

Nader **Boutros** & Régine **Teulier**
Coordinateurs

À LA POINTE DU BIM

Ingénierie & architecture,
enseignement & recherche

Nader **Boutros** & Régine **Teulier**
Coordinateurs

À LA POINTE DU BIM

Ingénierie & architecture, enseignement & recherche

L'adoption du BIM par les différents professionnels dont est peuplé le vaste domaine de l'architecture et de la construction ne fait que commencer. Le BIM y est très diversement intégré selon qu'il s'agit des architectes, des ingénieurs, des maîtres d'œuvre et des entreprises de construction ainsi que des autres métiers du BTP mais c'est déjà un terrain de recherche et un objet d'enseignement. À ce sujet on découvrira ici quelles sont les dernières avancées du BIM dans les écoles d'ingénieurs, les universités et les entreprises préoccupées des résultats de la recherche.

On y rencontrera notamment l'**architecte** qui confronte son esquisse au BIM, l'**ingénieur** qui cherche quelle méthodologie de conception de système adopter, le **gestionnaire de patrimoine** soucieux d'appliquer le BIM à la maintenance et à l'exploitation des bâtiments, l'**urbaniste** qui, dans une démarche BIM, souhaite réaliser une maquette numérique d'une rue pour son étude thermique par éléments finis, les **éditeurs de logiciels** qui proposent des méthodes et des outils pour rendre le BIM accessible aux entreprises du bâtiment ou encore les **informaticiens** qui créent des algorithmes pour modéliser les extensions urbaines et, bien sûr, **tous les utilisateurs du BIM** qui veulent conjuguer interopérabilité et réactivité.

Les auteurs

À l'occasion de la quatrième édition des Journées de l'enseignement de la maquette numérique et du BIM (EDUBIM), un comité de programme représentatif de la recherche universitaire et professionnelle en France sur le BIM a opéré un choix dans les contributions des chercheurs pour composer le présent ouvrage, coordonné par Nader Boutros et Régine Teulier.

Architecte, ingénieur, enseignant-chercheur au laboratoire EVCAU de l'ENSA Paris /Val de Seine, **Nader BOUTROS** est par ailleurs directeur des activités de recherche et développement de la société PASS Technologie.

Ingénieur et docteur en sciences économiques, chercheur associé au CRG-I3, Institut interdisciplinaire de l'innovation (UMR 9217, CNRS/École Polytechnique/Université Paris-Saclay), **Régine TEULIER** a travaillé sur les conditions et les processus de la coopération dans les groupes — entre les hommes et les machines, et entre les entreprises — en privilégiant l'étude des pratiques. Ses travaux portent sur les savoir-faire, les apprentissages, la modélisation des connaissances, la coopération à travers les concepts et les méthodes de l'intelligence artificielle, puis ceux de l'ingénierie des connaissances et des sciences de gestion. Elle travaille sur le BIM depuis 2007 à travers le projet Communic puis le projet MINND dans lequel elle participe au comité de pilotage.

Ont contribué à l'ouvrage

Jairo ACUÑA PAZ Y MIÑO (Urban Physics Joint Laboratory, UPPA)

Rahim AGUEJDAD (CNRS/UMR TETIS)

Benoit BECKERS (Urban Physics Joint Laboratory, UPPA)

Karim BOUREGUIG (BIM Cloisons)

Nader BOUTROS (PASS Technologie, ENSA Paris-Val de Seine/EVCAU)

Hind BRIL EL HAOUZI (Université de Lorraine, CRAN UMR7039)

Guillaume DA SILVA (ESTP Paris)

Auréli DE BOISSIEU (Grimshaw Architects)

Omar DOUKARI (EI.CESI Nanterre)

Mojtaba ESLAHI (ESTP Paris)

Bernard FERRIES (LRA, ENSA de Toulouse)

Vincent GOUEZOU (ENSAPL, ANMA)

Claire LAWRENCE (Urban Physics Joint Laboratory, UPPA)

Vincent LEFORT (Urban Physics Joint Laboratory)

Thomas PAVIOT (LAMIH - CNRS UMR 8201)

Kay ROGAGE (Faculty of Engineering & Environment, Northumbria University)

Richard WATSON (Faculty of Engineering & Environment, Northumbria University)

Nicolas ZIV (ESTP, Université Paris-Est)

À la pointe du BIM

BIM et maquette numérique aux éditions Eyrolles

Sylvain Riss, Aurélie Talon & Régine Teulier (dir.), *Le BIM éclairé par la recherche*, 2017, 192 p., coédition Eyrolles/CESI (exclusivement disponible en livre numérique)

Olivier Celnik & Éric Lebègue (dir.), *BIM et maquette numérique pour l'architecture, le bâtiment et la construction*, préface de Bertrand Delcambre, 2^e éd. 2016, 768 p., coédition Eyrolles/CSTB/MediaConstruct (exclusivement disponible en livre numérique)

Karen Kensek, *Manuel BIM. Théorie et applications*, préface de Bertrand Delcambre, 2015, 256 p.

Éric Lebègue & José Antonio Cuba Segura, *Conduire un projet de construction à l'aide du BIM*, 2015, 80 p., coédition Eyrolles/CSTB

Anne-Marie Bellenger & Amélie Blandin, *Le BIM sous l'angle du droit : pratiques contractuelles et responsabilités*, 2^e éd. 2018, 160 p., coédition Eyrolles/CSTB

Serge K. Levan, *Management et collaboration BIM*, 2016, 208 p.

Annalisa De Maestri, *Premiers pas en BIM : l'essentiel en 100 pages*, 2017, 104 p., coédition Eyrolles/Afnor

Christophe Lheureux, *BIM pour le maître d'ouvrage. Comment passer à l'action*, 2017, 96 p.

Patrick Dupin, *Le LEAN appliqué à la construction. Comment optimiser la gestion de projet et réduire coûts et délais dans le bâtiment*, 2014, 160 p.

Brad Hardin & Dave McCool, *Le BIM appliqué au management du projet de construction. Méthode, flux de travaux et outils*, à paraître en 2018, coédition Eyrolles/Afnor éditions

Jonathan Renou & Stevens Chemise, *Revit pour le BIM : Initiation générale et perfectionnement structure*, 4^e édition, 2018, 552 p.

Julie Guézo & Pierre Navarra, *Revit Architecture : développement de projet et bonnes pratiques*, 2016, 448 p.

Vincent Bleyenheuft, *Les familles de Revit pour le BIM*, 2017, 360 p.

Olivier Lehmann, Sandro Varano & Jean-Paul Wetzel, *SketchUp pour les architectes*, 2014, 246 p.

Matthieu Dupont de Dinechin, *Blender pour l'architecture : conception, rendu, animation et impression 3D de scènes architecturales*, 2^e édition, 2016, 336 pages

Nader Boutros & Régine Teulier
coordinateurs

À la pointe du BIM

Ingénierie & architecture,
enseignement & recherche



EYROLLES

ÉDITIONS EYROLLES
61, bd Saint-Germain
75240 Paris Cedex 05
www.editions-eyrolles.com

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.

© Groupe Eyrolles, 2018, ISBN : 978-2-212-67675-4

Sommaire

Avant-propos de Régine Teulier	1
Préambule de Gaëlle Baudouin et Aurélie Talon	5
Introduction de Nader Boutros	7

PARTIE 1. Perception

CHAPITRE 1. State of the Art of Design Methods: Application to the Construction Industry and BIM.....	13
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

PARTIE 2. Conception

CHAPITRE 2. DialecBIM : une méthode d'évaluation du « dialectisme » des esquisses à l'ère du BIM	33
CHAPITRE 3. Pour une interopérabilité dynamique	55
CHAPITRE 4. Modélisation paramétrique 3D et multi-échelle du développement résidentiel : exemple du modèle SLEUTH ^{3D}	69

PARTIE 3. Étude et réalisation

CHAPITRE 5. A Case Study Investigation of Industry Templates and Information Quality Methodologies for the Definition and Assessment of Asset Information Requirements.....	89
CHAPITRE 6. Maquette numérique d'une rue du vieux Bayonne pour son étude thermique par éléments finis.....	103
CHAPITRE 7. Méthodologie de développement informatique pour rendre le BIM accessible aux entreprises du bâtiment	117
Les auteurs	138
Les reviewers.....	139
Le comité scientifique.....	140

Table des matières

Avant-propos	1
Préambule	5
Introduction	7

PARTIE 1

Perception

CHAPITRE 1. State of the Art of Design Methods: Application to the Construction Industry and BIM

Nicolas ZIV

Abstract	13
Key words	13
Résumé	14
Mots-clés	14
Introduction	14
1. Functional Analysis methods.....	15
1.1. External Functional Analysis (EFA)	15
1.1.1. <i>Modeling need(s): The “fundamental need expression” scheme.....</i>	<i>15</i>
1.1.2. <i>External functions: the context diagram.....</i>	<i>16</i>

1.2.	Internal Functional Analysis (IFA)	17
1.2.1.	<i>The Functional Tree</i>	17
1.2.2.	<i>The Functional Bloc Diagram (FBD)</i>	18
1.3.	Functional Analysis and BIM.....	18
2.	Systems Engineering and Requirement Engineering	19
2.1.	Metamodels	19
2.2.	Requirement Engineering	21
2.3.	MBSE (Model-Based Systems Engineering).....	22
2.4.	Systems Engineering and BIM.....	23
3.	Constructability	24
3.1.	Constructability concepts and principles.....	24
3.2.	Constructability as the link between the product and the project.....	25
3.3.	Constructability and BIM.....	25
4.	The C-K theory	26
	Conclusion and discussion	27
	References	27

PARTIE 2

Conception

CHAPITRE 2. DialectBIM : une méthode d'évaluation du « dialectisme » des esquisses à l'ère du BIM

Vincent Gouezou

Abstract	33
Key words	34
Résumé	34
Mots-clés.....	35
Introduction : dessin et BIM	35
1. Travaux connexes	35
2. La disparition latente du dessin en contexte BIM	40
2.1. La modélisation supplante le document	40
2.2. Le BIM : « processus » ou « logiciel » ?	41
3. Dissensualité de la représentation du projet.....	43
3.1. La notion médiante de projet.....	43
3.2. Le BIM oblitérant la notion de projet	44

4. Quel niveau de réciprocité dialectique aurait un mode « bimable » de dessin d'esquisse ?	46
5. Méthode DialecBIM	48
5.1. Comparaison de cinq différents modes d'esquisse	48
5.2. Adaptation de VAirDraw au « dessin spatialisé bimable »	49
5.3. Problème de la préservation sémantique entre CAO-BIM et RV	50
Références bibliographiques	51

CHAPITRE 3. Pour une interopérabilité dynamique

Bernard Ferries, Aurélie de Boissieu

Abstract	55
Key words	55
Résumé	56
Mots-clés	56
Introduction	56
1. Enjeux de l'interopérabilité : interfaces entre logiciels et structuration des données partagées	57
1.1. Multiplication des interfaces et modèle de données centralisé	57
1.2. De la base de données centralisée à des datasets distribués	58
2. Principales solutions techniques pour l'échange entre applications	59
2.1. Échanges entre applications via un outil d'intermédiation	59
2.2. Échanges entre applications via un format standard	60
2.3. Données liées (<i>Linked Data</i>)	61
3. Interopérabilité dynamique par modélisation des flux de datasets	62
3.1. Un outil de gestion et de transfert de datasets	62
3.2. Interopérabilité dynamique et fédération des données	63
3.3. Retours sur des pratiques d'agence : des Flux aux IFC	64
4. Pratiques d'agence : implémentation, expertise, formation	64
4.1. Usages de l'interopérabilité dynamique chez Grimshaw	64
4.2. Expertises pour la mise en œuvre de ces processus	65
4.3. Développement des savoir-faire et savoir-être nécessaires	66
Conclusion	67
Références bibliographiques	67

CHAPITRE 4. Modélisation paramétrique 3D et multi-échelle du développement résidentiel : exemple du modèle SLEUTH^{3D}

Guillaume DA SILVA, Omar DOUKARI, Rabim AGUEJDAD, Mojtaba ESLAHI

Abstract	69
Keywords	70
Résumé	70
Mots-clés.....	70
Introduction.....	70
1. Le modèle SLEUTH	71
2. SLEUTH ^{3D}	73
2.1. Utilisation des cartes de sortie de SLEUTH.....	73
2.2. Parcellisation et développement de nouvelles routes.....	75
2.2.1. <i>Subdivision de la tache urbaine en parcelles</i>	75
2.2.2. <i>Développement de nouvelles routes</i>	76
2.3. Modélisation 3D.....	77
2.3.1. <i>Choix des outils</i>	77
2.3.2. <i>Création de l'environnement</i>	78
2.3.3. <i>Vers une modélisation paramétrique des bâtiments</i>	79
2.3.4. <i>Positionnement des bâtiments</i>	82
Conclusion et perspectives	84
Références bibliographiques	85

PARTIE 3

Étude et réalisation

CHAPITRE 5. A Case Study Investigation of Industry Templates and Information Quality Methodologies for the Definition and Assessment of Asset Information Requirements

Kay Rogage, Richard Watson

Abstract	89
Key words.....	90
Résumé	90

Mots-clés.....	90
Introduction.....	91
1. Background.....	92
2. Methodology.....	94
3. Findings.....	96
4. Discussion.....	98
Conclusions.....	99
References.....	100

CHAPITRE 6. Maquette numérique d'une rue du vieux Bayonne pour son étude thermique par éléments finis

Jairo Acuña Paz y Miño, Vincent Lefort, Claire Lawrence, Benoit Beckers

Abstract.....	103
Key words.....	103
Résumé.....	104
Mots-clés.....	104
Introduction.....	104
1. De la visualisation 3D aux modèles 3D.....	105
2. Différentes modélisations 3D.....	106
3. Paramètres importants pour un modèle 3D à l'échelle urbaine pour des simulations thermiques.....	106
4. Différentes stratégies de maillage pour des calculs FEM à l'échelle urbaine.....	108
5. Nouveau modèle 3D pour les simulations thermiques à l'échelle urbaine.....	109
6. Étude de cas : la rue des Tonneliers à Bayonne.....	109
7. Acquisition des données.....	110
7.1. Construction du modèle 3D.....	110
7.1.1. À l'échelle d'un bâtiment.....	110
7.1.2. À l'échelle de la rue.....	112
8. Discussion.....	112
Conclusions.....	114

Remerciements.....	115
Références bibliographiques.....	115
CHAPITRE 7. Méthodologie de développement informatique pour rendre le BIM accessible aux entreprises du bâtiment	
<i>Karim Boureguig, Nader Boutros</i>	
Abstract	117
Keywords	117
Résumé	118
Mots-clés.....	118
Préambule	118
1. Constats.....	118
1.1. Besoins métier	118
1.2. Méthode traditionnelle	118
1.3. Méthode BIM « artisanale »	119
1.4. Inconvénients et contraintes de déploiement.....	123
2. Positionnement par rapport aux démarches similaires	124
3. Conception d'un plugin	126
3.1. Briques essentielles.....	126
3.1.1. <i>La gestion des données</i>	126
3.1.2. <i>La combinaison des données fabricants et des données entreprises</i>	126
3.2. Agencement d'interface.....	127
3.3. Découpage en plugins.....	128
3.4. Phases, niveaux de définition et versions du plugin	128
4. Discussion : contraintes et verrous technologiques.....	134
4.1. Limitations de l'API Revit.....	134
4.2. Familles système multicouches	134
4.3. Plateforme en ligne	135
4.4. IFC 4 ADD2 TC1 ISO 16739:2013 et PPBIM XP P07-150	135
Conclusion : vers un processus BIM intégré.....	136
Références bibliographiques.....	137
Les auteurs	138
Les reviewers	139
Le comité scientifique.....	140

Avant-propos

Recherche académique et recherche industrielle sur le BIM pourraient construire une synergie plus féconde

Il est rare de voir recherche industrielle et recherche académique confrontées au même agenda. En général les tempos sont différents. Il faut une rupture technologique comme celle du BIM et les changements profonds qu'elle implique pour provoquer une concordance d'agendas. Par ailleurs, recherche industrielle et recherche académique ne s'organisent pas autour des mêmes processus, nous le savons, mais ceci a beaucoup d'incidences concrètes que nous n'avons pas forcément à l'esprit.

La **recherche académique** s'organise autour du processus central du Peer Review Process. Elle formule des pistes de recherche en fonction d'hypothèses qui tiennent compte des problèmes perçus dans la réalité mais aussi dans les acquis théoriques de la discipline et de ses disciplines connexes. La recherche académique explore ces hypothèses, assez systématiquement et méthodiquement. Les sujets émergent en fonction de choix individuels, quelquefois influencés par des incitations que sont des projets financés, mais les choix restent individuels sur des questions précises conçues en relation avec une communauté de recherche et ses travaux publiés. On ne sait pas comment la contribution d'un auteur sera reprise ou non par un autre. Les sujets sont donc, par nature, concentrés sur certains thèmes, tandis que d'autres thèmes, mêmes importants peuvent être délaissés par tous les auteurs. C'est ainsi qu'il faut lire ce volume. Le **débat contradictoire** permet, non seulement de confirmer les bonnes orientations parce qu'elles sont reprises par d'autres, mais aussi d'éliminer les mauvaises pistes par un débat contradictoire, quelquefois assez âpre. Au fil des années, les sujets qui apparaissent font voir le déplacement des centres d'intérêt dans la communauté. L'épuisement des débats permet de constater que certains sujets ont été suffisamment explorés et ne méritent plus de travaux.

Les projets de **recherche industriels**, qu'ils soient européens ou nationaux, fonctionnent le plus souvent par **consensus** d'un groupe d'ingénieurs et de praticiens. Dans la recherche industrielle, les questions de recherche émergent de besoins immédiats et concrets perçus dans les entreprises. Les projets de recherche industrielle tentent, en général de poser des questions de recherche qui se juxtaposent et forment un ensemble, ils tentent de produire un ensemble de connaissances qui permettent la résolution de problèmes concrets. Les sujets sont moins conceptuels, plus larges et plus près d'applications concrètes que les sujets de la recherche académique. Comme ils ont moins d'abstraction, ils ne prétendent pas contribuer à des débats scientifiques qui dépassent le secteur, mais visent ce seul cadre d'application. La recherche industrielle lève des verrous de blocage et cherche à produire du consensus sur le

résultat. Il y a un objectif et une vigilance à ce que le résultat soit adopté par tous et donc les acteurs le travaillent pour qu'il soit intégrable par toutes les parties prenantes de la filière, dans les systèmes de pensées, dans les références mais aussi dans les limites organisationnelles.

Recherche industrielle et recherche académique ne produisent pas les mêmes avancées, ne sont pas organisées suivant les mêmes processus. Mais les deux se complètent, quand elles peuvent dialoguer à certains moments opportuns, c'est fécondant pour les deux. Ainsi faut-il lire la complémentarité de MINND et EduBIM. Les textes de ce volume sont marqués de cette double empreinte, comme l'étaient ceux du précédent volume de 2017 de cette collection (Riss, Talon, Teulier) puisque plusieurs articles de ces deux volumes sont issus de travaux menés dans MINND.

Les activités de **recherche sur le BIM en France** impliquent à la fois le projet MINND, le réseau EdUBIM et quelques chercheurs et laboratoires qui ne se rattachent pas à une communauté française mais publient leurs travaux dans des communautés internationales. La communauté française en génie civil est regroupée dans l'AUGC publie ses travaux dans la communauté AUGC et dans des communautés scientifiques internationales suivant les spécialités. Notre petite communauté EduBIM structure ses échanges et se structure, notamment avec le workshop recherche mais aussi, cette année par exemple, avec les articles sur les expériences pédagogiques et les ateliers de partage d'exercices pédagogiques coordonnés par Pierre Antoine Sahuc dans les Journées Enseignants. EduBIM avance étape par étape, cette année voici donc le deuxième volume chez Eyrolles, un numéro spécial de revue IJ3DIM (Talon Teulier) sur une sélection de papiers issus de EduBIM mais retravaillés pour une version évoluée va paraître. D'autres ouvrages sont en projet ou en préparation. Il faut continuer et faire jouer toutes les synergies et initiatives possibles. Les disciplines s'impliquent peu à peu, les architectes sont plus présents dans EduBIM en 2018, même si on peut regretter la faible participation de chercheurs en informatique et en sciences sociales, pour l'instant.

EduBIM reste en lien avec le BIM Academic Forum, réseau européen, IJ3DIM en est un volet, plusieurs d'entre nous ont publié à la conférence du BIMAF de Glasgow en 2016. Cette année, EduBIM accueille un article de collègues d'une autre université anglaise. Preuve en est que construire une communauté française ne nous empêche pas de concevoir notre recherche dans le cadre international qui s'impose. Il faut continuer et tisser des liens avec d'autres communautés comme celle de la Conférence on Mechanics, Design Eng. and Advanced Manufacturing ou encore le groupe BIM de la conférence internationale PLM de l'IFIP.

Ou en sommes-nous des thèmes de recherche globalement sur le BIM ? Quels sont les thèmes présents ? Quels sont ceux qui vont surgir ? La structuration des données autour de la représentation **objet**, structurée en objet, propriété, attribut, valeur révolutionne non seulement la représentation des données mais aussi le mode de pensée. À travers l'objet, c'est la représentation de l'univers de travail qui se joue et la **pensée objet** est un changement fondamental. La description de l'univers passe à la fois par des objets et par des **concepts**, des termes qui s'imposent à tous et doivent passer non seulement d'un logiciel à l'autre, mais aussi d'un univers métier à un autre univers métier. Le besoin de glossaire, pour faire le parallèle des objets dans les textes et pour dénommer les choses, décrire l'univers commun avec des mots précis (mais contextualisés et évolutifs) et compris par tous, se fait sentir. Le besoin d'une évolution vers de vraies ontologies restent à approfondir dans les travaux qu'on peut lire sur le BIM. Le besoin d'**interopérabilité** est profond et généralisé. L'interopérabilité entre les logiciels est largement reconnue mais il faut aussi aborder l'interopérabilité des modèles et la