectifs de la formation pour les compétences de base .....	283
Objectifs de la formation avancée pour la création des modèles.....	284
Objectifs de la formation avancée pour les usages supplémentaires.....	286
■ Le contrôle des documents .....	291
Mise en place d'une armoire à plans numérique avec Bluebeam Revu eXtreme ..	292
Organisation de la boîte à outils .....	292
Création des étiquettes des pages.....	292
L'extraction des fichiers par étiquette.....	294
Création de liens hypertextes pour les documents.....	294
Création de liens hypertextes pour les FTM.....	294
Classement numérique des feuilles.....	296
■ La valeur réelle de la 4D .....	297
■ Le développement de l'intuition BIM .....	301
Commencer par une porte.....	301
Assemble Systems : concepts avancés .....	303
Importation des jeux de recherche/sélection dans Navisworks .....	303
Mappage des équipements vers BIM 360 Field .....	305
Chargement de l'information et QR Coding.....	308
L'utilisation de 360 Field pour l'état des équipements .....	312
La visualisation de l'état des équipements dans la maquette.....	313
Des possibilités infinies.....	316
■ Petites victoires pour un grand changement .....	317
■ Pour résumer .....	318
 Chapitre 7   Le BIM et la livraison .....	 321
■ Les coûts réels des opérations d'exploitation.....	321
Livrer les informations : les artefacts fixes.....	325
La documentation PDF .....	326
La documentation CAO .....	329
Livrables artefacts constants.....	331
Adopter une approche hybride.....	332

■ Les maîtres d'ouvrage et le BIM .....	333
Les options pour le maître d'ouvrage.....	335
L'intégration du <i>record BIM model</i> .....	337
Les futurs défis des maîtres d'ouvrage.....	339
Le BIM et les solutions pour les maîtres d'ouvrage.....	341
■ Le BIM et la transmission de l'information.....	344
■ La mise à jour de la maquette numérique.....	348
<i>Facility management</i> : investissements et logistique permanents pour le BIM.....	350
La formation .....	353
La maintenance de la maquette numérique.....	354
■ Un BIM = une source d'information .....	355
■ Pour résumer .....	359
Chapitre 8   L'avenir du BIM .....	361
■ Que sera le BIM ?.....	361
Les tendances de l'industrie .....	363
Le BIM et la préfabrication.....	364
Les nouveaux processus et rôles.....	366
L'interopérabilité.....	368
■ Le BIM et la formation.....	372
■ Le BIM et le nouveau directeur de projet.....	375
■ Le BIM et la nouvelle équipe.....	378
■ Le BIM et les nouveaux processus .....	380
Opportunités futures .....	381
Relations futures .....	384
Certification Virtual Builders.....	386
■ Pour résumer .....	387
Postface de Sylvain Riss.....	389





# Introduction

## Le BIM : conception, construction et gestion de l'ouvrage à l'âge numérique

---

Luigi FAILLA

Architecte-Ingénieur, chercheur à l'Ensa-PM

Parler du BIM, c'est aborder de manière générale la question de la transition digitale et de l'évolution des pratiques de conception et de construction. En effet, derrière cet acronyme se cache toute une série de technologies, d'outils, de méthodes, de processus, de pratiques et de métiers qui individuellement ne sont pas le BIM mais tous ensemble contribuent à définir ce qu'on appelle aujourd'hui le BIM.

Cette amplitude de disciplines et de technologies permet au BIM d'être potentiellement applicable à différents métiers et phases d'un projet de construction. De plus, la nature transversale et collaborative qui caractérise cette nouvelle démarche fait que les managers du BIM finissent inévitablement par gérer la diffusion et le partage d'une partie conséquente du flux d'informations d'un projet, une tâche qui rapproche assez naturellement le management du BIM du management de projet tout court.

En cela, le présent ouvrage est tout à fait d'actualité et offre une vision assez réaliste des évolutions futures des métiers de la construction grâce aux améliorations permises par les nouvelles technologies, et notamment par une démarche BIM. En décryptant les usages BIM en fonction des différentes phases d'un projet de construction, les auteurs mettent en exergue une des questions principales qui influencent aujourd'hui la bonne réussite d'une opération en BIM : dans un projet de construction, il n'est plus possible de compartimenter la composante liée aux technologies de production des livrables et gestion des informations et la composante liée aux choix de conception et de construction. En effet, tous ces aspects relèvent aujourd'hui de la gestion de projet qui est unique, et le BIM en fait partie.

Certes, le point de vue privilégié des auteurs reste celui du contexte normatif et opérationnel nord-américain. Néanmoins, cette version a été rédigée au plus près des usages français, notamment en faisant ressortir les particularités du contexte opérationnel et normatif national. Cette approche ainsi que les retours d'expérience des professionnels démontrent que, malgré tout, la réglementation française et notamment la loi MOP<sup>1</sup> ne sont pas un obstacle à la mise en place d'une démarche BIM cohérente. Au contraire, celle-ci est parfaitement possible et apporte une valeur ajoutée à l'opération, à condition de mettre en place une démarche BIM qui supporte cette organisation normative.

En passant au crible les différentes phases d'un projet de construction, les auteurs montrent alors qu'il ne s'agit pas simplement, comme il a souvent été le cas dans le passé, d'ajouter une composante BIM aux complexes activités liées à la gestion de projet. Approche qui a été à l'origine d'une complexification excessive de l'opération et des tâches des équipes. Il s'agit plutôt de dire que toutes les activités liées à l'aboutissement d'un projet de construction, des études de conception à la gestion du bien, en passant par sa réalisation, seront faites en utilisant une nouvelle démarche collaborative, le BIM, et par conséquent l'ensemble des activités de management de projet sera cohérent avec cette démarche.

On pourrait alors se demander ce que veut dire « faire les choses en BIM ». En quoi une opération BIM, ou *full BIM*, pour employer une appellation à la mode aujourd'hui, se différencie d'une opération traditionnelle ? Est-ce qu'il s'agit d'une question de moyens informatiques, de procédures, les deux en même temps ou bien y a-t-il quelque chose de plus ?

Ce livre essaye donc de répondre à toutes ces questions et à bien d'autres. Il faut aujourd'hui sortir de cette impasse où on considère le BIM comme un métier isolé du reste des activités liées à l'aboutissement d'un projet de construction, qui cherche à imposer à tous les acteurs de nouvelles pratiques *philo-informatiques* souvent en contraste avec les priorités et les règles de l'art de bâtir. Ce livre démontre, à travers un parcours qui va des études de conception jusqu'à la gestion de l'ouvrage réalisé, que le BIM est avant toute chose un outil qui permet, à l'instar d'une nouvelle plume technologique, de mieux atteindre les objectifs de conception et de construction.

---

1 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.

Certes, les métiers de la construction évoluent dans le temps sous l'influence de plusieurs facteurs externes. L'innovation informatique et, notamment, les nouveaux logiciels qui sont arrivés sur le marché ces dernières années sont sans aucun doute un levier majeur de cette évolution, mais certainement pas le seul. Les auteurs soulignent alors comment dans les premières phases d'adoption des nouvelles technologies les professionnels sont obligés d'adapter leurs pratiques aux nouveaux outils pour en découvrir le potentiel et bâtir les usages au plus près de leurs pratiques métier. Au fur et à mesure que les technologies BIM commencent à se consolider chez les acteurs de la construction, il faut en revanche changer d'approche afin qu'elles obéissent aux besoins et aux objectifs du projet, et non le contraire. Au fond, la capacité du BIM « à économiser du temps *via* des fonctions automatisées, à éliminer le besoin de se déplacer à une réunion, à épargner de l'argent grâce à la disponibilité plus rapide de meilleures informations qui facilitent la prise de décisions sert un objectif : les résultats ».

Pour présenter cette approche, les différentes phases du cycle de vie d'un ouvrage sont décrites en mettant en exergue les améliorations et les optimisations, en termes de produit mais également de process, induites par l'utilisation du BIM. Les processus intrinsèques à chaque phase ou métier restent inchangés et le BIM apporte une valeur ajoutée en termes de productivité et de sécurité. Pour ce faire, il est important de définir en amont les modalités opérationnelles et techniques des processus BIM de production et d'échange de l'information du projet. Modalités qui influencent de manière importante l'ensemble des choix de gestion du projet. L'actualité de cet ouvrage réside donc dans le rapprochement du BIM et du management de projet de construction.

Toutefois, un événement majeur a marqué l'actualité récente du monde du BIM. Les récentes normes NF EN ISO 19650-1 et NF EN ISO 19650-2, publiées en anglais en décembre 2018 et disponibles en français depuis mars 2019, cadrent aujourd'hui de manière claire le processus et les principaux documents BIM. Bien que la version anglaise de cet ouvrage soit antérieure à la publication de ces normes, les auteurs anticipent en quelque sorte certains des dispositifs et processus présents aujourd'hui dans le texte normatif : si les appellations sont parfois différentes, car elles relèvent du vocabulaire propre aux auteurs au moment de la rédaction de cet ouvrage, les contenus et les finalités se rapprochent beaucoup des préconisations mises en avant aujourd'hui par les normes ISO. Tout comme des précisions viennent compléter les propos des auteurs tout au long des chapitres du livre pour les rendre plus actuels

et proches des usages français, un chapitre introductif sur la norme ISO 19650 enrichit cette version de manière à permettre une association cohérente entre les concepts et les dispositifs introduits par les auteurs au cours de cet ouvrage et les pratiques qui devront être mises en place à l'avenir conformément à cette norme.

## ■ Nouvelles technologies ou nouvelles pratiques ?

Quand on parle de BIM on pense, en première instance, à l'innovation technologique, notamment en termes de logiciels, qui est intrinsèque à la production des maquettes numériques. Certes, la mise en place d'une démarche BIM nécessite avant tout l'acquisition de nouveaux logiciels et un plan de formation des équipes. Mais la valeur ajoutée du BIM réside-t-elle seulement dans l'innovation technologique ? « Il faut garder en tête – à l'instar des auteurs – que le BIM n'est qu'un outil, au même titre qu'un marteau ou une scie. Utilisés de la bonne manière avec les procédures adéquates, les systèmes BIM peuvent allouer une grande valeur ajoutée. Quand de nouveaux outils sont utilisés avec des méthodes désuètes, ils peuvent limiter le succès d'une opération et créer de la frustration chez les utilisateurs. » En effet, la mise en place de processus de travail adaptés est autant importante que l'adoption d'une nouvelle technologie.

Les dix dernières années ont été caractérisées en France par de nombreuses expérimentations de technologies, logiciels et procédures. Les incertitudes liées à la fiabilisation des résultats ainsi que la rapidité de l'évolution qui a caractérisé ces technologies (et, bien sûr, le manque de pratique des professionnels) n'ont pas toujours permis un rapprochement cohérent entre les pratiques liées à l'usage de la technologie et les pratiques des métiers de la construction. Ainsi, les premières phases d'adoption des technologies BIM ont créé deux situations opposées mais également dangereuses. D'une part, les usages liés aux technologies informatiques se sont imposés sur les processus métier, ce qui a beaucoup bouleversé la façon de faire des professionnels, tout en donnant l'impression que le BIM n'était pas utile. Pensons par exemple aux difficultés rencontrées par tous les bureaux d'études pour la production des dessins de projet avec les nouveaux logiciels. D'autre part, les technologies BIM étaient souvent utilisées sans aucune adaptation des *workflows* traditionnels, entraînant des écarts de production et de rentabilité. On peut notamment citer une pratique très discutée, à savoir la production de maquettes numériques après la

réalisation des plans de manière traditionnelle : cela nécessitait beaucoup plus de temps, un double travail de production et était, à terme, très peu rentable.

Aujourd'hui, les outils BIM sont beaucoup plus adaptés aux pratiques professionnelles et la production des livrables de projet est parfaitement possible dans un environnement BIM. Toutefois, les professionnels sont conscients qu'une adoption cohérente et complète de la démarche BIM doit inévitablement passer par une convergence entre les processus de travail liés à la technologie et les processus de management du projet en lui-même. Comme démontré par les auteurs tout au long de cet ouvrage, on ne peut plus initier une démarche BIM en partant des pratiques liées aux logiciels car cela produirait de nombreuses anomalies impactant le bon déroulement des études. En réalité, le vrai avantage du BIM ne réside pas seulement dans sa dimension technologique, qui est par nature évolutive, mais surtout dans la valeur ajoutée liée à l'amélioration des processus permis par une technologie donnée. Il s'agit, *de facto*, d'un changement de paradigme : au lieu d'espérer que le BIM pourra résoudre, à lui tout seul, toutes les problématiques rencontrées dans un projet, il faudrait plutôt le considérer comme un instrument permettant à un professionnel de la construction de fiabiliser une proposition, justifier un choix ou encore anticiper certains problèmes.

La particularité de l'organisation des études en BIM réside essentiellement dans le changement de fonctionnement des équipes. Elles doivent désormais travailler de manière décloisonnée et mutualiser leur savoir-faire au sein d'un même environnement virtuel. Dans ce contexte, l'un des aspects majeurs du BIM est l'information et la manière dont elle est créée, gérée, maintenue, sécurisée et exploitée. Comme pour le management de projet traditionnel, il n'est pas envisageable que la gestion de l'information du projet 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 numérique. Voici donc une question au cœur du débat contemporain, à laquelle ce livre essaye de répondre : qui est, ou qui devrait être, le BIM manager de demain ?

L'évolution du rôle du BIM manager dans les dernières réalisations démontre que celui-ci n'est pas un simple technophile au fait des nouveaux logiciels et très peu des métiers pour lesquels ils sont utilisés. Il est de plus en plus évident que son rôle est central dans la gestion d'un projet et la coordination des études. À l'image du BIM lui-même, dont la définition et les limites ne

sont pas consolidées et restent ouvertes aux innovations technologiques, le BIM manager a de multiples compétences, et sa mission va souvent au-delà de la vérification de la conformité des maquettes à la convention BIM établie en amont de l'opération. Il est maintenant évident, contrairement à il y a cinq ans, que le BIM manager est un professionnel de la construction (architecte ou ingénieur) qui gère et contrôle le processus de travail établi autour des pratiques collaboratives BIM et des contraintes techniques liées au projet.

Dans le contexte français, la mission de BIM management, et par conséquent le rôle de BIM manager, est spécifique à chaque phase du projet. Il existe alors un BIM manager de conception, un BIM manager d'exécution et un BIM manager d'exploitation (souvent appelé BIM data manager). Dans le cadre de chaque opération, sa mission de base consiste à établir les processus de travail en fonction des besoins de chacun, à rédiger les documents BIM en fonction de la phase de projet (charte BIM, cahier des charges BIM, convention ou plan d'exécution BIM) et à assurer le support technique et la formation de tous les acteurs du projet.

Cette mission de base peut également s'élargir en fonction de la filière d'appartenance ou de la structure pour laquelle il travaille. Dans les entités qui travaillent en phase de conception, il pourra s'impliquer dans la production des livrables ou dans la seule conception ; en phase d'exécution, il pourra également accomplir des missions liées à la synthèse ou à la planification. Une autre variable qui influence les tâches du BIM manager est la taille de la structure pour laquelle il travaille. Dans une agence d'architecture ou un bureau d'études de petite taille, faute de moyens économiques pour un poste à plein temps, il s'agira forcément d'une mission partielle qui obligera ce professionnel à assurer également un certain nombre de tâches liées à son métier d'architecte ou d'ingénieur. Au contraire, dans une grande entreprise, il participera très peu aux choix de conception pour se concentrer plutôt sur l'encadrement des équipes de production, sur la gestion des échanges d'informations et sur la mise en place de méthodes de travail BIM adaptées à chaque projet.

L'importance de l'information dans un projet rend évidente la position privilégiée du BIM manager au cœur du processus d'échange et fait de ce professionnel l'un des acteurs les mieux placés pour assurer la coordination des différents intervenants.

La clé pour comprendre la révolution du BIM ne se résume donc pas à une question de logiciels ou de nomenclature de fichiers, il s'agit d'une évolution culturelle qui concerne l'ensemble des acteurs d'une équipe de projet, du

directeur aux dessinateurs, et notamment leur manière de collaborer. Comme souligné par les auteurs, « les équipes doivent prendre conscience qu'un état d'esprit ouvert à l'innovation est aussi important que les technologies et les procédures qui vont l'accompagner. Les personnes obtuses à ce principe sont destinées à se retrouver dépassées sur le marché de la construction et de la conception », et « une entreprise possédant initialement une culture d'innovation et une attitude flexible crée une dynamique pérenne où les changements sont constants, et les améliorations et analyses attendues. Au contraire, un environnement réfractaire au changement et qui étouffe l'innovation deviendra au fur et à mesure plus difficile à faire évoluer vers une dynamique positive permettant la bonne compréhension des analyses des technologies testées ou l'usage du bon outil, et par là même vers un changement des procédures ».

La mise en place de procédures permettant de mieux partager l'information est donc tout aussi importante que l'utilisation de nouvelles technologies. L'adoption d'outils non complètement vérifiés (ou dont les pratiques ne sont pas consolidées) peut induire des risques à différents niveaux du projet. Pour cela, il faut bien évaluer le niveau d'adoption de chaque outil qu'on souhaite déployer. Il faut vérifier que ses procédures d'utilisation s'harmonisent avec les usages traditionnels dans un projet et que son déploiement n'ajoute pas de tâches inutiles pour l'équipe. « Il faut garder en tête le fait qu'une fois un outil présenté au client, ce dernier s'attend la plupart du temps à ce qu'il soit utilisé. Les risques liés au *BIM-washing* ou *Hollywood BIM* peuvent faire plus de mal que de bien sur un projet. »

L'observation des projets démarrés en France durant les cinq dernières années met en exergue comme la production de livrables extraits de modèles BIM s'est maintenant consolidée au sein des équipes de projet, qui cherchent en revanche de nouvelles façons d'utiliser les données et les informations contenues dans les modèles afin d'augmenter leur productivité, la qualité de leur travail et, surtout, de réduire les pertes liées à un déficit d'information. Cette recherche de nouvelles utilisations du BIM se fonde aujourd'hui, à l'instar des auteurs, de plus en plus sur une stratégie d'intégration basée sur les procédures et moins sur l'empilage d'outils différents ou sur le remplacement d'une technologie par une autre. Une stratégie *lean thinking* qui nécessite certes une analyse plus fine de la technologie et des usages que l'équipe de projet souhaite mettre en place, mais qui permet de tirer le maximum de profit de ce déploiement en réduisant les pertes liées à l'utilisation d'une technologie ou d'un outil parallèlement aux procédures traditionnelles. « Notre point de vue

sur l'ensemble de l'industrie du BTP (et, à bien des égards, le but de l'écriture de ce livre) est que l'industrie doit se rendre compte que les anciens processus ne fonctionnent pas dans le monde d'aujourd'hui et ne fonctionneront certainement pas dans l'avenir. »

## ■ Concevoir et construire à l'ère numérique

Avec des réglementations de plus en plus contraignantes et des délais toujours plus courts, l'industrie de la construction doit désormais réunir différents experts aux multiples compétences. La conception et la construction deviennent ainsi des activités complexes qui exigent une démarche collective dès les premières phases du projet, notamment en termes d'échange d'informations. Dans ce contexte, les nouvelles technologies prennent une place de plus en plus importante, surtout si elles relèvent des nouvelles démarches collaboratives qui rassemblent ces différentes expertises.

Dans un processus BIM cette démarche collective se fonde, au moins du point de vue théorique, sur une notion d'évolutivité de la maquette numérique qui est mise en commun entre les différents intervenants durant chaque phase du projet et qui doit ensuite servir aux équipes des phases successives comme point de départ de leurs études. Il devient alors indispensable de considérer l'ouvrage à réaliser dans son ensemble, certes divisé en différentes phases, mais qui ne doivent pas être considérées comme des compartiments infranchissables. Sous l'influence des nouveaux référentiels, la démarche BIM est en train d'évoluer d'un processus basé sur des objets et sur des phases à un processus fondé sur une logique systèmes qui sont étudiés dans le cadre d'un seul cycle de vie de l'ouvrage. Une évolution tout à fait cohérente avec les récentes normes NF EN ISO 19650 qui, suivant cette même logique, n'associent plus les niveaux de détail et d'information des maquettes aux phases de projet mais aux objectifs du propriétaire<sup>2</sup>.

Les pratiques BIM se fondent, il convient de le rappeler, sur une représentation numérique des caractéristiques physiques et fonctionnelles d'une construction, le *Building Information Model* (maquette numérique du projet). Cette représentation est réalisée à partir d'un processus métier de génération et d'exploitation des données au cœur duquel le dessin associe les trois dimensions

---

<sup>2</sup> Notamment à travers le modèle d'information d'actif (*Asset Information Model* – AIM) et le modèle d'information du projet (*Project Information Model* – PIM). NF EN ISO 19650-1.

physiques des objets à leurs diverses caractéristiques. La maquette numérique de l'ouvrage est ainsi un objet universel qui peut « recevoir, émettre, stocker et traiter »<sup>3</sup> la totalité de l'information concernant une opération de construction et contient les différentes représentations du projet qui sera réalisé.

Quand on parle de BIM on fait donc référence à un travail collaboratif différent où tous les acteurs sont associés, y compris les industriels et les entreprises, dans des processus d'ingénierie concurrente. Ceux-ci représentent une vraie révolution pour la filière de la construction qui, au contraire, a toujours fonctionné dans un mode séquentiel, d'autant plus que l'on produit souvent des prototypes<sup>4</sup>.

Dans un modèle que l'on pourrait qualifier de *séquentiel*, caractérisé par une organisation verticale et cloisonnée des tâches, chaque membre d'une équipe de projet se concentre uniquement sur ce qui lui incombe, sur son marché et sur sa mission. La réussite globale de l'opération devient ainsi l'affaire exclusive du propriétaire, et les membres des équipes de projet (conception, construction et réalisation) considèrent les objectifs globaux comme secondaires par rapport aux priorités propres à leur mission.

Cette organisation en silos, ancrée dans les pratiques professionnelles et juridiques françaises (pensons à cet égard à la loi MOP), est probablement la cause du retard que l'industrie de la construction en France a cumulé dans les pratiques collaboratives par rapport aux pays anglo-saxons, auxquels cet ouvrage fait souvent référence. Dans ce schéma linéaire, hormis la question des échanges entre les intervenants, le projet est représenté *via* différents supports, non compatibles et non reliés les uns aux autres, tels que des dessins (PDF, DWG, etc.), des tableaux, des notes de calcul, des descriptifs, qui risquent à tout moment de produire à la fois de la redondance et un manque d'information, au détriment parfois de la cohérence, y compris entre ces différents documents eux-mêmes (question qui a notamment soulevé la nécessité de faire une *synthèse* du projet en phase exécution). Les équipes sont donc obligées, après avoir consacré un temps conséquent à la compréhension du projet, de consacrer autant de temps à la compréhension de l'organisation de l'information

3 Michel Serres, *Petite poucette*, Paris, éditions Le Pommier, 2012, p. 22.

4 Cette notion se réfère plutôt à la création architecturale, car environ 80 % des éléments utilisés dans la construction sont des produits industriels standards, un pourcentage paradoxalement beaucoup plus important que dans un avion.

et, ensuite, d'entrer un certain nombre de ces données dans leur propre logiciel métier, avec tous les risques d'erreurs que cette opération peut engendrer.

Dans ce contexte, les équipes de conception et construction qui souhaitent travailler en BIM, mais qui ne font pas évoluer leurs pratiques, ont tendance à vouloir faire fonctionner les nouvelles technologies selon les anciennes méthodes et procédures, qui demeurent ancrées dans leurs habitudes professionnelles. Hardin et McCool soulignent à plusieurs reprises dans cet ouvrage l'inefficacité de cette approche, qui « ne prend en compte ni les implications liées à l'usage de ces nouveaux outils ni la manière dont les procédures et méthodes de travail existantes devraient changer pour de meilleurs résultats ».

De ce fait, en France comme à l'international, les premières expériences BIM se réduisaient souvent à l'application d'un processus séquentiel à des technologies imaginées pour fonctionner de manière concourante. Le *workflow* était une sorte d'émulation du processus traditionnel mais utilisant des fichiers BIM. À cause de la nature différente de ces fichiers, notamment de leur taille, l'information n'était pas partagée assez vite et les équipes travaillaient sur des versions du modèle hébergées localement qui n'étaient pas forcément à jour. Ces équipes synchronisaient ensuite leur avancement pour s'apercevoir que leurs modifications, comme celles des autres intervenants, créaient de nouveaux problèmes à résoudre. La synchronisation des modèles devenait ainsi un processus chronophage.

Dans ce modèle séquentiel, il existe donc plusieurs maquettes, dites métier, créées et gérées par les différents acteurs du processus de conception (parfois produites avec des logiciels différents). Ces maquettes sont diffusées et synchronisées en fonction d'un planning très précis et des besoins techniques liés aux études, pour être ensuite recomposées par le BIM manager dans un modèle central, interopérable, permettant à tous les intervenants d'accéder aux informations contenues dans les autres maquettes. Mis à part le fait que l'objet de la diffusion est une maquette numérique qui contient en même temps différents livrables graphiques et textuels, ce mode de fonctionnement ne représente pas une vraie révolution méthodologique par rapport aux démarches traditionnelles en 2D. En phase conception, il s'agit de produire des maquettes numériques qui permettent des échanges rapides entre les différents partenaires et la collecte de toutes les informations qui sont susceptibles d'avoir des impacts sur la conception de l'ouvrage. Grâce à cela et à la possibilité d'extraire une synthèse exhaustive de ces données, on peut également avoir des livrables (graphiques, textuels et financiers) à jour à chaque phase

de l'avancement des études. En phase exécution, les entrepreneurs reprennent entièrement les maquettes fournies au marché en fonction de leurs contraintes spécifiques liées à la réalisation de l'ouvrage (recherche de variantes plus économiques, extraction des quantités, planification, etc.). Une fois l'exécution terminée, la maquette DOE (dossier des ouvrages exécutés) est souvent produite par l'entreprise ayant réalisé les travaux, et la maquette d'exploitation et maintenance est souvent sous-traitée par des bureaux d'études spécialisés. Ainsi, à la multiplication des maquettes par corps d'état s'ajoute une multiplication des maquettes par phase de projet.

Au contraire, dans un schéma collaboratif, ou d'ingénierie concourante, les intervenants ne sont pas obligés d'attendre la diffusion de la maquette complète pour intégrer des modifications ou des évolutions du projet. À partir de la phase esquisse, les différents spécialistes commencent à travailler dans le même environnement virtuel, et cela tout au long du cycle de vie de l'ouvrage. En parcourant les chapitres de ce livre, on découvre notamment les outils et les pratiques BIM les plus pertinents en fonction de la phase de projet. Le passage à des processus d'ingénierie concourante a été notamment favorisé par les nouvelles solutions des éditeurs de logiciels basés sur la synchronisation des modèles dans des serveurs, d'abord, et dans le *cloud*, après. Cette dernière solution permet des mises à jour plus régulières du modèle et une coordination en temps réel, reliant ainsi les membres d'une équipe de projet même quand ils sont géographiquement distants.

Dans un modèle concourant on travaille donc avec une maquette unique, centralisée sur un serveur en ligne, à laquelle tous les intervenants ont accès avec des droits particuliers en fonction de leur marché. Chaque intervenant peut travailler sur sa propre maquette, en disposant d'un plein droit de modification et/ou suppression des objets, ou consulter les autres maquettes en sachant qu'il a toujours à sa disposition la version la plus à jour (à condition d'avoir synchronisé son propre dossier de travail *via* le logiciel de gestion de la maquette). Dans cet environnement numérique, coordonné par le BIM manager, les évolutions et les actions de chacun sont tracées par le logiciel de gestion de la maquette centrale qui informe chaque intervenant de la disponibilité de mises à jour des maquettes. Cette méthodologie permet également à plusieurs personnes faisant partie de l'équipe de conception de travailler simultanément, même à distance, à travers des droits de propriété des objets et des maquettes. Chaque membre de l'équipe accomplit une tâche spécifique et contrôle ainsi une partie précise de la maquette (par exemple la structure, les réseaux de

plomberie, la totalité du niveau rez-de-chaussée, etc.). Cette organisation par sous-projet relève du passage à une logique systèmes et reflète la répartition des tâches au sein d'une équipe.

Pour qu'une méthode d'ingénierie BIM concourante fonctionne, il faut que le management du BIM fasse partie du management général du projet. Aussi, le BIM manager ne peut plus être considéré comme une personne isolée, uniquement en charge de la production des maquettes selon un cahier des charges donné. C'est un spécialiste de la construction, intégré dans une équipe de management de projet ou au sein d'une direction des études.

### ■ L'organisation d'un projet BIM

L'organisation d'un projet BIM est profondément influencée à la fois par la typologie de l'ouvrage concerné et par la typologie de marché. Dans le chapitre 2, les auteurs décrivent les principales procédures de passation de marché et mettent en exergue les aspects positifs et négatifs de l'utilisation de la technologie pour chacune d'entre elles.

Les auteurs font également un focus sur les corpus normatifs de référence, qui sont pour la plupart anglo-saxons, et expliquent les principaux dispositifs à mettre en place dans un projet BIM. Ils évoquent la matrice de responsabilité, le plan d'échange d'informations, le plan d'exécution BIM et la notion de niveau de développement, ou LOD (*Level of Development*). Comme on le verra plus loin, ces dispositifs sont aujourd'hui cadrés par les récentes normes ISO 19650-1 et ISO 19650-2 qui décrivent les principaux documents BIM, leurs appellations et leur contenu.

Une attention particulière est portée par les auteurs à la notion de LOD. La classification LOD permet de définir « les caractéristiques minimales de précision dimensionnelle, spatiale, quantitative et qualitative, ainsi que celles liées aux autres données incluses dans l'élément du modèle afin de s'assurer qu'il permet une utilisation compatible avec son niveau de développement ». Il faut souligner qu'en France il n'y a jamais eu de réel consensus sur la définition des niveaux de développement (ou de détails) utilisés pour décrire le niveau d'information des objets d'un projet. Les projets d'envergure utilisant le BIM ont à chaque fois fait référence à d'autres projets similaires et à des normes et standards internationaux, dont les référentiels américains, pour répondre au mieux aux objectifs BIM du projet. La feuille de route 2018 du plan de Transition numérique dans le bâtiment (PTNB) du ministère du Logement, de l'Égalité

des territoires et de la Ruralité préconise comme référentiel privilégié celui publié par le BIM Forum et fait une liste des normes et standards de référence pour les projets BIM. Un autre référentiel LOD très utilisé en France est la classification proposée par la fédération Syntec et publiée en 2014. Ce document propose une classification des niveaux de détail (ND) de la maquette calée sur le découpage des missions traditionnelles des marchés publics français. Au lieu de décrire les caractéristiques de chaque objet virtuel, comme cela est le cas de la démarche LOD du BIM Forum, les six niveaux de détail proposés par le Syntec expriment les besoins BIM par phase de projet et sont décrits sans faire de distinction de système ou corps de métier, ni de différence entre les besoins géométriques et d'informations. Si du point de vue des opérationnels cette classification rapproche de manière assez claire l'organisation de la maquette aux livrables d'une phase de projet, en l'absence d'un cahier des charges détaillé elle peut générer des incompréhensions quant au niveau de détail attendu sur le projet.

Toute référence mise à part, la notion de LOD reste fondamentalement liée à l'objet virtuel qui est décrit au travers d'une série de caractéristiques géométriques et d'informations proportionnelles à son niveau de développement. Une erreur commune dans la pratique professionnelle est de croire que l'incrémentation qui caractérise le passage d'un LOD à un autre puisse être comparable avec la progression des études d'un projet de construction. En réalité, la plupart des retours d'expérience des récents projets en BIM ont démontré qu'il n'existe pas de correspondance stricte et généralisable à tous les corps de métiers entre les phases du projet et les LOD, car chaque discipline est développée à une vitesse différente pendant le processus de conception. Comme souligné à juste titre par les auteurs, « écrire "tous les corps de métiers doivent atteindre un LOD 400 dans leurs modèles respectifs" ou "le modèle sera utilisé pour la gestion du bâtiment" est aussi vague dans un contrat qu'écrire "modélisation virtuelle" dans les prérequis ».

Les récentes normes ISO 19650 prennent acte de ce constat et changent le point de vue sur la question en introduisant la notion de *Level of Information Need* (LOIN), soit « niveau du besoin d'information », comme traduit dans la version française de la norme. Le LOIN est le cadre qui définit l'étendue et la granularité de l'information du projet, un cadre qui reste fortement lié à son contexte d'application. Il ne s'agit donc pas seulement de planifier la technologique à utiliser dans un projet, les cas d'usage et les niveaux de détail, choses qui restent certes indispensables, mais surtout d'identifier les endroits

où l'emploi de cette technologie va permettre de réduire les risques, d'améliorer les performances et la collaboration, en créant ainsi de la valeur ajoutée. Pour ce faire, le BIM et le management de projet doivent se rapprocher toujours plus, notamment à travers les différents outils qui permettent des liens directs entre les métiers. Pensons, par exemple, aux nouveaux usages en termes de planification et suivi de chantier permis par les outils de BIM 4D, qui sont aujourd'hui de plus en plus performants, ou encore aux estimations et à la vérification de la conformité du projet vis-à-vis des réglementations.

Pour garantir la bonne réussite d'un projet BIM, il faut établir en amont les règles du jeu. Il faut planifier les tâches et les attentes de chaque membre de l'équipe car, au fond, « ce qui entrave le plus l'engagement de l'équipe est la confusion, la complexité et le manque de communication ». Pour ce faire, les managers du BIM doivent établir la manière dont l'équipe traitera les aspects relatifs à la gestion de l'information ; ils doivent définir les outils, indiquer les formats de fichiers, programmer les diffusions et les jalons du projet : en d'autres termes, ils doivent mettre en place tout un corpus documentaire couvrant le cycle de vie de l'ouvrage.

Si le nom de ces documents n'a jamais totalement fait consensus au sein des professionnels (pour certains on parle de convention BIM, pour d'autres de charte BIM), leur contenu est maintenant bien cadré par les récentes normes ISO 19650-1 et ISO 19650-2 et, en ce qui concerne la France, un descriptif plutôt complet est fourni par le guide de buildingSMART France<sup>5</sup>.

Dans la pratique professionnelle française, le propriétaire élabore une charte BIM, qui décrit les objectifs BIM du projet, et un cahier des charges BIM, qui précise les termes, les fonctions et les contenus des maquettes ainsi que les grandes lignes de l'organisation BIM de l'opération. Pour ce faire, le propriétaire peut recourir à un AMO BIM. Une fois choisie, l'équipe de maîtrise d'œuvre répond à ces documents par une convention BIM (de conception) précisant les cas d'usage BIM qui seront mis en place pour la phase conception et les niveaux de détail et d'information (LOD et LOIN) attendus pour le projet. Les entreprises répondent à leur tour à ce dernier document avec un plan de mise en œuvre BIM du projet ou convention BIM d'exécution qui entre dans les détails opérationnels des cas d'usage BIM de l'opération, précise la manière d'atteindre les objectifs BIM et de garantir l'interopérabilité des fichiers. La

---

<sup>5</sup> buildingSMART France, *Comment rédiger une convention BIM ?*, V2 2019.

convention BIM du projet constitue ce que la norme ISO 19650 appelle le plan d'exécution BIM (PEB). Ce document représente une des innovations les plus intéressantes du texte normatif car il précise tous les détails de la mise en œuvre du BIM dans le but de mettre en place une organisation et des procédures permettant d'atteindre les objectifs et les usages du projet. Pour ce faire, le PEB doit spécifier les fonctions, les responsabilités, les tâches et les processus applicables sur le projet tout au long des différentes phases concernées par le BIM. De ce fait, il s'agit du document qui définit les modalités opérationnelles et techniques des processus BIM. On reviendra sur la question dans le chapitre suivant, dédié aux normes ISO.

Parmi les documents BIM présentés dans cet ouvrage il y a, comme évoqué, le plan d'échange d'informations qui a pour objectif – à l'instar des auteurs – de décrire sous une forme écrite et/ou graphique comment l'information est créée et échangée entre les membres de l'équipe. Bien que la version anglaise de ce livre soit antérieure à la publication de l'ISO 19650, ce document est quant à lui présent dans le texte de la norme sous le nom de plan directeur de livraison de l'information (*Master Information Delivery Plan* – MIDP). Le MIDP contient tous les plans de livraison de l'information par tâche (*Task Information Delivery Plan* – TIDP) qui, quant à eux, permettent de définir les conteneurs d'information<sup>6</sup> et leurs dates de livraison en fonction des équipes de travail.

Les documents évoqués nous permettent effectivement de cadrer la démarche BIM dès les premières phases de conception jusqu'à la gestion de l'ouvrage. Mais dans la réalité opérationnelle, quand faudra-t-il commencer à travailler en BIM ?

Un mythe associé au BIM est qu'une équipe devrait commencer à l'utiliser dès les premières phases de conception. « [...] les novices dans le domaine auront tendance à rentrer dans les détails trop rapidement, quand nombre de données [...] de la conception générale ne seront pas encore arrêtées, ce qui pourra entraîner des reprises conséquentes par la suite. » Ce risque est alimenté par l'automatisation que permet le BIM et la facilité avec laquelle on peut produire des livrables (plans, coupes, rendus 3D). Ce manque de maîtrise du niveau de détail BIM fait que nombre de bureaux d'études et d'entreprises ont tendance à faire appel à des spécialistes très tôt dans un projet, générant ainsi un surcoût

---

6 Les normes ISO 19650-1 et ISO 19650-2 ne font pas référence aux maquettes ou aux modèles mais aux conteneurs d'informations.

pour l'opération. Commencer à travailler sur un modèle BIM trop tôt risque d'entraîner des pertes de temps et d'argent, tout comme le fait d'initier une démarche BIM sans avoir finalisé les documents qui précisent les objectifs et les cas d'usage. L'importance d'établir un planning de mise en œuvre du BIM, en associant des jalons aux objectifs BIM, réside aussi dans le fait qu'un certain nombre d'usages ont besoin d'être programmés suffisamment en avance pour générer de la valeur ajoutée pour le projet.

Ce besoin de programmation relève du fait que l'information nécessaire dans une maquette est fortement dépendante de la phase du projet pour laquelle elle est créée. En effet, en phase conception (des études d'esquisse jusqu'au projet d'exécution) 80 % de l'information est de type géométrique et graphique, car elle est nécessaire pour la production des livrables, et seulement 20 % concernent les données. En phase construction, ces proportions changent car seulement 30 % de l'information est géométrique et 70 % concernent des données techniques, de planning et de coûts nécessaires pour la réalisation de l'ouvrage. Enfin, durant la phase d'exploitation, 90 % de l'information dont nous avons besoin pour la gestion de l'ouvrage concernent les caractéristiques techniques des éléments et non leur géométrie.

Une organisation cohérente du BIM dans un projet doit donc traduire le besoin d'information en fonction des phases et des intervenants, de manière à optimiser la création et le transfert de données. Une contribution importante pourra venir, dans un futur proche, des industriels et des fabricants qui pourront intégrer certaines informations concernant leur produit dans des catalogues d'objets BIM, en réduisant ainsi la saisie d'informations faite par les équipes de conception et construction.

### ■ Le BIM et les études

Nous avons tous entendu au moins une fois l'expression « avec le BIM nous pouvons construire virtuellement avant de construire physiquement ». Ce lieu commun, qui demeure profondément populaire, est la conséquence de l'idée reçue selon laquelle la maquette BIM correspond exactement à l'ouvrage qui va être réalisé. Ce qui est intéressant par rapport à cette affirmation est que tous les théoriciens de l'architecture, de Vitruve à Le Corbusier, ont toujours rebondi sur l'importance de la représentation de l'architecture et sur le fait qu'elle se doit d'être *déjà construite* sur le papier avant que les travaux ne

démarrent. « Comme on peut le voir, donc, rien n'a changé : déjà, à l'époque, on construisait avant de construire. »

En réalité, mener des études de conception ou d'exécution est une activité complexe, à la fois technique et managériale, nécessitant de nombreuses formes d'instrumentations et d'interactions entre des acteurs aux logiques différentes. À la base, le processus d'étude n'est pas de type mécaniste (une cause, un effet), mais systémique (circularité d'interactions entre problèmes, solutions, acteurs, enjeux). Cela implique que l'environnement BIM se doit d'être à la fois opérationnel, parce qu'il aborde de manière nouvelle la création, le contenu, la structure, la communication et le partage des informations d'une construction, et cela selon différentes temporalités d'évolution du projet ; technique, parce qu'il relève d'un processus de traduction (et non uniquement d'adaptation) de solutions techniques au sein du projet ; évolutif, car la nécessité de répondre à des problématiques spécifiques crée des porosités entre savoirs et savoir-faire (à l'échelle disciplinaire et interdisciplinaire) qui amplifient les mutations en cours en matière d'outils et de méthodes de conception.

Du point de vue de la finalisation des études et de la production des livrables, la valeur ajoutée du BIM réside dans ses fonctions paramétriques. En effet, le BIM permet de passer d'une technologie basée sur des lignes qui définissent des symboles dont le signifié est codifié, vers une technologie qui se base sur des objets virtuels enrichis en métadonnées. D'une part, on peut modifier les objets du modèle de manière indépendante de la vue sur laquelle on travaille (plan, façade ou 3D), en économisant du temps par rapport à l'édition individuelle des documents dans les logiciels 2D. D'autre part, les métadonnées contenues dans les objets permettent aux membres de l'équipe de multiples analyses et extractions qui favorisent la bonne réalisation des études.

Du point de vue méthodologique, on le sait, l'arrivée des logiciels CAO-2D a représenté une évolution technologique par rapport à la planche à dessin qui s'est transformée en logiciel de dessin. Ce changement a très peu impacté le processus consolidé qui voyait architectes et bureaux d'études passer du croquis d'études au dessin technique sur ordinateur, dont la nature vectorielle n'a pas modifié les règles de dessin. En revanche, l'arrivée des logiciels 3D a radicalement transformé la manière de représenter les études d'un projet, surtout à partir du moment où l'on ne dessine plus des lignes représentant des éléments techniques, mais des objets virtuels en 3D qui se rapprochent de leurs équivalents réels. En effet, si avant on passait du croquis d'étude à l'espace vectoriel, puis, une fois les décisions prises, à une maquette 3D qui servait à la

base à vérifier les hypothèses, aujourd'hui on passe du croquis à une maquette paramétrique qui permet de générer toutes sortes de documents graphiques et qui annule les allers-retours entre plans, coupes et façades qui ont notamment caractérisé la « recherche patiente » évoquée à maintes reprises par Le Corbusier.

De ce fait, au début de l'adoption des outils BIM, les professionnels se sont concentrés sur leur capacité à produire des dessins et des analyses plus rapidement. Cette démarche était justifiée par la réduction des risques d'incohérences entre les livrables permise par la mise à jour instantanée de toutes les vues du projet suite aux modifications des objets de la maquette. L'impact de cette évolution dans les pratiques professionnelles a été très fort, au point que, parfois même aujourd'hui, nombreux sont ceux qui croient que c'est là (et seulement là) tout le potentiel du BIM et, probablement à cause de cela, le considèrent comme un outil venu remplacer les outils de travail traditionnels.

L'approche BIM basée sur les objets, héritée du monde informatique, se fonde sur l'association d'un objet virtuel, caractérisé par une géométrie, et d'une série d'informations sous forme de métadonnées renseignées par chaque entité au fur et à mesure de l'avancement du processus d'études. Ces objets, identifiés de manière unique<sup>7</sup>, sont construits en fonction d'une série de paramètres<sup>8</sup> qui permettent tous les avantages en matière de production et d'automatisation caractérisant la maquette numérique. Dans cet environnement paramétrique, des problématiques telles que la question de l'échelle, du niveau de détail ou encore les solutions techniques (respect du programme, des normes, etc.) acquièrent une tout autre dimension cognitive. Les conduites de projet traditionnelles, que nous avons appelées d'ingénierie séquentielle, se basent sur une notion de progressivité des études de projet. Les nouvelles technologies plongent, *a contrario*, le concepteur directement dans une logique d'échelle 1:1 qui risque de causer la disparition des repères habituels associant une échelle de dessin et un niveau de détail à une phase du projet. Un manque de maîtrise de ces nouveaux outils peut causer des pertes de temps, car on se concentre sur des informations parfois inutiles, et alourdir la représentation graphique

7 Notamment *via* des ID logiciels ou des IDGUID dans le cas du format IFC.

8 Il existe trois catégories de paramètres : standards, c'est-à-dire liés à la nature de l'objet (hauteur, étage, surface, volume, etc.) ; fonctionnels, c'est-à-dire créés et gérés en fonction de l'opération et des besoins particuliers des utilisateurs ; relationnels, créés de façon automatique ou volontaire suite à la mise en place des relations entre les objets (une fenêtre dans un mur, liaison poutre-poutre, etc.).

du dessin. Par ailleurs, comme cela est le cas pour les dessins traditionnels qui doivent être qualifiés afin d'être interprétés, notamment par rapport à leur échelle, une maquette ne pourra pas être utilisée de manière correcte sans précision sur son niveau de détail et d'information, car cela nous renseigne également sur son niveau d'incertitude. C'est ainsi que l'on réduit les risques et les conflits.

À côté d'un changement drastique de méthode de travail, du point de vue opérationnel l'utilisation d'une maquette numérique 3D (plus ou moins détaillée) permet tout d'abord d'optimiser le temps de production des livrables (plans, coupes, perspectives), surtout à la suite de modifications du projet. En effet, après avoir consacré un temps souvent important à l'organisation générale de l'environnement de travail, les tâches prises individuellement (mise à jour des plans, production des coupes, modification des façades suite à l'évolution du plan, etc.) sont certainement plus rapides. Malgré cela, on ne constate pas de gain général de productivité en phase études car, si d'un côté on produit plus facilement des dessins, de l'autre on en produit bien davantage. De plus, on dispose de moins en moins de temps pour finaliser les études de projet. De ce fait, en phase études on ne profite pas pleinement du gain de productivité permis par les nouveaux logiciels, mais on diffuse plus d'informations sur le projet, en favorisant ainsi sa compréhension au bénéfice de la qualité du travail et de la phase réalisation. Cette meilleure qualité des études permet, en effet, de traiter en amont toute question technique pouvant impliquer des modifications importantes du projet et de faire de vraies économies durant le chantier, car une bonne partie des risques et des aléas d'exécution ont été étudiés en amont.

L'expérience professionnelle démontre que ces pratiques et ces technologies deviennent rentables seulement quand elles sont encadrées dans un processus consolidé, destiné à répondre à des cas d'usage BIM précis. Il ne s'agit pas simplement d'échanger des maquettes entre les acteurs d'un projet (architectes, ingénieurs, constructeurs), mais de favoriser une collaboration pensée pour une conception partagée, faite en pleine conscience des contraintes techniques et économiques du projet. D'où l'importance de se focaliser sur le rôle et les responsabilités de chacun dans le cadre de ces pratiques collaboratives ainsi que sur une stratégie de gestion de projet cohérente avec cette démarche BIM. L'équipe de management d'un projet de construction en BIM doit, de ce fait, être composée de figures professionnelles maîtrisant à la fois le processus de construction dans sa globalité et les méthodes de travail en BIM.

Les tendances d'aujourd'hui démontrent donc qu'un usage productif du BIM en phase études est possible à condition de l'intégrer complètement aux pratiques de conception et d'études de projet. Pour les équipes de management de projet (en conception ou en construction) cela veut dire prendre en compte une nouvelle contrainte, car les profils des équipes doivent maintenant intégrer cette compétence, mais n'ajoute en aucun cas des prestations complémentaires aux études. En d'autres termes, aujourd'hui on ne peut plus considérer le BIM comme une option qui permettrait de vendre à son client une mission complémentaire, souvent plus chère, pour mener les études ; il s'agit plutôt de dire qu'une entreprise est en capacité de mener des études en BIM car elle a intégré cette démarche à ses processus métier pour en tirer des avantages en termes de qualité et de productivité. Une démarche d'autant plus complexe que nous n'arrivons pas à estimer de manière exacte le retour sur investissement du BIM.

En termes d'objectifs, travailler en BIM permet de répondre à l'un des besoins principaux des clients, à savoir la possibilité de mieux suivre et examiner le processus de conception et de construction afin de réduire les risques. Il faut ainsi faire preuve de flexibilité pour permettre l'évolution des pratiques quand celles-ci s'avèrent incompatibles avec les nouvelles technologies. Dans le chapitre 4, les auteurs décrivent les avantages du BIM en phase études et passent en revue d'autres cas d'usage BIM liés à cette phase. Ils décrivent les différentes analyses possibles permettant de vérifier la constructibilité du projet (interfaces entre les différents corps de métiers, interférences spatiales, méthodes de construction, etc.) ainsi que la manière de profiter des maquettes numériques pour la logistique et la planification. À côté de cela, un modèle bien construit permet également d'extraire toute une série d'estimations et de quantités pouvant aider les managers dans la prise de décision ou simplement dans le suivi d'avancement des études. Mais comme le font remarquer les auteurs, « effectuer une estimation à partir du modèle 3D revient à peu près à "n'obtenir que ce qu'on mérite" », car les quantités extraites du modèle dépendent strictement de l'exactitude de la modélisation des objets.

Du fait des procédures de passation des marchés en France, les acteurs qui participent aux études d'un projet de construction ne sont souvent pas les mêmes durant l'ensemble des phases de conception. Les équipes qui travaillent sur le projet durant les phases d'études de faisabilité et d'autorisation (de l'esquisse au dossier de demande de permis de construire) sont souvent différentes de celles qui s'occupent de la conception détaillée de l'ouvrage ou encore des

études et des plans d'exécution. Aussi l'architecte et les ingénieurs des phases de conception ne sont-ils pas tenus de partager leurs modèles et, même quand cela est le cas car imposé par le client, ces modèles ne servent qu'à montrer l'intention de projet, les documents contractuels étant encore livrés sous forme de documents 2D. N'ayant aucune garantie quant à l'exactitude des maquettes reçues, les équipes qui mènent les études d'exécution sont ainsi obligées, pour des raisons de responsabilité et d'assurance, de refaire les modèles et ne profitent pas pleinement des avantages liés à une production partagée du modèle BIM global. Dans ce contexte, les opérations en conception-réalisation ont le potentiel pour devenir le terrain d'expérimentation de meilleures méthodes de collaboration entre les concepteurs et les constructeurs, dans la mesure où ces derniers font partie du même groupement et peuvent partager de plus en plus facilement les documents BIM. « Le propriétaire n'a qu'une sorte de contrat à gérer avec le concepteur-constructeur » qui, ayant moins de risques liés à un transfert erroné de documents, est plus ouvert aux échanges de maquettes.

## ■ Le BIM d'exécution

Quand on parle de BIM d'exécution il faut faire la différence entre le contexte international, et notamment le contexte américain auquel fait référence la version originale de cet ouvrage, et les particularités du contexte français. En effet, les auteurs se concentrent prioritairement sur une organisation qui voit plutôt les entreprises de construction comme des entités exécutantes des travaux que comme des bureaux d'études d'exécution qui participent activement à la finalisation des études d'un projet (sauf dans des cadres contractuels particuliers qui sont décrits dans l'ouvrage).

Dans le contexte français, les entreprises de construction ont souvent un rôle plus important dans la finalisation des études d'exécution, ancré dans un cadre juridique bien défini par la loi. Ce rôle est à la base du développement d'une particularité du contexte français qui a permis la consolidation d'une démarche BIM EXE intégrant l'ensemble des pratiques liées aux études d'exécution en BIM propres aux entreprises de construction. Ces pratiques et ces métiers sont différents des équivalents en phase conception, ou des études de maîtrise d'œuvre, car ils apportent une valeur ajoutée liée à l'expertise d'exécution des entreprises de construction.

Dans ce contexte, initier une démarche BIM en phase de conception, avec des modèles bien renseignés et structurés selon les référentiels les plus à jour,

n'exclut pas une démarche BIM en phase d'exécution menée par les entreprises. Le BIM d'exécution a des caractéristiques différentes, notamment par rapport à son approche par corps de métier, et permet aux entreprises de mieux finaliser leurs études. Cette particularité du contexte français fait que la continuité des maquettes numériques, au cœur des récents débats sur le BIM, prend une tout autre valeur à partir du moment où une entreprise doit assumer des responsabilités pénales par rapport à son livrable BIM, sous forme de maquette ou de plans extraits de la maquette.

De ce fait, à l'obtention du marché, les entreprises de construction sont obligées d'initier une démarche BIM visant à répondre à leurs besoins d'exécution. Ainsi, une nouvelle phase BIM voit le jour, avec un nouveau responsable, le BIM manager d'exécution, et des nouveaux documents, la convention BIM d'exécution ou plan de mise en œuvre BIM du projet. Il s'agit d'une démarche BIM profondément différente par rapport à celle des phases précédentes car les entreprises démarrent un processus de requalification de l'information dans la maquette en fonction des spécificités de l'exécution.

Une des problématiques majeures en termes d'adoption du BIM durant la phase exécution en France est liée au fait que les logiciels disponibles sur le marché sont souvent pensés pour la conception et non pour l'exécution. À côté des outils qui fournissent aux entrepreneurs des moyens pour coordonner les chantiers et identifier les incohérences de la conception, les bureaux d'études d'exécution en France ont souvent besoin d'outils spécifiques pour la finalisation des documents d'exécution et ont dû adapter leurs pratiques aux logiciels disponibles.

En France, le principal cas d'usage BIM en phase d'exécution est sans aucun doute la production des livrables d'exécution (plans d'exécution, d'atelier et de fabrication) éventuellement associée à des analyses fines faites à l'aide de la maquette numérique (comme la détection d'interférences). En phase exécution, les maquettes produites pour extraire les livrables peuvent ensuite être utilisées pour d'autres cas d'usage, notamment : l'analyse et la gestion des interférences liées aux méthodes d'exécution, la planification à l'aide de la maquette (BIM 4D), la réalisation de séquençages des travaux (*via* des animations ou des extraits 2D) avec détection des interférences, la mise à jour des estimations grâce aux quantités extraites du modèle (BIM 5D), la gestion de la logistique du site, la production des plans d'installation de chantier, l'utilisation de la maquette pour améliorer la sécurité sur le chantier ou encore le suivi de l'avancement du chantier et des réserves. Tous ces cas d'usage, associés à l'utilisation

des technologies mobiles, permettent d'utiliser les modèles directement sur le chantier. Les chapitres 5 et 6 de ce livre mettent en exergue ces cas d'usage et proposent des procédures de travail.

La dernière mission BIM de la phase exécution est souvent la création d'une maquette à associer au dossier DOE. Bien que les entreprises de construction la considèrent souvent comme un « mal nécessaire », une « case à cocher de la liste des informations à livrer, ayant pour but de finaliser les engagements du contrat », il s'agit en réalité d'un document crucial, notamment pour les gestionnaires de l'ouvrage qui, quant à eux, dépendent fortement de ces informations pour mieux gérer leurs biens.

Dans le chapitre 7, les auteurs donnent une vision typiquement anglo-saxonne en se demandant si cette maquette BIM DOE (appelée *Record BIM Model*) doit être produite par l'entreprise de construction ou par la maîtrise d'œuvre. En France, la plupart des marchés sont construits de façon que l'entreprise de construction soit toujours l'entité qui produit la maquette DOE du projet. Le fait d'avoir mené des études d'exécution en BIM, en créant des maquettes numériques utilisées pour la coordination des études et la synthèse ainsi que pour l'extraction des livrables d'exécution, permet en effet aux entreprises d'avoir à la fin de la phase études un support numérique fiable et conforme aux ouvrages à exécuter. Ce support permet, à la fin de la phase exécution, de créer plus rapidement une maquette numérique des ouvrages exécutés (maquette DOE) à travers des opérations de mise à jour ponctuelles qui relèvent des modifications éventuelles liées à la réalisation.

La maquette DOE n'est pas seulement constituée de l'ensemble des modèles représentant de manière précise les ouvrages réalisés, elle contient également une bonne partie des informations techniques concernant l'ouvrage. Ce modèle ainsi créé devient un outil très puissant et riche en informations, qui se prête à bien d'autres usages pour la suite du cycle de vie de l'ouvrage, notamment pour l'exploitation et la maintenance.

## ■ Le BIM et la gestion de l'ouvrage

La maquette numérique utilisée pour l'exploitation et la maintenance, éventuellement associée à une GMAO (gestion de maintenance assistée par ordinateur) ou une GTB (gestion technique du bâtiment) est un sujet qui reste assez nouveau dans l'industrie de la construction, même si ces dernières années

ont été marquées par une augmentation de la demande, notamment en phase d'appel d'offres.

Comme décrit dans le chapitre 7, il existe deux procédures principales permettant d'associer des informations à la maquette : à travers des hyperliens externes ou avec des métadonnées rattachées aux objets. La première méthode nécessite une interface logicielle spécifique et utilise une base de données externe au fichier BIM. Il s'agit de pouvoir numériser un QR Code ou une étiquette RFID sur un composant et d'être redirigé vers des informations disponibles sous différentes formes. La seconde méthode implique la saisie directe des informations dans les propriétés des éléments de la maquette.

Questions techniques mises à part, le *facility management* ou BIM exploitation impose une nouvelle façon de penser la construction et de nouvelles manières de travailler. Il s'agit de regarder le cycle de vie de l'ouvrage dans son ensemble et d'étudier la chaîne de valeur dans les phases conception, construction, gestion et déconstruction (notamment en termes d'évolution typologique).

Cette démarche contextualise les intérêts particuliers et la finalité de la construction par rapport aux usages au point qu'une démarche de *facility management* se doit d'être initiée en amont de l'opération (même en phase de programmation) pour s'assurer que le projet respecte les objectifs en termes de qualité de vie et d'usages. Cela est d'autant plus vrai si l'on prend en compte la mixité programmatique qui caractérise de plus en plus les typologies architecturales d'aujourd'hui. Il s'agit alors de traduire les objectifs du client et les usages des utilisateurs de manière à créer de la valeur qui n'est pas seulement économique : au fond, on ne construit plus seulement des bâtiments mais on réalise des lieux de vie.

Une fois la question des usages clarifiée, il faut définir les prérequis, notamment en termes de maquettes numériques, qui permettent de les atteindre. Cela nous amène à la question évoquée dans les récentes normes ISO de la continuité de la maquette BIM tout au long du cycle de vie de l'ouvrage car, dans la pratique professionnelle d'aujourd'hui, la maquette DOE est souvent la base de départ pour la création de la maquette d'exploitation et maintenance. Cette approche change les rapports entre les acteurs qui doivent maintenant travailler ensemble, en favorisant l'ouverture entre les différents intervenants, et impose de repenser les rôles et les responsabilités de chacun.

Il convient toutefois de rappeler que la maquette d'exploitation et maintenance est différente de celle de conception et de celle d'exécution. En premier

lieu, le niveau de détail géométrique est plus faible et le niveau d'information est plus élevé. À côté de cela il y a également un changement dans les usages car on observe le passage d'une maquette qui gère des pleins, car basée sur des objets, à une maquette qui gère des vides, car en exploitation les éléments du modèle font référence aux espaces et notamment aux pièces. Pour la création de la maquette d'exploitation, on part souvent de la maquette DOE fournie par l'entreprise et, comme expliqué dans ce livre, on enrichit ou enlève à chaque fois de l'information en fonction des objectifs du projet. Il est donc indispensable de définir les correspondances entre les différents outils de l'écosystème permettant la gestion du bâtiment et la maquette, qui devient ainsi l'un des outils permettant cette gestion électronique.

L'existence d'un BIM en phase exploitation-maintenance et d'une maquette aux caractéristiques propres à cette phase impose l'émergence d'une nouvelle figure professionnelle spécialisée. Mise à part son appellation, qui peut varier entre BIM manager d'exploitation ou BIM data manager, l'activité de ce professionnel tourne autour de quatre tâches principales. La première consiste à échanger avec le BIM manager d'exécution afin de créer à terme une maquette conforme aux exigences du client (en termes de précision géométrique et d'information). La deuxième consiste à tenir à jour cette maquette au fur et à mesure, de façon à refléter en permanence la réalité du site. La troisième consiste à gérer l'ensemble de l'écosystème BIM exploitation, dont la maquette n'est qu'une composante, et à imaginer les éventuelles connexions avec d'autres systèmes (GMAO, GTB ou objets connectés) pour enrichir la base de données. Enfin, la quatrième tâche consiste à analyser, relier et valoriser les données issues de cet écosystème mis en place pour proposer des améliorations de performances (énergétiques, d'usages, etc.) de l'ouvrage exploité. Il faut toujours se rappeler que le principal bénéficiaire du *BIM facility management* est le propriétaire de l'ouvrage et que les améliorations de performances permises par le BIM doivent avoir un impact positif sur la qualité de vie et la valeur (au sens large) de l'ouvrage. Nous le savons, 85 % du coût d'un bâtiment est lié à son exploitation : acheter une maquette DOE et l'utiliser pour la création d'une maquette de maintenance et d'exploitation n'est pas utile si on ne l'alimente pas au fur et à mesure avec les données techniques liées à la gestion de l'ouvrage et si on ne fait pas de mises à jour régulières durant son cycle de vie.

Néanmoins, il convient de préciser que dans ce domaine l'industrie de la construction n'en est qu'au début. Le choix des techniques et des procédures

n'est pas encore consolidé, non « nécessairement à cause d'un manque de normes ou d'interopérabilité, mais plutôt parce que les rapports entre la maintenance et l'exploitation des ouvrages et le BIM n'ont commencé que récemment à être formulés un peu plus précisément ».

## ■ Conclusion

L'industrie de la construction est aujourd'hui connectée à une quantité de plus en plus importante d'informations qui peuvent être accessibles rapidement à condition qu'elles soient bien organisées. En l'absence de pratiques et de technologies supportant l'exploitation de ces données, on risque non seulement de ne pas avoir accès aux informations dont nous avons besoin mais surtout de perdre en compétitivité. On pourrait alors se demander pourquoi faire du BIM dans un projet. Les auteurs expliquent comme entre 2007 et 2012 les facteurs influençant l'utilisation du BIM ont progressivement changé : si en 2007 la raison principale d'utilisation du BIM était la demande directe du propriétaire, à partir de 2012 ce choix était de plus en plus lié à des questions opérationnelles et d'amélioration en termes de production de livrables et de finalisation des études.

Aujourd'hui, le vrai potentiel d'une démarche BIM réside essentiellement dans la possibilité de partager de manière plus fluide les informations du projet et de faciliter les pratiques collaboratives et d'ingénierie concourantes. Les contributeurs qui créent une maquette numérique sont la valeur ajoutée du BIM sur un projet, car ensemble ils incrémentent les données au fur et à mesure de l'avancement des études, en se partageant l'effort d'une telle création, afin que tous les intervenants profitent de cet outil.

Cela nous amène à un des principaux aspects s'agissant du BIM qui est mis en exergue dans ce livre : l'humain. La plupart des ouvrages professionnels publiés à ce jour s'attachent au BIM en partant d'une logique basée sur les objets informatiques ou sur les logiciels. Le présent ouvrage part de l'humain, de son comportement, de sa façon de travailler, d'apprendre et d'adhérer à une démarche qui l'oblige à changer ses habitudes de travail. Au fond, comme souligné par les auteurs, « le BIM est seulement limité par la personne ayant le moins de connaissances techniques. Ou on amène tout le monde vers l'excellence ou c'est le niveau du plus fragile qui marquera les limites du possible ». Aujourd'hui il n'y a aucune garantie que l'utilisation du BIM aboutisse au zéro erreur ou modification et que le projet sera achevé sans problème, en avance

et sans dépassement de budget à chaque fois. Bien que le BIM possède tout le potentiel technique pour se rapprocher de cet objectif, ses atouts résident essentiellement dans sa capacité à développer un esprit d'équipe car chaque intervenant contribue à la création d'une partie du modèle et a le sentiment d'être un maillon indispensable à l'effort collectif.

L'avenir de la démarche BIM sera certainement lié à la création collective des modèles en temps réel, tout comme cela est aujourd'hui possible avec d'autres documents (textes, feuilles de calcul, etc.). En effet, la collaboration est un atout indispensable dans l'avenir de l'industrie de la construction, l'intensification des normes et des règlements faisant qu'un acteur ne peut avoir toutes les compétences à lui seul. « Cependant, à l'avenir, nous aurons un besoin accru d'équipes flexibles qui continueront à estomper les barrières aux pratiques courantes et repousseront les limites de l'intégration et de l'utilisation des technologies pour l'automatisation et l'accélération des processus. » Bien que techniquement cette approche soit déjà une réalité, du point de vue de la maîtrise des responsabilités et du suivi des modifications, il y a encore des améliorations à apporter du côté des logiciels pour atteindre la continuité des maquettes dans le cycle de vie de l'ouvrage, dont nombre de professionnels parlent aujourd'hui.

À la fin de l'ouvrage, les auteurs se demandent à juste titre si le BIM peut durer. Les projets en cours semblent dire que cela est possible. En revanche, une question que beaucoup d'équipes de conception et d'entrepreneurs se posent, et qui n'a pas encore obtenu de réponse unanime, concerne la rentabilité du BIM. En effet, la compréhension de la valeur ajoutée du BIM, la pertinence de la réponse aux besoins des clients, les coûts induits et les retours sur investissement sont des sujets difficiles à évaluer. Comme évoqué par les auteurs, contrairement à il y a cinq ans la plupart des chefs d'entreprise et des directeurs connaissent aujourd'hui le BIM. Ils en parlent et le vendent à leurs clients, mais ils ne connaissent pas vraiment les implications opérationnelles liées au choix de travailler en BIM. De ce fait, l'adoption des nouvelles technologies à l'échelle d'une entreprise ne dépend pas forcément de son PDG, qui reconnaît l'importance d'investir dans l'innovation. Comme le disent les auteurs, « là où ça bloque, c'est plutôt au niveau de la direction intermédiaire et des cadres » car, tout en reconnaissant le besoin d'adopter le BIM, ils ont des difficultés à mettre en œuvre une démarche qu'ils ne maîtrisent pas du point de vue des résultats.

En effet, « pouvoir montrer des résultats réels incontestables qui justifient un retour sur investissement (RSI) est un des plus grands challenges du BIM. Obtenir des résultats quantifiables et pouvoir les comparer à une référence serait plus facile si on utilisait le BIM dans une usine ou dans un environnement plus contrôlé et répétitif ». Au contraire, dans l'industrie de la construction il est souvent compliqué de justifier un retour sur investissement des pratiques innovantes *via* des indicateurs économiques traditionnels. On pourrait en effet évaluer le fait que grâce au BIM certaines analyses sont réalisées plus rapidement, que nous disposons d'une capacité d'accès et d'envoi de données améliorée ou qu'il y a une effective réduction du temps nécessaire à la réalisation de certaines tâches (notamment de production des livrables). Bien que ces indicateurs soient fiables et quantifiables, d'autres atouts du BIM, comme l'amélioration de la collaboration, de la communication ou de la qualité générale du projet, restent compliqués à démontrer.

Les auteurs se demandent : « Comment mesurer l'impact de l'utilisation du BIM sur un projet ? » ou encore : « Comment des personnes peuvent-elles utiliser des outils (BIM) pour améliorer un processus si elles n'en comprennent pas toutes les subtilités ? » En effet, la façon la plus simple de déterminer l'impact et le RSI de l'implémentation d'une technologie est de comparer le temps et l'argent nécessaires à l'achèvement d'une tâche (par exemple la production d'un livrable). Toutefois, d'autres facteurs peuvent influencer ce paramètre comme la capacité de l'équipe à se servir de la nouvelle technologie en question et la prise en compte des bonnes procédures d'utilisation. Une démarche intéressante qui commence à être mise en place dans l'industrie de la construction est une évaluation de la mission dans sa globalité. Dans le contexte français, par exemple, une entreprise de construction serait amenée à évaluer la phase études d'exécution et réalisation de manière globale, en regardant les résultats de l'utilisation du BIM pour les deux missions ensemble. Bien qu'il soit encore tôt pour en tirer des données fiables, les premiers retours d'expérience basés sur une vision globale de l'ouvrage sont plutôt positifs. Certes, le temps initialement dédié à la création de l'information est plus important, notamment pour la phase études – car les nouveaux outils nécessitent une phase préparatoire plus importante qui implique un déplacement de l'investissement économique et des ressources humaines en amont de chaque projet. Néanmoins, une approche collaborative orientée vers l'ouvrage permet également de générer une valeur ajoutée qualitative dans les phases finales de l'opération, notamment durant le chantier.

La question est en réalité plus profonde, car les équipes qui travaillent en BIM constituent, malgré tout, la minorité des effectifs opérationnels et, à l'instar des auteurs, « leur contribution au résultat final est toujours évaluée par la majorité qui génère la plupart des revenus de la société ». Cette majorité ne travaille pas en BIM ou, en tout cas, ne possède pas forcément les compétences pour bien évaluer la valeur ajoutée du BIM. Cela génère de la frustration au sein des équipes BIM car elles estiment que leur contribution n'est pas reconnue.

Dans le dernier chapitre les auteurs présentent leur vision de l'avenir du BIM qui a tout le potentiel pour devenir une sorte d'outil global. Ils estiment qu'une des avancées les plus importantes du BIM dans les années à venir serait de relier des objets virtuels aux différentes bases de données disponibles à l'échelle mondiale (données techniques, climatiques, comportements humains, utilisation des espaces, etc.). Cette corrélation pourrait être plus ou moins automatique et permettrait d'automatiser et de perfectionner les choix de conception en permettant une prise de décision plus pertinente. Au fond, « l'esprit humain ne peut pas traiter toutes ces corrélations assez rapidement », mais la machine pourrait nous faire gagner du temps à investir dans d'autres typologies de tâches plus intellectuelles. « Notre industrie pourrait envisager un moyen entièrement numérique pour livrer un projet de construction, qui évite toute impression papier et s'appuie uniquement sur un fichier BIM bien construit, pour toutes les procédures : à partir du permis de construire (PC) numérique, avec l'administration locale, et jusqu'aux entreprises sur le chantier, qui pourront commander et fabriquer les produits de la construction depuis les composants BIM téléchargés. »

Cette vision de l'avenir du BIM concerne toute la filière de la construction où les acteurs devraient commencer à travailler ensemble pour mettre en place des objets paramétriques qui intègrent des propriétés personnalisables en fonction de l'environnement. Cela permettrait de mettre à la disposition de tous des systèmes intelligents qui généreraient automatiquement des détails techniques en se basant sur les informations des objets adjacents et des bases de données. Comme le disent les auteurs, « bien que la mise en œuvre nécessite un investissement de la part des fabricants, nombre d'entre eux verront sans aucun doute cela comme une occasion de devancer leurs concurrents ». En même temps, les concepteurs économiseraient du temps pour la rédaction des détails et pour la production des livrables et gagneraient en qualité, car ces détails pourraient à terme être certifiés par le fabricant lui-même.

Les professionnels de l'industrie de la construction sont doublement concernés par les questions évoquées dans cet ouvrage car, d'un côté, en tant que citoyens, ils vivent à l'ère de l'hyperconnexion numérique dont les pratiques et les usages influencent leurs capacités cognitives et leur manière de gérer un projet ; de l'autre, cette technologie a touché (et j'ajouterai, pour toujours) les deux éléments indispensables dans notre industrie, le dessin et l'information, qui deviennent de plus en plus numériques, paramétriques, partagés et collaboratifs. Cette transition technologique, qui concerne désormais tous les secteurs de la société a, *de facto*, modifié la façon dont on conçoit, réalise, utilise et s'approprie les lieux. Au fond, comme évoqué par les auteurs, « l'innovation est un voyage, pas une destination ». Le caractère collectif du BIM a le potentiel pour faire cohabiter les différentes vitesses d'évolution des pratiques des métiers de l'industrie de la construction et ainsi représenter une réelle valeur ajoutée pour l'ensemble des acteurs concernés.



# Prologue

## Le BIM, le besoin de normes et la série NF EN ISO 19650

---

Marie-Claire COIN  
Expert NF EN ISO 19650

L'analyse proposée ici n'est pas une explication littérale de la série de normes NF EN ISO 19650 et n'est pas un guide pratique. L'objectif est d'apporter les éclairages et les éléments de contexte pour une lecture et une compréhension efficaces. Et de faire ressortir les points saillants qui font la force de ce texte pour en faciliter l'appropriation sur projet.

Une première question se pose : pourquoi une norme ?

Aujourd'hui le BIM réveille des travaux et des contributions de toutes parts. Chaque acteur invente des fonctionnements et des cas d'usage, rédige ses conventions BIM pour définir les attendus BIM pour ses ouvrages. Les inspirations sont diverses, une norme peut être le point de convergence.

Si chaque projet de construction est unique, y sont associées des visions opérationnelles, fonctionnelles, organiques, des contraintes environnementales, etc., toutes spécifiques, qui en font un modèle de représentation et de données unique ; les processus acteurs, les domaines des métiers, les corpus de connaissance sont quant à eux connus, stables et répliquables.

Les échanges de données numériques nous obligent à repenser les échanges pour les qualifier, les fiabiliser, les stabiliser. Échanges interphases, échanges entre parties ; ces changements d'état ou d'acteurs constituent autant d'interfaces à fluidifier.

Pour progresser, le BIM s'engage vers l'écriture d'un langage commun que chacun d'entre nous s'appropriera : compris par tous, utilisé par tous. Installer des processus acteurs, définir et contrôler les données projet, sont des préalables clés du succès BIM de nos opérations et sont au cœur de nos actions de normalisation.

Un échange réussi entre parties nécessite, avec le langage commun, la prise en compte de différentes problématiques décrites en niveaux d'interopérabilité. L'interopérabilité est l'objectif recherché.

### ■ Dans quel périmètre s'inscrit la série NF EN 19650 ?

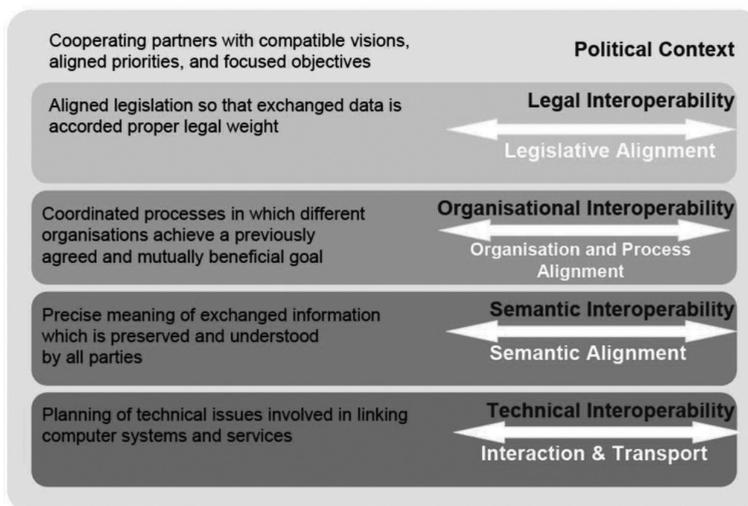
Trois chapitres interdépendants articulent nos échanges BIM : la terminologie/ le dictionnaire de propriétés, les langages machines et les processus (voir « Feuille de route normalisation », publication du PTNB). Ces trois domaines constituent les piliers du BIM tel que nous le comprenons aujourd'hui. Les travaux de normalisation sur le BIM écrivent les standards pour les définir.

Ce triptyque du langage BIM s'inscrit également dans le cadre large européen EIF (*European Interoperability Framework*) qui décompose le cadre d'interopérabilité en niveaux d'interopérabilité (voir ci-après les extraits). Une correspondance s'établit entre ce cadre EIF et les travaux en normalisation BIM.

*« Le schéma ci-après, repris du modèle proposé dans l'EIF, présente quatre niveaux d'interopérabilité... »*

*« À chaque niveau correspondent des standards et des principes sur lesquels les parties doivent s'aligner pour concevoir et opérer des échanges efficacement »*

Extraits du Référentiel général d'interopérabilité RGI v2.0 du 2 décembre 2015



*European Interoperability Framework : Interoperability Level*

NIVEAUX D'INTEROPÉRABILITÉ	ATTENDUS : EXTRAITS RGI v2.0	APPLICATIONS BIM
<p><b>Political Context</b></p>	<p><b>Niveau politique</b>  <i>Des visions partagées, des orientations et des stratégies convergentes favorisent la coopération, la communication et plus particulièrement les échanges entre les différentes parties prenantes, chacun à leur niveau d'activité.</i></p>	<p><b>Niveau politique</b>            Une directive européenne (2014/24/UE-art.22.4) ouvre le sujet, reprise en France par l'article 42 III du décret n° 2016-360 relatif aux marchés publics, fait référence au BIM :</p> <p>III. – L'acheteur peut, si nécessaire, exiger l'utilisation d'outils et de dispositifs qui ne sont pas communément disponibles, tels que des outils de modélisation électronique des données du bâtiment ou des outils similaires. Dans ce cas, l'acheteur offre d'autres moyens d'accès au sens du IV, jusqu'à ce que ces outils et dispositifs soient devenus communément disponibles aux opérateurs économiques.</p> <p>IV. – L'acheteur est réputé offrir d'autres moyens d'accès appropriés dans tous les cas suivants :</p> <p>1° Lorsqu'il offre gratuitement un accès sans restriction, complet et direct par moyen électronique à ces outils et dispositifs à partir de la date de publication de l'avis d'appel à la concurrence ou de la date d'envoi de l'invitation à confirmer l'intérêt ou, en l'absence d'un tel avis ou d'une telle invitation, à compter du lancement de la consultation. Le texte de l'avis ou de l'invitation à confirmer l'intérêt précise l'adresse internet à laquelle ces outils et dispositifs sont accessibles ;</p> <p>2° Lorsqu'il veille à ce que les opérateurs économiques n'ayant pas accès à ces outils et dispositifs ni la possibilité de se les procurer dans les délais requis, à condition que l'absence d'accès ne soit pas imputable à l'opérateur économique concerné, puissent accéder à la procédure de passation du marché public en utilisant des jetons provisoires mis gratuitement à disposition en ligne ;</p> <p>3° Lorsqu'il assure la disponibilité d'une autre voie de présentation électronique des offres.</p>