

BÂTIMENT INTELLIGENT ET EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

Tout le catalogue sur
www.dunod.com



Karim Beddiar
Jean Lemale



BÂTIMENT INTELLIGENT ET EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

Optimisation, nouvelles technologies et BIM

Préface de Philippe Dumont
Directeur Cisco France – en charge de la ville intelligente

DUNOD

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

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

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

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



© Dunod, Paris, 2016
11 rue Paul Bert, 92240 Malakoff
www.dunod.com
ISBN 978-2-10-075793-0

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

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

Préface

En 2050, notre planète comptera environ 10 milliards d'êtres humains, certains pays dont l'Inde, la Chine, le Nigéria, les États-Unis, l'Indonésie, le Brésil, etc., verront leur population croître de manière très importante. Ce chiffre nous interpelle lorsque l'on sait que les ressources sont comptées, que les gaz à effet de serre sont à l'origine du réchauffement climatique, qu'il nous faut trouver des solutions pérennes à court terme pour le bien-être de la planète et des générations futures. Selon l'Agence internationale de l'énergie, les réserves mondiales d'énergies non renouvelables – fossiles et uranium – nous laisseraient une autonomie de 80 ans de production au rythme actuel.

Lors des derniers accords COP21 sur le climat, qui ont eu lieu à Paris en décembre 2015, un accord international a été signé engageant les 195 pays à maintenir la hausse des températures en deçà de 2 °C par rapport à l'ère préindustrielle. Pour atteindre cet objectif et de l'avis des experts, il faut globalement s'abstenir d'extraire un tiers des réserves de pétrole, la moitié des réserves de gaz et plus de 80 % du charbon disponibles dans le sous-sol mondial, d'ici à 2050. Ce qui nous invite à revisiter nos modes de consommation, à repenser la manière dont nous construisons bâtiments, écoles et maisons, à reconsidérer la manière dont nous utilisons globalement l'énergie.

L'innovation technologique permet d'atteindre ces objectifs environnementaux, de manière durable, tout en respectant les politiques d'environnement. Il est temps désormais d'accélérer le développement et la diffusion des technologies à chaque stade de la construction, de favoriser l'innovation, la recherche et le développement. Les industriels et leurs écosystèmes travaillent ensemble depuis de nombreuses années pour améliorer notre environnement, restreindre les pollutions, créer la ville de demain, la ville intelligente capable de gérer ses flux, d'économiser l'énergie, d'être un lieu de vie épanouissant et interactif pour les citoyens. La ville intelligente cherche à concilier les piliers sociaux, culturels et environnementaux à travers une approche systémique qui allie gouvernance participative et gestion éclairée des ressources naturelles afin de faire face aux besoins des institutions, des entreprises et des citoyens. Les villes de Lyon, Lille, Nantes, Issy-les-Moulineaux et Paris en sont de belles illustrations.

Il s'agit d'améliorer le cadre de vie des citoyens, de faire évoluer l'habitat et les immeubles de bureaux, de redonner vie à l'espace public, d'assurer une circulation fluide des véhicules mais aussi des piétons, de valoriser les espaces naturels, de définir de nouveaux usages pour rendre la ville attractive pour ses habitants et au-delà. Les technologies aident la ville à devenir plus intelligente, la captation des datas sur la qualité de l'air par exemple, dont Cisco réalise actuellement un pilote place de la Nation pour la ville de Paris, permet de rendre l'exploitation des données tangibles, de nourrir la réflexion sur la ville de demain, une ville intelligente et durable.

Philippe Dumont

Directeur Cisco France – en charge de la Ville intelligente

Remerciements

Nous tenons d'abord à remercier le Cesi. En particulier, Monsieur David Failly, directeur régional du Cesi Île-de-France Centre, pour l'intérêt et l'appui apporté à ce projet depuis son origine. Merci à Monsieur Bélahcène Mazari, directeur national R&I du Cesi, et Monsieur Stéphane Degrés, directeur régional du Cesi Ouest, pour leur soutien et leurs encouragements.

Merci à Monsieur Philippe Dumont, Directeur Cisco France – en charge de la Ville intelligente – d'avoir accepté de préfacer cet ouvrage.

Merci aux entreprises et aux organismes ayant accepté de nous fournir des études de cas et des illustrations, notamment celles du cinquième chapitre : Cisco France, Schneider Electric, Tipee, etc.

Merci à Monsieur David Baudry, titulaire de la chaire Cisco-Cesi « Industries et Services de demain » et responsable de l'équipe de recherche « informatiques et usages » du laboratoire LINEACT du Cesi, pour ses relectures et ses corrections, en particulier du deuxième chapitre.

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

Table des matières

Introduction	XIII
Chapitre 1 : Contexte énergétique et évolution technologique	1
1.1 Contexte énergétique	1
1.1.1 Contexte énergétique mondial	1
1.1.2 Réglementation énergétique en Europe	2
1.1.3 Contexte énergétique en France	4
1.2 Problématiques de gestion de la demande énergétique et du réseau électrique	7
1.3 La révolution numérique et l'énergie	11
1.4 Les réseaux électriques intelligents (smart grid)	14
1.4.1 Définition et caractéristiques	14
1.4.2 Enjeux liés à la mise en place des réseaux électriques intelligents	18
1.4.3 Bases du déploiement des réseaux électriques intelligents	19
1.4.4 Freins au déploiement des réseaux électriques intelligents	23
1.4.5 Illustration avec deux cas concrets	26
1.5 Les micro-réseaux intelligents (smart microgrid)	31
Chapitre 2 : Le bâtiment intelligent et la gestion de l'énergie	35
2.1 La domotique dans le bâtiment	35
2.1.1 La domotique et ses applications	35
2.1.2 Développement du marché de la domotique	38
2.1.3 Les systèmes domotiques	42
2.1.4 Les systèmes immotiques	46

2.2 De la domotique au bâtiment intelligent	46
2.2.1 L'ambiance intelligente	48
2.2.2 Le bâtiment intelligent	49
2.2.3 Bâtiment intelligent et qualité d'usage	57
2.2.4 Gestion d'un projet de bâtiment intelligent	59
2.3 L'habitat intelligent par les objets intelligents	66
2.3.1 Les objets de l'habitat	66
2.3.2 Internet des objets et objets connectés	66
2.4 Gestion intelligente du bâtiment et optimisation énergétique	73
2.5 L'énergie et son usage dans l'habitat	80
2.5.1 Problématiques du comportement énergétique	81
2.5.2 Importance du changement du comportement	82
2.5.3 Comment inviter à la diminution de la consommation d'énergie ?	82
2.6 Bâtiment intelligent et enjeux à venir	84
2.6.1 De l'Internet des objets à « l'Internet du Tout connecté » (<i>Internet of Everything, IoE</i>)	85
2.6.2 Management du <i>Big data</i> et du <i>cloud computing</i>	87
Chapitre 3 : Le BIM et la performance énergétique du bâtiment	91
3.1 Qu'est-ce que le BIM ?	91
3.2 BIM et performances énergétiques du bâtiment	94
3.2.1 En phase de conception	95
3.2.2 En phase d'exploitation	96
3.2.3 À l'échelle urbaine	97
3.3 BIM et enjeux à venir	98
3.3.1 BIM et cloud computing	98
3.3.2 BIM Ready2Services	99
3.3.3 Enjeux liés la formation aux métiers du BIM	101

Chapitre 4 : Les solutions appliquées au bâtiment	103
4.1 Le secteur du bâtiment et l'énergie	104
4.2 Les besoins énergétiques des bâtiments	106
4.2.1 Confort thermique – Notions de confort	106
4.2.2 Détermination des besoins de chauffage d'un bâtiment	109
4.2.3 Besoins d'eau chaude sanitaire	116
4.2.4 Ventilation	125
4.2.5 Éclairage	128
4.2.6 Régulation	131
4.2.7 Évaluation des performances énergétiques – Diagnostic de performance énergétique (DPE)	135
4.3 Mise en œuvre des solutions d'efficacité énergétique	138
4.3.1 Réglementation (normes et labels)	138
4.3.2 Conception et intégration du bâti	142
4.3.3 Matériaux de construction, isolants	147
4.3.4 Comportement	151
4.3.5 Exemple de projet de rénovation – Cas de l'OPH CDA à La Rochelle	152
4.4 Des solutions à partir des énergies disponibles localement (énergies renouvelables et de récupération)	155
4.4.1 L'énergie solaire : solution incontournable pour le bâtiment	156
4.4.2 Pompes à chaleur : une multitude de solutions	159
4.4.3 Bois énergie, un nouveau souffle	165
4.5 Les réseaux de chaleur	170
4.5.1 Les types de réseaux de chaleur	171
4.5.2 Énergies utilisées dans les réseaux de chaleur	174
4.5.3 Gestion technique d'un réseau de chaleur	180
Chapitre 5 : Exemples de réalisation	185
« Bâtiment du futur » du Cesi à Nanterre	186
Le HIVE (Hall de l'innovation et vitrine de l'énergie), siège social de Schneider Electric	192
Bâtiment Rupella Reha à la Rochelle (Bâtiment PN6)	200

Conclusion	205
Annexe : Principes de bases de la thermique du bâtiment	209
Unités relatives à l'énergie	211
Énergie utile, finale, primaire	212
Calcul des déperditions d'un bâtiment	214
Glossaire	221
Bibliographie – Webographie	231
Index	235