

*Je dédie ce livre à Joseph E. Pingree,
mon époux et mon meilleur ami aussi.*

Karen KENSEK

Sommaire

Préface de Bertrand Delcambre 13

Avant-propos de l'auteur à l'édition française 17

Introduction de Clément Mabire 19

Avertissement de l'éditeur 23

Préambule 25

Partie 1 - Les notions fondamentales 33

1. Présentation du BIM 35

2. Les intervenants et les différents rôles du BIM 57

3. Les échanges de données et l'interopérabilité 95

4. La mise en œuvre du BIM 121

5. Les utilisations plus complexes du BIM 147

Partie 2 - Les applications concrètes : études de projets 183

6. DesignLAB architects : petite agence BIM pour grand projet brutaliste 185

7. ZGF : transition vers le BIM – Passer le pas dans une grande agence 201

8. CASE : coordinateurs BIM 213

9. Mortenson Construction : un succès grâce à la collaboration 227

Conclusion 245

Bibliographie 250

Table des matières

Préface de Bertrand Delcambre	13
Avant-propos de l'auteur à l'édition française	17
Introduction de Clément Mabire	19
Avertissement de l'éditeur	23

Préambule	25
-----------	----

Partie 1 - Les notions fondamentales 33

1. Présentation du BIM 35

La modélisation paramétrique et la maquette numérique BIM	35
Les « dimensions » du BIM	40
BIM 2D : CAO, planification d'espaces et pièces écrites	40
BIM 3D : conception et construction virtuelle	42
BIM 4D : le temps	48
BIM 5D : les coûts	50
BIM 6D et 7D : gestion des cycles de vie	52
Niveaux de développement	52
Le niveau de développement	52
Les protocoles d'échanges	55
La description des objets par métier	55
Conclusion	56

2. Les intervenants et les différents rôles du BIM 57

Les architectes, les ingénieurs et les consultants	57
Les études de faisabilité et d'esquisse	58
Les études d'avant-projet sommaire	61
Les études d'avant-projet définitif	64
Les études de projet	66
Les marchés de travaux	69
La direction de travaux	70
Les entreprises et les sous-traitants	70
Le modèle de conception et le modèle de construction	70
Avant et pendant le chantier	72

Le scan 3D	75
La gestion du site	75
La planification du projet	76
Les quantitatifs	77
Les estimations de coûts	78
La détection d'interférences	79
La coordination entre les corps de métiers	81
La « Big Room »	83
Les kiosques BIM et les tablettes	84
Les fabricants	87
La découpe à commande numérique	88
Le métal : l'acier, le métal laminé	88
Le béton	89
Les plastiques renforcés de fibres	90
Autres applications	90
Les gestionnaires et les propriétaires	91
Conclusion	94
3. Les échanges de données et l'interopérabilité	95
L'interopérabilité	95
L'interopérabilité des outils	95
Les méthodes d'intra- et d'interopérabilité	96
Les méthodes d'échange de données	100
La synchronisation dynamique ou statique	100
Les problèmes pratiques liés aux échanges de données entre les différents intervenants	101
Le modèle intégré et le modèle fédéré	103
Les systèmes de modèles intégrés et l'exemple du HiDef BIM	103
Les limites de l'approche HiDef BIM	106
Les systèmes de modèles fédérés et les modèles par discipline	107
Un serveur BIM comme armoire à plan du BIM	109
Modèle simple contre modèles multiples, format propriétaire contre format libre	110
Les formats de fichiers et les méthodes de communication	110
Les formats propriétaires	111
Les formats ouverts	111
Les formats d'échange de données	112
Les fichiers de CAO	113
Les documents basés sur le XML	113
Industry Foundation Classes IFC	114
La structure d'échange COBie	116
L'OmniClass	118
Conclusion	119

4. La mise en œuvre du BIM 121

- Transformer sa société vers le BIM 121
 - Sept étapes vers le BIM 121
 - Les ressources humaines 124
 - La réalisation d'un projet BIM 128
- Les livrables BIM 130
- Les questions légales 132
 - Là où il y a des contrats, il y a des avocats 132
 - Les questions concernant les contrats BIM 132
 - Les actions en justice BIM 133
 - Revue des termes clés 135
- Les normes internes 136
- La convention d'exécution BIM 139
 - La « convention pratique » 140
 - Conclusion 141
- L'évaluation de la maturité du BIM 142
 - BIM Score Calculator 142
 - bimSCORE 143
 - Les prix BIM 144
- Conclusion 145

5. Les utilisations plus complexes du BIM 147

- La conception assistée 147
 - Exemples 148
 - L'optimisation 151
 - L'optimisation et le futur du BIM analytique 156
- L'informatique dans les « nuages » (le cloud) 157
 - Le contexte 157
 - Les ordinateurs et les logiciels 158
 - Les avantages 159
 - Les inconvénients 161
 - Les cloud privés et les serveurs BIM 161
 - Intégrer le cloud au sein d'une société 162
 - Le fonctionnement à l'international 163
 - Faire baisser les prix 163
- La conception générative 164
 - La personnalisation par l'usage de scripts et de plug-ins 164
 - Modifier les paramètres 170
 - La génération de formes par le biais de la programmation visuelle 171
 - Conclusion 174
- L'amélioration des connaissances des maîtres d'ouvrage 174
 - Les demandes des maîtres d'ouvrage 174
 - Défis et exigences des maîtres d'ouvrage 175
 - La valeur ajoutée 176
 - Les procédures d'appel d'offres 177
 - Le dossier des ouvrages exécutés et autres livrables 178
- Conclusion 181

Partie 2 - Les applications concrètes : études de projets 183

6. DesignLAB architects : petite agence BIM pour grand projet brutaliste 185

- Les auteurs 185
- DesignLAB architects 186
- La bibliothèque Claire T. Carney 186
- Implémentation du BIM et problèmes rencontrés 188
 - Petite structure mais grosse efficacité 188
 - La formulation des intentions et du protocole BIM 190
 - L'interopérabilité et les échanges d'information 192
 - L'équipe et l'organisation des fichiers 193
 - Les prestations et la construction 195
- Les succès 195
- Les opportunités 197
- Les conseils 198
 - Mettre au point les attentes 198
 - Si c'était à refaire 198
- Conclusion 200

7. ZGF : transition vers le BIM – Passer le pas dans une grande agence 201

- Les auteurs 201
- ZGF Architects LLP 201
- L'Altman Clinical and Translational Research Institute 202
 - L'histoire du projet 202
- L'implémentation du BIM 203
 - Le début du projet 204
 - Les modifications et les standards 206
 - La formation et le suivi 208
 - La place du BIM manager 209
- Les succès 210
 - Le protocole BIM 210
 - Les BIM managers 210
- Conclusion 210

8. CASE : coordinateurs BIM 213

- Les auteurs 213
- CASE 213
 - Le bâtiment de bureaux Felleskjøpet 214
 - Le bâtiment 7 de Chiswick Park 217
 - Le Louisiana State Museum and Sports Hall of Fame 219
- Les succès 225
- Les opportunités 225
- Conclusion 225

9. Mortenson Construction : un succès grâce à la collaboration 227

- Les auteurs 227
- M. A. Mortenson Company 227
- Le centre judiciaire Ralph L. Carr 228
- La description du projet 228
 - Planifier un processus BIM intelligent 228
 - La coordination avec l'architecte 229
 - L'implémentation et le suivi de la convention d'exécution BIM 231
 - La présentation des intentions de projet grâce à des modèles numériques 236
 - L'amélioration de l'efficacité pendant le chantier et les économies qui en découlent 238
 - Le développement de méthodes pour relier les personnes aux informations 239
- Les succès 241
- Les opportunités 241
- Les conseils 242
- Conclusion 242
 - Le témoignage du maître d'ouvrage 242
 - Le témoignage de l'architecte 242
 - Le témoignage de l'entreprise 244

Conclusion 245**Bibliographie** 250

- Chapitre 1 250
- Chapitre 2 251
- Chapitre 3 252
- Chapitre 4 252
- Chapitre 5 253
- Liste des logiciels cités 255

Préface

Bertrand Delcambre

Président du Plan de transition numérique dans le bâtiment

Mobilisation générale pour une appropriation collective du numérique

Les outils numériques, notamment la maquette numérique et le BIM (*Building Information Modeling*), laissent entrevoir des gains potentiels très significatifs, tant en matière de productivité (réduction des délais, diminution des coûts) que d'amélioration de la qualité des projets. À ce titre, ces outils constituent des pistes concrètes pour permettre au secteur du bâtiment de construire et rénover plus de logements de meilleure qualité, notamment environnementale, et à moindre coût.

À l'international, les initiatives visant à développer le BIM sont de plus en plus nombreuses. L'Union européenne a modifié récemment les directives relatives aux marchés publics pour encourager les États membres à recourir aux outils numériques.

À l'issue d'une large concertation avec l'ensemble des acteurs professionnels, un Plan de transition numérique dans le bâtiment (PTNB) a été mis en place par Sylvia Pinel, ministre du Logement, de l'Égalité des territoires et de la Ruralité. Le PTNB a été annoncé en décembre 2014 dans le cadre du plan de relance de la construction. L'objectif de ce plan de transition numérique est d'accélérer le déploiement des outils numériques dans le secteur du bâtiment : en effet, les grandes structures (entreprises, architectes, ingénieries, industriels) ont de plus en plus recours à ces outils numériques, mais, à l'exception de quelques pionniers, les plus petites s'en servent encore insuffisamment.

La ministre a alloué au PTNB un budget de 20 millions d'euros. Le comité de pilotage, rassemblant les représentants des principales organisations professionnelles du bâtiment ainsi que ceux de quatre ministères, a élaboré une feuille de route détaillant les projets à mettre en place selon trois axes.

Premier axe : convaincre et mobiliser tous les acteurs, notamment les maîtres d'ouvrage

Pour la bonne compréhension de la maquette numérique et du BIM par les TPE et PME du bâtiment, un *portail du numérique* présentera sur Internet l'ensemble des éléments pédagogiques (documents, animations, vidéos...) et des témoignages.

À destination de la maîtrise d'ouvrage, publique et privée, un *référentiel du numérique* sera élaboré et des suivis d'opérations pilotes seront mis en place avec des maîtres d'ouvrage volontaires.

Un dispositif d'animation des plateformes régionales permettra le *partage d'expériences* et leur promotion.

Deuxième axe : accompagner la montée en compétence des acteurs et développer des outils adaptés à la taille de tous les projets

Des *contenus pédagogiques* nécessaires à la découverte, puis à la maîtrise du numérique par les professionnels (architectes, ingénieurs, entrepreneurs...) serviront de base à la mise au point d'offres de formation, lesquelles seront disponibles sur des supports permettant de toucher le plus grand nombre d'acteurs possible.

Qu'il s'agisse d'architectes, d'ingénieurs ou de petites entreprises, des *cahiers des charges* précisant les attentes de chacun seront finalisés pour susciter le développement de kits BIM adaptés aux besoins des professionnels pour les projets de taille modeste.

Des *applications* seront finalisées pour illustrer concrètement les progrès apportés par le numérique aux étapes clés des projets :

- expérimentations relatives à la numérisation du permis de construire ;
- démonstrations d'applications numériques sur les chantiers de bâtiments ;
- élaboration de cahiers des charges précisant les contenus et les fonctionnalités des DEC, des DOE et DIUO numériques ;
- incitation à élaborer des outils et des méthodes adaptés à la création de maquettes numériques à partir d'ouvrages existants ;
- essai de prédéfinition du carnet numérique de suivi et d'entretien des logements neufs.

Troisième axe : installer la confiance dans l'écosystème du numérique

Les travaux de normalisation des formats d'échange de données décrivant les ouvrages (IFC) seront amplifiés et accélérés de manière à faciliter l'interopérabilité logicielle.

Le développement des bibliothèques d'objets BIM, indispensables pour une utilisation généralisée de la maquette numérique, sera soutenu.

Des éléments de réponses aux principales questions juridiques posées par l'utilisation de la maquette numérique dans les projets seront élaborés.

Ces projets illustrent les efforts nécessaires, à tous les niveaux et dans le cadre d'une démarche collective, pour que, d'ici deux à trois ans, le monde du bâtiment dans son ensemble commence à bénéficier des avantages de ces outils numériques.

La maquette numérique permet une représentation en 3D des ouvrages beaucoup plus facile à appréhender que les plans traditionnels dont la compréhension est souvent l'affaire de spécialistes. En outre, elle rend directement possible les différentes interventions d'ingénierie (structure, thermique, acoustique...) et facilite les estimations de prix. Avec le renforcement des exigences énergétiques (BEPOS, RBR 2020...) et environnementales à l'horizon, le monde du bâtiment a besoin de s'approprier ces outils puissants de modélisation et de partage des informations techniques. Et ce d'autant plus qu'il est indispensable d'apprendre à raisonner en coût global – c'est-à-dire, d'apprendre à se projeter dans le long terme – en rassemblant toutes les hypothèses et toutes les informations nécessaires pour faire le plus tôt possible les meilleurs choix technico-économiques.

Avant-propos

Karen Kensek

La première édition de cet ouvrage a été publiée il y a moins d'un an et déjà sa traduction française voit le jour. Il est encourageant que le changement se fasse de manière si rapide.

De même dans le domaine de la construction. Le BIM, correctement intégré et compris, a beaucoup à apporter au BTP en termes de croissance et de santé industrielle : il profite aux architectes et aux ingénieurs, aux entreprises de construction et, plus important encore, aux maîtres d'ouvrage. Les occasions d'utiliser une méthode de travail BIM sont présentes à toutes les étapes de la vie d'un bâtiment, de l'idée initiale de planification immobilière au développement de la conception, de la construction à l'immotique. Le BIM peut également aider à concevoir des bâtiments plus économes en énergie, moins chers et plus rapides à construire, et à créer des intérieurs plus confortables et plus sains.

La France est à la pointe de cette technologie. Elle s'est complètement engagée dans cette transition numérique en s'appuyant sur des leaders motivés et des défenseurs fervents. La dimension internationale du développement du BIM est essentielle dans la mesure où ses principes ne connaissent pas de limite et où l'industrie du bâtiment a pris l'habitude de révolutionner ses pratiques. Les experts de la conception et de la construction, au même titre que les maîtres d'ouvrage clairvoyants, comprennent l'influence bénéfique qu'exerce le BIM sur le monde du BTP.

Le changement de méthode de travail, nécessaire à l'implémentation du BIM, n'est pourtant pas sans accroc. À l'échelle nationale, le Plan de transition numérique dans le bâtiment, mis en place par le ministère du Logement, de l'Égalité des territoires et de la Ruralité, marque l'engagement de l'État dans ce processus. Bien que partiellement basé sur les expériences d'autres pays engagés dans cette révolution des pratiques, il est surtout ancré dans les spécificités de l'industrie française du bâtiment. Cet effort doit s'accompagner, à l'échelle locale, d'un investissement et d'une volonté de transition comparables de la part des différents acteurs du secteur, qui devront consacrer le temps et les efforts nécessaires pour s'adapter au BIM. La formation a une importance déterminante dans ce processus. Mais il est également vital pour le succès de cette transition que la France mène une politique d'innovation et de recherche dans ce secteur en constante évolution.

Le BIM n'est pas une fin en soi, c'est un processus qui va aider à renouveler et à revigorer les pratiques du BTP. De même qu'on ne parle plus aujourd'hui de CAO, on ne parlera peut-être bientôt plus du BIM. Ses principes auront simplement été intégrés aux méthodes de travail en usage. Qui sait ce que l'avenir nous réserve en termes d'aide numérique à la conception ou de travail collaboratif en vue de créer une architecture toujours plus innovante ?