Amélioration de la construction écologique
en Amérique du Nord

Guide de conception et de réalisation intégrées

cec.org

Rédigé pour le compte de la Commission de coopération environnementale
Novembre 2015

Citer comme suit :

CCE (2015), *L'amélioration de la construction de bâtiments écologiques en Amérique du Nord : Guide de conception et de réalisation intégrées*, Commission de coopération environnementale, Montréal, Canada, 86 p.

Remerciements

Le présent document a été rédigé par Nadav Malin, Peter Yost et Candace Pearson, de la société BuildingGreen Inc., pour le compte du Secrétariat de la Commission de coopération environnementale (CCE). Parmi les principaux collaborateurs, on compte Howard Ashcraft, avocat à Hanson Bridgett LLP, John Boecker, associé fondateur de 7group et Bill Reed, directeur d'Integrative Design Collaborative et de Regenesis, pour leurs conseils éclairés, ainsi que les collaborateurs spécialisés comprenant Ann Edminster (Design AVEnues), Alicia Silva (Revitaliza Consultores), Bill Worthen (Urban Fabrick), Gunnar Hubbard (Thornton Tomasetti) et Lauren Yarmuth (YR&G). Cette publication a été dirigée par Benjamin Teitelbaum et Catherine Hallmich et révisée par Johanne David, Jacqueline Fortson et Douglas Kirk du secrétariat de la CCE. La conception graphique a été réalisée par Productiongray.

La responsabilité de l'information que contient ce document incombe aux auteurs, et cette information ne reflète pas nécessairement les vues de la CCE ni du gouvernement du Canada, du Mexique et des États Unis.

Ce rapport peut être reproduit en tout ou en partie sans le consentement préalable du Secrétariat de la CCE, à condition que ce soit à des fins éducatives et non lucratives et que la source soit mentionnée. La CCE souhaiterait néanmoins recevoir un exemplaire de toute publication ou de tout écrit inspiré du présent document.

Sauf indication contraire, le contenu de cette publication est protégé en vertu d'une licence Creative Common : Paternité – Pas d'utilisation commerciale – Pas de modification.

Renseignements sur la publication :

Type de publication : rapport de projet
Date de parution : décembre 2015
Langue d'origine : anglais
Processus d'examen et d'assurance de la qualité :
Examen final par les Parties à l'ANACDE en juin 2015
QA232

Projet : Plan opérationnel 2013-2014 : *Amélioration des conditions favorisant la construction de bâtiments écologiques en Amérique du Nord*

© Commission de coopération environnementale, 2015

ISBN 978-2-89700-126-1 (version électronique)

Available in English : 978-2-89700-125-4 (e-version)

Disponible en español : 978-2-89700-127-8 (versión electrónica)

Dépôt légal — Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2015

Dépôt légal — Bibliothèque et Archives Canada, 2015

Renseignements supplémentaires

Commission de coopération environnementale
393, rue St-Jacques Ouest, bureau 200
Montréal (Québec) Canada H2Y 1N9
t 514.350.4300 f 514.350.4314
info@cec.org / www.cec.org

Amélioration de la construction écologique
en Amérique du Nord

Guide de **conception et de réalisation intégrées**

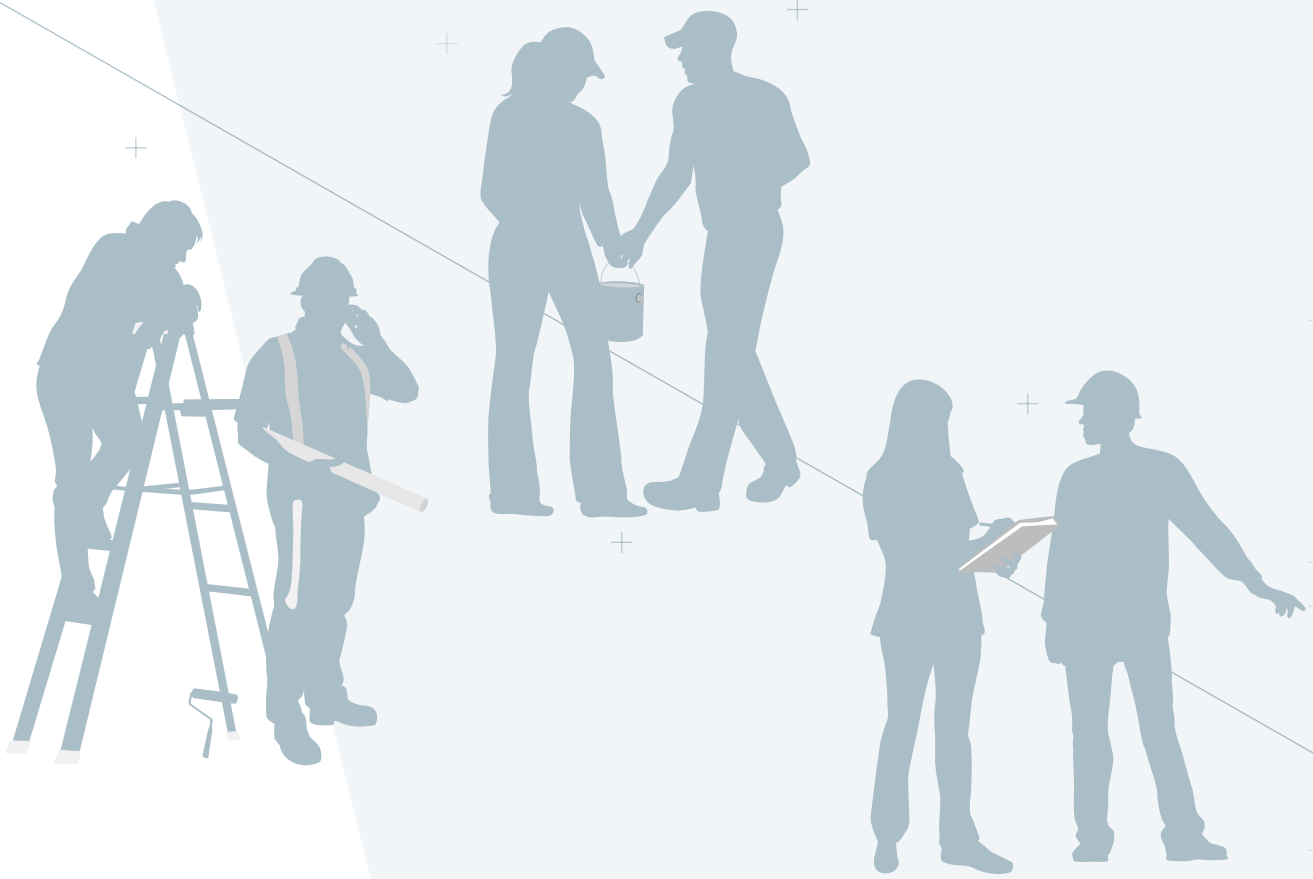


Table des matières

Résumé v
Introduction 1
Conception et réalisation intégrées 5

- Première étape : Harmonisation des valeurs 6
- Deuxième étape : Harmonisation des objectifs 8
- Troisième étape : Choix d'un modèle fonctionnel et d'une structure contractuelle 10
- Quatrième étape : Planification du processus 14
- Cinquième étape : Suivi du déroulement 16

Conseils aux :

- architectes 17
- propriétaires et aux promoteurs 22
- fabricants 27
- corps de métiers 30
- exploitants de bâtiment 33
- professionnels du domaine financier 36
- entrepreneurs généraux 39
- fonctionnaires 44
- ingénieurs 47
- consultants spécialisés 50

Études de cas 53

- Modernisation de l'édifice Barus and Holley et du laboratoire Prince, à la Brown University 54
- Centro Internacional de Exposiciones y Convenciones, WTC 56
- Édifice fédéral Edith Green-Wendell Wyatt 57
- Usine de traitement des eaux usées Lion's Gate 59
- Mosaic Center 60
- Rocky Mountain Institute Innovation Center 61
- Sarah E. Goode STEM Academy 63

Bibliographie 65
Glossaire 67
Références supplémentaires 69
Ressources recommandées 69
Ressources supplémentaires 71
Collaborateurs 77

Liste des figures

Figure 1 : Coûts et travail qu'impliquent les modifications de la conception à mesure qu'un projet progresse 3

Figure 2 : Une réunion de démarrage rassemble les membres de l'équipe chargés des diverses phases d'un projet 6

Figure 3 : Notion commune de la composition des membres d'une équipe pour toute la durée d'un projet 9

Figure 4 : Structure contractuelle multipartite 12

Figure 5 : Structure contractuelle visant une conception et une construction intégrées 12

Sigles et abréviations

AIA	American Institute of Architects
MDB	Modélisation des données du bâtiment
CCE	Commission de coopération environnementale
PLC	Panneau lamellé croisé
RIP	Réalisation intégrée de projet
LEED	*Leadership in Energy and Environmental Design* (leadership en matière d'énergie et de conception écologique)

Résumé

Le fait d'appliquer un processus intégré de conception, de réalisation et d'exploitation aux fins des projets de construction peut considérablement diminuer leur coût et leurs répercussions sur l'environnement. Toutefois, la définition et l'application de ce processus de construction varient grandement dans chaque secteur industriel et dans chaque pays à l'échelle nord-américaine.

Se fondant sur le rapport que la CCE a publié en 2013, intitulé *Amélioration des conditions favorisant la construction de bâtiments écologiques en Amérique du Nord : Renforcement des capacités en faveur des emplois verts,* le présent guide expose cinq principales étapes en vue d'appliquer un processus de conception et de réalisation intégrées.

Il s'appuie également sur des pratiques exemplaires et des outils particuliers visant la main d'œuvre dans dix secteurs, ainsi que sur cinq études de cas et une cinquantaine de documents de référence. Les conseils formulés ci-après découlent d'entrevues réalisées auprès d'une trentaine de professionnels et grâce à la collaboration de spécialistes de renommée mondiale qui travaillent au Canada, au Mexique et aux États-Unis.

Ce guide est destiné à faire connaître aux spécialistes du bâtiment des manières de viser et d'atteindre un plus haut degré d'intégration en matière de conception et de réalisation de leurs projets de construction. Il peut aussi aider tous les intervenants à réussir à construire des bâtiments de meilleure qualité et plus écologiques.

La Commission de coopération environnementale (CCE) est un organisme trilatéral grâce auquel les gouvernements du Canada, du Mexique et des États-Unis collaborent, avec la participation de la société civile, à la conservation, à la protection et à l'amélioration de l'environnement en Amérique du Nord.

Introduction

Contexte

Les méthodes de construction écologiques offrent la possibilité d'économiser de l'énergie et de l'argent, et d'améliorer la qualité de l'habitat humain dans toute l'Amérique du Nord. Elles peuvent aussi contribuer à la conservation de l'eau, à l'utilisation plus efficace des matières premières et à la salubrité des écosystèmes à l'échelle de la planète. Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) estime que le secteur de la construction dispose des possibilités les plus rentables qui soient de réduire les émissions de carbone. En fait, bon nombre de ces possibilités ne coûtent rien au propriétaire d'un bâtiment et lui permettent même d'économiser (Levine et coll., 2007). Malgré cette pléthore de possibilités, seulement un petit nombre de constructions nouvelles et de projets de rénovation de bâtiments existants donne activement lieu à l'application de solutions écologiques en Amérique du Nord, et un nombre encore plus faible de démarches permet une application assez notable et holistique de ces solutions dans un projet afin d'atteindre un remarquable degré d'efficacité en fonction des ressources disponibles.

En 2013, la Commission de coopération environnementale (CCE) a publié le rapport intitulé *Amélioration des conditions favorisant la construction de bâtiments écologiques en Amérique du Nord : Renforcement des capacités en faveur des emplois verts.* Ce rapport fait valoir la nécessité d'un nouveau paradigme en ce qui a trait à la manière dont les projets de construction sont exécutés, afin que les innovations qui en résultent rendent les bâtiments vraiment plus écologiques. Ce rapport indique particulièrement que le fait qu'un plus grand nombre d'intervenants participent aux discussions sur la viabilité de l'environnement réclame un changement de point de vue afin de reconnaître que le monde constitue un système dynamique complexe qui se fonde sur des stratégies holistiques et souples. Cette nouvelle manière de penser doit prendre en compte tous les systèmes, car il s'agit de moyens aussi nécessaires que précieux pour comprendre avec plus de précision les rôles et les relations des intervenants.

Ce faisant, la CCE a commandé le présent guide afin d'aider les spécialistes en main-d'œuvre de dix secteurs à appliquer une démarche plus intégrée, et à constituer un milieu de travail des plus collaboratifs permettant un accès facile à des valeurs et à des buts communs sur lesquels appuyer les décisions dans le cadre d'un projet. En mettant à l'avant-plan des valeurs telles que l'efficacité énergétique et les achats écologiques, les équipes de projet constatent généralement qu'elles sont beaucoup plus en mesure de diminuer les incidences du milieu bâti sur l'environnement.

Les conseils formulés dans le présent guide découlent d'entrevues réalisées auprès d'une trentaine de professionnels du secteur privé, et en collaboration avec des spécialistes de renommée mondiale qui travaillent au Canada, au Mexique et aux États-Unis. Les conclusions de ces entrevues ont été épurées par la suite au cours d'un atelier d'une journée auquel a participé une équipe de base composée des spécialistes et des professeurs les plus avant-gardistes en méthodes fortement intégratives, ce qui a donné lieu à la rédaction d'un guide dont la révision s'est fondée sur un examen des observations formulées par les personnes interviewées à l'origine ainsi que par d'autres intervenants dans le domaine en question.

Ces recherches ont permis d'estimer que l'application d'un processus adéquatement organisé de conception, de réalisation et d'exploitation intégrées offre la possibilité de construire des bâtiments beaucoup plus écologiques à moindre coût, et des études de cas menées dans chaque pays soutiennent ce principe. Cependant, les démarches entreprises afin de constituer des équipes intégrées varient largement dans chaque secteur industriel et dans chaque pays, et ne donnent encore lieu à aucune distinction ni définition appropriée.

Ce guide est destiné à satisfaire les besoins pédagogiques dans tous ces contextes, à savoir en offrant une connaissance commune des pratiques exemplaires et en faisant référence à des outils particuliers. Il vise aussi à ce que les spécialistes soient en mesure d'atteindre un plus haut degré d'intégration afin d'obtenir des résultats fructueux, tant à l'égard de l'environnement que dans celui de la construction.

Conception et réalisation intégrées

Le secteur de la construction a longtemps souffert d'un manque d'intégration des secteurs industriels. Le statu quo pousse une variété d'entreprises et de particuliers à participer à des phases d'un projet et à ne prendre des responsabilités qu'à l'égard d'éléments qui entrent dans leur champ de compétence ou de responsabilité. Par exemple, les architectes et les ingénieurs sont chargés de la planification et de la conception, les entrepreneurs sont chargés de construire le bâtiment ou la structure, alors que les propriétaires sont confrontés aux conséquences. Cette méthode de travail en série permet rarement de construire un bâtiment qui est optimisé comme un système. Le résultat final peut plutôt laisser à désirer et ne satisfaire même pas les besoins du propriétaire.

Au fil des ans, différentes approches ont été élaborées en vue d'aider les professionnels à exécuter un projet de construction de façon plus collaborative. Ces approches comprennent : le partenariat, un processus de conception intégré, une conception et une construction sans gaspillage, une démarche intégrative ou une réalisation intégrée de projet. Chaque approche a aidé les équipes de projet à connaître une plus grande réussite en favorisant un certain degré d'intégration dans les responsabilités des divers membres de ces équipes. Le présent guide rend compte des principaux éléments de ces approches, en se servant de l'expression « conception et réalisation intégrées », afin que les équipes de projet obtiennent le genre d'intégration qui aura des effets transformateurs et tangibles.

Pour y arriver, le guide énonce cinq principales étapes qui s'appuient sur plusieurs études de cas ainsi que sur des observations de spécialistes, des documents de référence et des conseils particuliers pour chaque groupe de spécialistes.

Pourquoi faut-il renforcer l'intégration?

1. Les équipes intégrées conviennent d'entreprendre une démarche précise avant le début de la construction.

- Les principaux membres d'une équipe sont choisis avant la phase de la conception.
- Les membres de l'équipe établissent les objectifs de projet et déterminent les responsabilités afin de progresser ensemble.
- La contribution d'intervenants provenant de plusieurs domaines permet de trouver les meilleures solutions.

2. Les équipes intégrées réalisent des bâtiments plus écologiques.

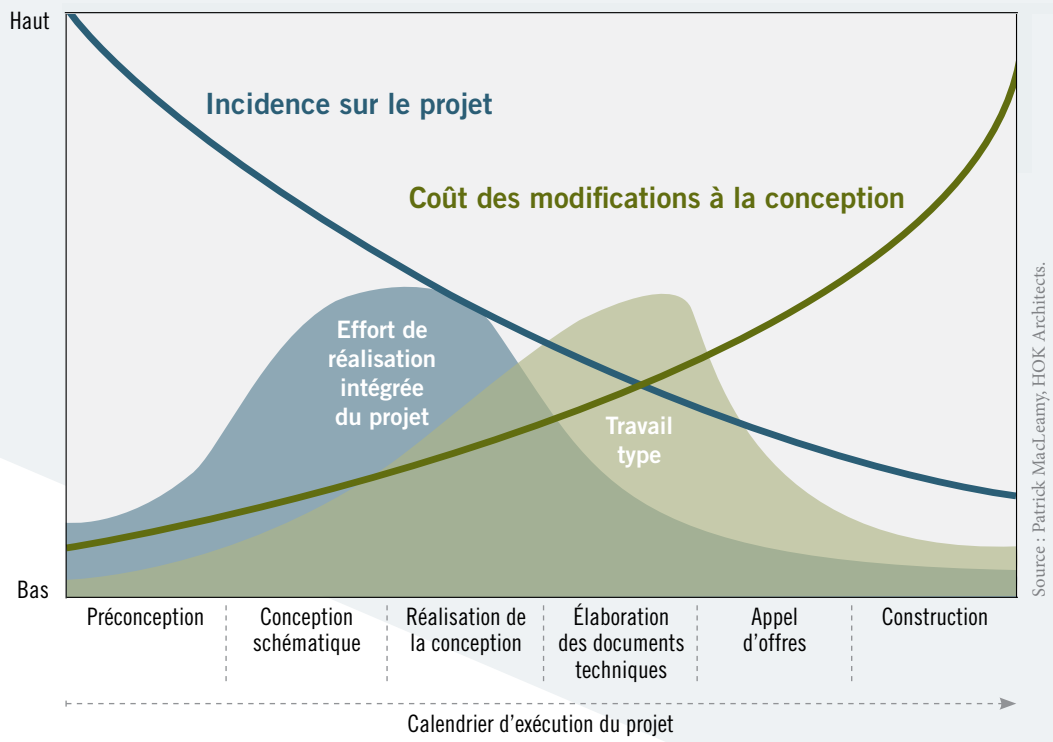
- L'efficacité des systèmes se manifeste au cours du relevé des synergies.
- Une meilleure coordination ainsi qu'une diminution de l'utilisation des matériaux, de l'énergie et de l'eau.
- La contribution des entrepreneurs et des corps de métiers au cours de la conception accroît la prévisibilité des coûts, ce qui permet de ne pas éliminer des caractéristiques écologiques au cours de la construction.

3. Les équipes intégrées font économiser de l'argent au propriétaire.

- Les coûts de construction sont évalués depuis le début.
- Il vaut mieux apporter des modifications au cours du processus de conception parce qu'elles coûtent plus cher ultérieurement et doivent donc être moins nombreuses.
- Les demandes de renseignements et les autorisations de modification sont également moins nombreuses.
- Les impondérables et les coûts variables à intégrer diminuent.

> **« En quoi un projet décevant diffère-t-il d'un projet satisfaisant? Toutes les personnes avec qui nous nous sommes entretenues ont mentionné l'éducation, l'entente sur l'objectif, l'atténuation de l'ego et une orientation précise. »** [*Traduction*] (Bill Reed, Regenesis Group)

Figure 1 : Coûts et travail qu'impliquent les modifications de la conception à mesure qu'un projet progresse



Une équipe intégrée consacre généralement plus de temps et d'énergie à prendre des décisions tout au début d'un projet, lorsque ses compétences sont à leur sommet et ont une incidence positive sur le projet. Cela permet d'y apporter moins de modifications en cours de route alors que celles-ci commencent à coûter plus cher (figure 1) (Wilson, 2014).

Lacunes dans l'approche classique « conception-appel d'offres-construction » :

- Elle réclame plus de temps pour terminer un projet étant donné que tous les travaux de conception doivent s'achever avant de choisir un entrepreneur.
- Les connaissances se perdent lors des transitions entre les phases du projet.
- Les relations deviennent tendues en raison des contrats distincts, car ils suscitent une concurrence parmi les membres de l'équipe.
- Toute économie de coûts attribuable au choix des entrepreneurs en fonction de l'offre la plus basse est annulée par les coûts supplémentaires qui découlent des autorisations de modification, de la reprise de travaux de construction, de litiges ou d'une faible qualité des travaux.
- Le rendement obtenu sur le plan de l'efficacité relative à l'énergie et à l'eau ainsi que du confort des occupants est loin de l'objectif en matière de rentabilité.

Les problèmes que révèlent les chiffres :

- 30 p. 100 des projets ne respectent pas le calendrier d'exécution ou le budget (FMI Corporation, 2007).
- 7 à 11 p. 100 des coûts de construction servent à reprendre des travaux, ce qui entraîne des retards (Zach, 2013).
- 92 p. 100 des maîtres d'ouvrage déclarent que les dessins architecturaux sont insuffisants pour construire un bâtiment (FMI Corporation, 2005).
- 37 p. 100 des matériaux utilisés dans le secteur de la construction finissent par aboutir dans un lieu d'enfouissement (Kristine Fallon Associates Inc., 2012).

> **« En corrigeant un processus linéaire et non holistique comportant plein de redondances, on peut commencer à réduire notablement ou à éliminer les systèmes mécaniques d'un bâtiment. »** [*Traduction*] (John Boecker, 7group)

Conception et réalisation intégrées au Canada, au Mexique et aux États-Unis

Au Canada et aux États-Unis, la « conception intégrée » ressemble parfois à un vague concept de collaboration interdisciplinaire qui se limite au stade de la conception, ou peut aussi représenter un processus de collaboration mûrement réfléchi qui se poursuit au cours de la construction et de l'exploitation d'un bâtiment. C'est ce dernier sens de la conception intégrée que retient le présent guide, à savoir des méthodes de gestion intégrées en matière de conception et de construction qui s'inspirent de systèmes modernes de gestion de la production largement utilisés afin de structurer un processus d'une manière plus réfléchie.

L'un de ces systèmes, la construction sans gaspillage (*Lean Construction*), découle des principes de fabrication Lean accordant de l'importance à la valeur pour le client, à une démarche étroitement contrôlée et à la perfection, qui ont été initialement appliqués par la société Toyota. Cette démarche de gestion de la production a permis de concevoir des techniques de marque déposée afin de maximiser la valeur des bâtiments et de minimiser le gaspillage, et ce, grâce à des organismes tels que le Lean Construction Institute. Cet institut tient des ateliers, organise des conférences et se charge d'élaborer des programmes de formation à l'intention des spécialistes du Canada et des États-Unis. Il sera ci-après à nouveau question des méthodes de construction Lean (sans gaspillage) élaborées à partir des principes du même nom.

Le programme *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED, Leadership en matière d'énergie et de conception écologique) a lui aussi une forte influence en consolidant et en définissant les méthodes intégrées. Ce programme a permis d'instaurer une norme de construction écologique qui est appliquée à l'échelle mondiale, et il récompense les équipes de projet qui ont collaboré à la recherche de possibilités d'économiser de l'énergie et de l'eau dès le début de la conception d'un projet.

Par ailleurs, au Canada et aux États-Unis, l'adoption de contrats multipartites de services spécialisés a permis d'officialiser les démarches d'intégration, bien que ces contrats soient très rares et se limitent généralement à des projets aussi immenses que complexes, notamment dans le secteur des soins médicaux.

Ces sources d'orientation ne sont toutefois utilisées que dans des domaines déterminés avec peu d'interrelations entre eux. Les entrevues menées auprès de spécialistes du Canada et des États-Unis ont révélé que la terminologie et les méthodes diffèrent énormément d'une discipline à une autre, ce qui suscite de la confusion et ouvre la porte au fait que des entreprises utilisent l'expression « conception intégrée » aux fins du marketing sans modifier leur façon de procéder. Cela permet de constater qu'il est grandement possible d'influer sur les méthodes appliquées dans ces pays en jetant tout simplement les bases d'une compréhension commune de ce à quoi une vraie intégration doit donner lieu.

Au cours des entrevues avec des spécialistes mexicains, ceux-ci ont généralement fait preuve d'une connaissance beaucoup plus uniforme des méthodes intégrées que leurs homologues du nord, mais ils appliquent une démarche beaucoup plus limitée qui consiste la plupart du temps à ne faire participer que l'équipe de l'entrepreneur au processus de conception. Ils n'ont pas mentionné que les méthodes sans gaspillage constituent un fondement dans la mise en œuvre, et une grande partie d'entre eux a estimé nécessaire d'obtenir davantage de conseils au sujet du processus.

Des recherches montrent que l'application de démarches intégrées est toute récente au Mexique, surtout en raison d'une plus grande connaissance de la norme LEED. Peu de spécialistes ont recours à des processus fortement intégratifs, mais selon ce que les auteurs savaient au moment de l'élaboration du présent guide, au Mexique, aucun projet n'a donné lieu à un contrat multipartite. Cela signifie qu'une ressource qui existe déjà et qui expose les étapes précises pour recourir à des outils d'intégration et de consolidation pourrait être grandement bénéfique aux spécialistes mexicains du bâtiment.

Conception et réalisation intégrées

La réussite d'un projet intégré dépend pour une grande part du calibre de l'équipe. Celle-ci comprend habituellement l'architecte, l'ingénieur, l'entrepreneur et le propriétaire, et, au besoin, des consultants en conception et des sous-traitants représentant les corps de métiers. Le guide donne des conseils pour choisir une solide équipe lorsqu'il est question de chaque groupe de spécialistes.

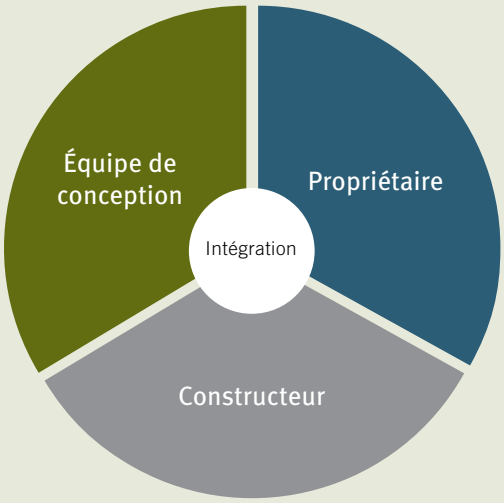
« Le processus de constitution d'une "équipe intégrée" ne consiste pas seulement à lui donner un caractère multidisciplinaire, bien qu'il s'agisse d'une première étape importante. Cela signifie que chaque membre d'une équipe doit avoir la compétence et l'attitude requises. Sans ces deux éléments, on peut encore tout simplement obtenir un bâtiment comme tous les autres. » [*Traduction*] (Laura Lesniewski, BNIM)

Première étape :

HARMONISATION DES VALEURS

Avant d'amorcer la préconception, un projet intégré commence par une réunion de démarrage destinée à choisir des valeurs. Elle peut durer plusieurs heures ou plusieurs jours, en fonction de l'envergure et de la complexité du projet, mais les membres de l'équipe doivent choisir les valeurs qui sous-tendent le projet et convenir d'en tenir compte. Il s'agit de la première étape de l'établissement de bases communes pour le projet ainsi que de relations de travail étroites qui s'avèrent nécessaires (figure 2). Avec cette entente quant au fondement, les membres de l'équipe peuvent commencer à travailler de concert, à négocier un contrat et à communiquer de façon efficace.

Figure 2 : Une réunion de démarrage rassemble les membres de l'équipe chargés des diverses phases d'un projet



Exemples

- Analyste en lumière naturelle et en énergie
- Agent de mise en service
- Architecte paysagiste
- Ingénieur civil
- Planificateur
- Architecte
- Ingénieur en structures
- Ingénieurs en mécanique, en électricité et en plomberie
- Utilisateurs du bâtiment
- Propriétaire
- Membres de la collectivité
- Gestionnaire des installations
- Personnel de planification
- Personnel d'exploitation et d'entretien
- Évaluateur de coûts
- Entrepreneur en mécanique, en électricité et en plomberie
- Entrepreneur général
- Directeur des travaux
- Fabricants de produits

Source : 7group et Reed, 2009.

« Bien que l'énergie soit importante, je m'intéresse de plus en plus à la possibilité de considérer que la santé et le bien être dans leur ensemble (les gens et l'emplacement) constituent un but fondamental, et de connaître d'autres objectifs pour y arriver, dont des paramètres d'évaluation. »

[*Traduction*] (Jennifer Cutbill, architecte stagiaire)

Questions à se poser (7group et Reed, 2009) :

1. Quelle réalisation ce projet de construction vise-t-il?
2. Après que le bâtiment est construit et occupé, quels sont les éléments qui permettront de le considérer comme une réussite? À quoi a-t-il permis d'en arriver?
3. De quelle manière le projet continuera-t-il d'évoluer en apportant une contribution dans la collectivité et à son emplacement?

Les résultats d'une réunion de démarrage qui s'est bien déroulée doivent être les suivants :

- Un projet fondé sur des valeurs a plus de chances de donner lieu à un bâtiment écologique, car la santé humaine et le bien-être écologique sont des sujets qui préoccupent presque tout le monde.
- Le choix de valeurs aidera les participants à envisager un plus vaste éventail de répercussions du projet et à élargir les possibilités qu'il offre.
- Les valeurs répondent au « pourquoi » du projet et permettent de susciter des aspirations et de la créativité; beaucoup plus de choses deviennent alors réalisables.
- Le fait de rédiger un énoncé de valeurs communes facilite la prise de décisions conjointe et renforce la confiance, à savoir deux éléments essentiels pour que la collaboration soit efficace.

Aspects importants :

L'harmonisation des valeurs est plus facile si les participants ont le pouvoir de parler au nom de leur entreprise. Si l'un d'eux s'engage à l'égard d'un ensemble de valeurs et que la direction supérieure de son entreprise fait abstraction de cet engagement en estimant qu'il s'agit uniquement d'un geste de bonne volonté, les tensions pourront commencer à se faire sentir dans la cadre du projet lorsque ce membre de l'équipe devra mettre ces valeurs en pratique.

Étude de cas : Usine de traitement d'eaux usées Lion's Gate (voir p. 59)

Deuxième étape :

HARMONISATION DES OBJECTIFS

Dans le cadre de la conception et de la réalisation intégrées d'un projet, les membres de l'équipe choisissent collectivement les résultats escomptés et établissent conjointement un ensemble d'objectifs de rendement. Ces objectifs doivent refléter le caractère intégré et le potentiel évolutif d'un tel projet. En d'autres mots, même si les objectifs classiques sont différents pour chaque membre de l'équipe, les objectifs intégrés sont communs et axés sur le projet.

L'une des manières d'accélérer le processus d'établissement des objectifs consiste à exécuter l'« exercice de la pierre de touche » mentionné dans *The Integrative Design Guide to Green Building* (7group et Reed, 2009). Au cours de cet exercice, chaque membre de l'équipe doit répondre à la question suivante : « À quels principaux enjeux ce projet est-il confronté? » Les votes sont ensuite comptabilisés de manière à classer ces enjeux par ordre d'importance. Le déroulement est le suivant :

1. Les propriétaires expriment leurs besoins et leurs aspirations.
2. L'équipe contribue à améliorer les besoins qui se fondent sur des valeurs communes.
3. L'équipe traduit collectivement les besoins généraux en objectifs précis et mesurables.

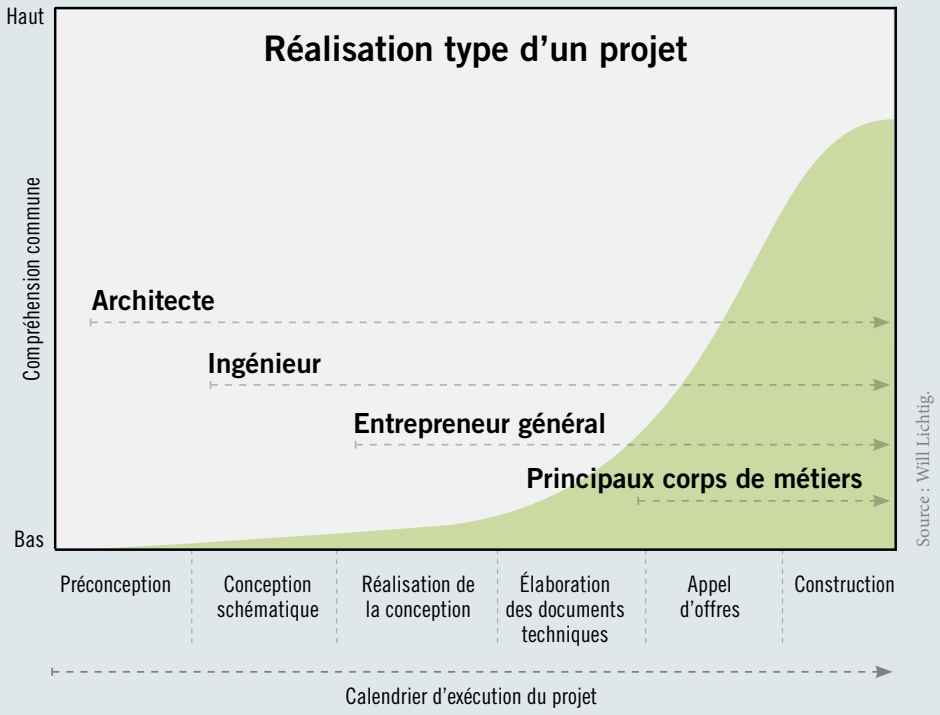
Les résultats de cet « exercice de la pierre de touche » peuvent servir à classer les objectifs de rendement par ordre de priorité, ainsi qu`à servir de base à la rédaction d'un document énonçant les exigences du propriétaire, dont les besoins fonctionnels du projet ainsi que les attentes quant à la manière dont le bâtiment sera utilisé et exploité lorsqu'il sera terminé. Ces objectifs serviront ensuite à rédiger un document énonçant les fondements de la conception et exposant, en termes généraux, de quelle manière il faudra atteindre les objectifs du projet. Ces objectifs peuvent aussi figurer dans la charte de l'équipe du projet, dans les conditions de satisfaction ou dans une entente concernant ces objectifs.

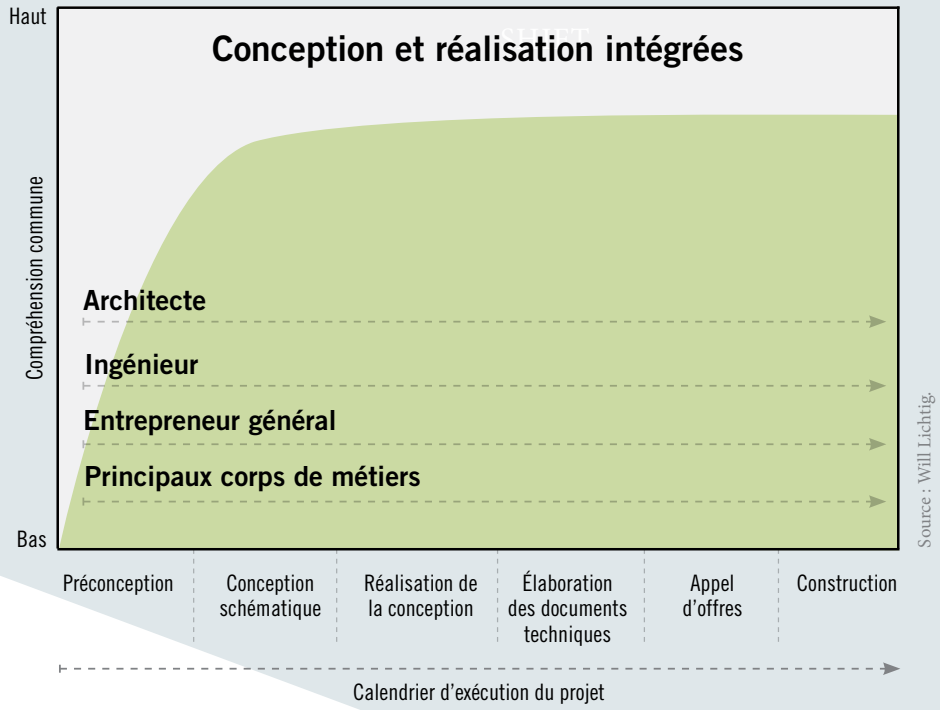
Avantages de l'harmonisation des objectifs (Wilson, 2014) :

- Tous les membres de l'équipe suivent collectivement la même courbe d'apprentissage au début du projet (figure 3).
- L'équipe peut alors procéder beaucoup plus rapidement et efficacement, et cela diminue les risques de mésentente et d'erreur.
- Les membres de l'équipe peuvent évaluer s'ils sont vraiment en mesure d'exécuter ce qui est demandé, au lieu de commencer de suite et de découvrir trop tard qu'ils pourraient ne pas avoir les compétences requises.
- Le propriétaire aura le sentiment de maîtriser la situation et en sera satisfait.
- L'architecte ne sera pas obligé de redessiner les plans.

Étude de cas : Édifice fédéral Edith Green-Wendell Wyatt à Portland, Oregon (voir p. 57)

Figure 3 : Notion commune de la composition des membres d'une équipe pour toute la durée d'un projet





Troisième étape :

CHOIX D'UN MODÈLE FONCTIONNEL ET D'UNE STRUCTURE CONTRACTUELLE

Choix d'un modèle

Il serait possible de faire régner l'harmonie au sein d'une très bonne équipe et d'entreprendre un processus intégré au moyen d'un modèle classique de conception, d'appel d'offres et de réalisation, mais la gestion des risques et les questions financières déterminent en fin de compte de quelle manière les entreprises et les sociétés entretiennent des relations. Si ces structures ne changent pas, il est difficile de faire en sorte que l'intégration déborde d'un groupe de personnes déterminées jusqu'aux entités pour lesquelles elles travaillent. Même dans le cadre de modèles de réalisation de remplacement, tels que *Design-Build* (conception-construction) et *Construction Manager at Risk* (gestion de travaux de construction à risque), ceux qui sont consacrés à l'application d'une approche intégrée finissent par occasionner une dépense d'énergie afin d'éviter d'appliquer les politiques préconisant le statu quo. Il est possible d'entreprendre une telle démarche, mais il ne s'agit pas de la plus facile. L'intégration a davantage de chances de se produire si c'est le moyen qui suscite le moins de résistance de la part des personnes et des entreprises impliquées. Mais pour y arriver, il faut harmoniser les structures incitatives avec cette nouvelle façon de participer, et cette démarche est plus fructueuse en appliquant une structure contractuelle de réalisation intégrée.

Le choix d'une structure contractuelle relève habituellement du propriétaire, mais tout intervenant peut lui suggérer un modèle contractuel visant des travaux intégrés. La réalisation intégrée d'un projet donne lieu à l'harmonisation des structures incitatives afin d'encourager l'intégration, et ce, grâce à des liens contractuels entre au moins deux parties en matière de risque et de profit. Ces contrats comprennent généralement trois mécanismes distincts en vue de partager les risques financiers et les profits découlant d'un projet.

Premier mécanisme : Honoraires de base subordonnés à des profits découlant de la réussite

- Les parties conviennent d'honoraires de base couvrant leurs coûts directs respectifs, soit un montant forfaitaire soit un prix de revient majoré comportant un plafond.
- Le propriétaire constitue un fonds commun d'incitation distinct de manière à ce que les participants reçoivent une part des profits si les objectifs de rendement sont atteints.

Les parties conviennent d'une base d'honoraires qui n'est pas en rapport avec le coût réel des matériaux, de la main-d'œuvre ou du projet. Les profits sont attribués en fonction d'objectifs préétablis, notamment ceux relatifs au respect du calendrier d'exécution, des coûts visés, du rendement sur le plan écologique ou des objectifs en matière de qualité. Cette démarche incite les membres d'une équipe à travailler plus efficacement et à se donner mutuellement du travail afin que la partie la plus en mesure de se charger d'un travail l'exécute, car, de cette manière, personne n'est obligé de se démener, compte tenu de l'ampleur du projet, afin de maintenir la marge bénéficiaire.

Résultats :

- Les parties sont incitées à diminuer les coûts variables afin d'augmenter l'ensemble de la marge bénéficiaire au lieu d'accumuler du temps supplémentaire facturable.
- Les membres de l'équipe sont incités à se préoccuper de la réussite de l'ensemble du projet, au lieu d'exécuter leur partie des travaux, et sont par ailleurs plus enclins à échanger leur savoir-faire.

Étude de cas : Modernisation de l'édifice Barus and Holley et du laboratoire Prince à la Brown University (voir p. 54)

Deuxième mécanisme : Coûts variables sans plafond

- Les coûts de la main-d'œuvre, des matériaux et de l'équipement ne sont pas plafonnés.
- Les dépassements de coûts ont une incidence sur chaque intervenant en raison de la perte de profits communs.

Le propriétaire convient de payer les coûts variables sans qu'ils soient plafonnés (p. ex., ceux de la main-d'œuvre, des matériaux et de l'équipement, à l'exclusion de tout profit). Les demandes de modification sont limitées tout comme la possibilité de ne plus faire partie du fonds commun de profits en cas de dépassement par rapport aux coûts visés. Des coûts variables non plafonnés permettent de prévenir les petits dépassements de coûts qui peuvent faire avorter l'ensemble d'un projet, et permettent aussi que l'équipe reste intacte et puisse compenser la perte en trouvant le moyen de faire des économies dans un autre domaine.

Résultats :

- Les imprévus diminuent.
- Malgré des perturbations dans le projet, une atmosphère de collaboration continue à régner.

Troisième mécanisme : Limitation des demandes de modification

- L'équipe se charge de régler les risques encourus au lieu de donner à des personnes le droit de faire des réclamations, d'intenter des poursuites et de formuler des demandes de modification.
- Cette manière d'agir diminue les imprévus financiers et ne perturbe pas le calendrier d'exécution, tout en évitant que chaque intervenant perde du temps en entreprenant des démarches juridiques.

Afin de s'assurer que les profits découlant de la réussite et que les coûts variables illimités ne constituent pas un avantage injustifié pour le constructeur, l'entrepreneur général et les sous-traitants ne sont pas autorisés à formuler des demandes de modification en raison d'erreurs ou d'omissions dans la conception. En tout premier lieu, une équipe intégrée doit rencontrer beaucoup moins de problèmes, mais quand certains surviennent, ça la force à les résoudre elle-même aussi rapidement qu'efficacement.

Rocky Mountain Institute Innovation Center (voir p. 61)

Principaux éléments d'un partage des risques et des avantages :

- Chaque partie ne reçoit sa part de profits que si les objectifs du projet énoncés à la deuxième étape sont atteints.
- Chaque partie convient également **de ne pas** intenter de poursuites envers l'une ou l'autre des autres parties en raison d'erreurs, d'omissions ou de retards dans la conception, à moins qu'il s'agisse d'une véritable négligence.
- Une entente de renonciation facilite la collaboration et réduit les coûts.
- La transparence financière de l'équipe, à savoir la rentabilité historique, les coûts indirects et l'augmentation du taux de traitement horaire, renforce la confiance entre le propriétaire, l'équipe de conception et les équipes de construction.

Mosaic Center (voir p. 60)

Choix d'un contrat

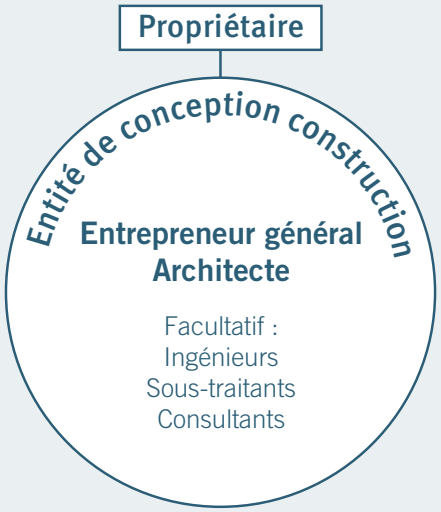
Les contrats visant la réalisation intégrée d'un projet (RIP) offrent à tous ceux qui sont associés à la structure de risques et d'avantages (tout au moins le propriétaire, l'architecte et l'entrepreneur général) une maîtrise conjointe du projet, ce qui signifie que tous ceux qui acceptent les risques peuvent prendre part au processus de prise de décisions.

Cette démarche peut s'accomplir de l'une ou de l'autre des manières suivantes :

1. **Un contrat multipartite** lie le propriétaire, l'architecte et l'entrepreneur général à la structure commune de risques et d'avantages, et des ententes auxiliaires y sont annexées relativement aux sous-traitants et aux consultants de manière à ce qu'ils prennent part au volet de rémunération conditionnelle tout en ayant des droits de vote limités ou aucun de ces droits dans le cadre de la gestion (figure 4).
2. **Un contrat pluripartite** associe davantage de membres de l'équipe à la structure commune de risques et d'avantages, et tous ces membres ont un droit de vote ou de veto dans les décisions importantes. Outre le propriétaire, le concepteur et le constructeur, les principaux participants peuvent comprendre les entrepreneurs en mécanique, en électricité ou en plomberie s'ils sont en mesure d'apporter une contribution valable en matière de constructibilité et de coûts. Selon le projet, les monteurs d'éléments de construction en acier, les monteurs de charpentes, les poseurs de murs-rideaux, les principaux fournisseurs de matériel et d'autres intervenants peuvent également compter parmi les principaux participants (Ashcraft, non daté).

Figure 4 :
Structure contractuelle multipartite

Figure 5 :
Structure contractuelle visant une conception et une construction intégrées



Source : Wilson, 2014.

Les contrats de réalisation intégrée de projet (RIP) favorisent également l'intégration parce qu'ils exigent :

- un contrôle conjoint du projet qui implique le propriétaire;
- une participation précoce des principaux participants, tels que les sous-traitants des corps de métiers et les consultants;
- des buts conjointement établis et validés;
- des exonérations de responsabilité.

Ces contrats de RIP ne sont pas utilisés de la même manière aux États-Unis, au Canada et au Mexique. Les États-Unis mettent de tels contrats à la disposition du public et il est possible de les adapter à divers projets; ils comprennent notamment les contrats ConsensusDocs 300 et C191 de l'*American Institute of Architects* (AIA, Institut américain des architectes). À l'heure actuelle, le Canada ne dispose pas d'un contrat multipartite normalisé en matière de RIP, mais le Comité canadien des documents de construction est en train d'en élaborer un en se fondant, dans une large mesure, sur les précédents travaux de l'AIA. La RIP a déjà eu cours au Canada, mais en utilisant des contrats sur mesure. Au Mexique, les contrats multipartites ne sont pas encore utilisés dans le cadre d'une démarche intégrée, bien que les spécialistes participent à la conception intégrée dans le cadre du programme LEED d'évaluation des bâtiments écologiques.

Dépannage : La RIP ne s'applique pas à mon projet parce que…

… il s'agit d'un petit projet dont le budget est limité.
Solution : L'envergure du modèle fonctionnel visant la RIP peut être augmentée ou réduite en fonction du nombre d'intervenants, car les avantages financiers s'appliquent aussi à de plus petits projets.

… la date du début de la construction est incertaine ou dépend de l'apport de fonds supplémentaires.
Solution : Une petite équipe de généralistes et de spécialistes peut établir des objectifs bien équilibrés et réaliser une ébauche de conception du projet jusqu'à ce que d'autres participants soient engagés. La RIP peut démarrer une fois que les fonds nécessaires sont réunis. Cette sorte de démarche continue se produit en réalité dans la plupart des projets, même s'il serait souhaitable de disposer d'une équipe complète au tout début d'un projet. Celui-ci peut quand même donner lieu à une réalisation intégrée adéquate sans équipe complète (voir l'étude de cas au sujet du Mosaic Center, p. 60).

… le propriétaire n'est pas en mesure de participer activement à la préconception.
Solution : Un contrat modifié de conception-construction comportant une structure commune de risques et d'avantages peut être plus informel et exempter le propriétaire de la responsabilité de participer aux travaux de conception (figure 5). Toutefois, il ne recevra pas une part des économies si le projet donne lieu à un excédent budgétaire, car celui-ci ira à l'équipe de conception-construction en raison de l'efficacité de son travail. Le propriétaire devra aussi confier une partie du contrôle des résultats.

… il s'agit d'un projet public assujetti à la soumission la plus basse en vertu de règlements municipaux, étatiques, provinciaux ou fédéraux.
Solution : Il faut alors incorporer d'autres éléments intégrés, tels qu'une prise de décisions concertées, l'implication précoce des principaux participants et la prise de décisions en fonction de paramètres, tout en se servant de contrats plus conventionnels (voir l'étude de cas au sujet du bâtiment fédéral Edith Green-Wendell Wyatt, p. 57).

Négociations

Dans certains cas, les incitatifs financiers peuvent perturber la motivation intrinsèque consistant à faire preuve d'une plus grande collaboration, et cela peut être le cas si l'équipe n'est motivée que par le seul objectif de construire un bâtiment écologique. Afin d'atténuer cette possibilité, il faut :

- tenir un atelier visant l'harmonisation des points de vue avant de négocier le contrat;
- percevoir un contrat comme un permis de créer librement et non comme un ensemble de modalités prescriptives;
- réitérer, tout le long du projet et à d'importants points de transition, les valeurs qui ont été établies de façon concertée.

Mosaic Center (voir p. 60)

Quatrième étape :

PLANIFICATION DU PROCESSUS

Lorsque l'équipe a établi un modèle fonctionnel et contractuel, elle s'entend pour mener un processus de collaboration aussi fréquent qu'efficace. L'un des résultats de la réunion de démarrage doit viser à constituer des sous-équipes chargées d'organiser et d'exécuter des tâches particulières, et de confier la responsabilité d'exercer un suivi des progrès en fonction des objectifs de rendement sur le plan écologique. Les membres de l'équipe peuvent travailler respectivement et de façon distincte sur des questions qui cadrent avec leur spécialité, mais ils doivent se réunir à nouveau tous ensemble, à des moments déterminés, afin de mener des discussions approfondies. L'équipe doit aussi élaborer un processus de cheminement à l'égard de chaque intervalle entre les réunions, et programmer des réunions plus restreintes à l'intention de sous-groupes déterminés lorsqu'il est possible d'établir des synergies. L'*Integrated Process ANSI Consensus National Standard Guide*, publié en 2012 par l'Institute for Market Transformation to Sustainability, expose un modèle de mise en place d'un processus intégré et d'orientation en vue d'organiser chaque atelier et de choisir des équipes de collaborateurs. Par exemple, dans le cadre du projet de rénovation du Capitol de l'État de l'Oregon (assemblée législative, 2013), l'équipe s'est divisée en sous-équipes chargées de s'occuper de l'emplacement, de la structure, de l'enveloppe, de la construction intérieure, de l'ameublement, des appareils et du matériel, ainsi que des applications informatiques ayant trait à la mécanique, à l'électricité et à la plomberie. La planification d'un nombre approximatif de réunions permet d'évaluer les coûts avec précision et de définir clairement ce que signifie réellement le terme « intégré ». L'attribution des tâches préparatoires à exécuter en vue de chaque réunion permet d'éviter la redondance de travaux et de définir les responsabilités individuelles. Il est conseillé :

- de s'entendre sur une méthode permettant une communication fréquente et efficace;
- de constituer des sous-équipes pour exécuter des tâches particulières;
- de programmer de façon stratégique des réunions de groupe afin de cerner des synergies.

de cas : **Usine de traitement d'eaux usées Lion's Gate** (voir p. 59)

« Les cabinets d'architectes qui ont respecté le processus de déroulement d'un projet mentionnent une économie de temps de 30 à 35 p. 100 dans la phase d'élaboration des documents techniques. »

[*Traduction*] (John Boecker, 7group)

Communication au sein de l'équipe

Pendant que l'équipe élabore un processus de cheminement, il est opportun d'établir des normes de communication de manière à ce que la prise de décisions se fasse avec toutes les personnes qui doivent y participer. Cette démarche peut aussi comprendre l'établissement de règles de communication par courriel ou en personne, en utilisant des outils de gestion de projet disponibles sur le Web, ou en se réunissant dans un lieu de travail commun. Il s'avère qu'un tel lieu de travail permet d'économiser du temps et de l'argent de façon importante, mais s'il n'est pas possible de disposer pleinement d'un tel lieu, il est envisageable de l'utiliser une partie de la semaine ou de permettre aux consultants de travailler sur d'autres projets lorsqu'ils se trouvent dans ce lieu. Il est conseillé :

- de trouver un lieu de travail commun pleinement disponible, dans la mesure du possible;
- d'établir des protocoles de communication les plus clairs possible;
- d'envisager le recours à des outils de gestion sur le Web ou dans des réseaux intranet.

Rocky Mountain Institute Innovation Center (voir p. 61)

Utilisation d'un système de modélisation des données du bâtiment

Le système de modélisation des données du bâtiment (MDB) offre un ensemble d'outils numériques de conception et de réalisation dont peut se servir une équipe, ce qui lui permet d'économiser du temps et de l'argent. Selon une étude menée par Stanford en 2007, ce système donne la possibilité de réduire de 40 p. 100 le coût des modifications non budgétées, permet de réduire les estimations de coûts de 3 p. 100 par rapport aux estimations classiques (mais dans un laps de temps 80 p. 100 plus rapide), fait réaliser des économies de contrat de quelque 10 p. 100 en utilisant la fonction de détection d'interférences, et diminue le temps d'exécution du projet de 7 p. 100 (CIFE, 2007). S'il est adéquatement configuré, un système de MDB facilite la simulation du rendement, une fonction qui est importante pour vérifier si le projet est en voie d'atteindre les objectifs écologiques.

> **« Un modèle des données du bâtiment représente une plateforme de collaboration qui donne naturellement lieu à une communication intensive et à de l'interdépendance. »**
>
> [*Traduction*] (Howard Ashcraft, Hanson Bridgett LLP)

Cinquième étape :

SUIVI DU DÉROULEMENT

Une fois que l'équipe du projet s'est entendue sur les valeurs et les objectifs au cours des ateliers d'harmonisation tenus au début du projet (à la première et à la deuxième étapes), qu'elle a également choisi un modèle fonctionnel et une structure contractuelle adéquats (à la troisième étape), et a adopté un processus de cheminement relatif à la mise en œuvre (à la quatrième étape), elle est prête à appliquer méthodiquement le processus convenu et à exercer un suivi à son égard jusqu'à l'achèvement du projet.

Analyse et application méthodiques

Avant de procéder à la conception schématique, les équipes doivent entreprendre une analyse des liens entre les systèmes de gestion du projet ainsi que de la manière dont le rôle de chacun de leurs membres est lié à celui des autres membres. Il est conseillé :

- d'analyser les liens entre les systèmes de gestion du projet **avant** d'entreprendre la conception schématique;
- d'analyser la demande anticipée en eau et en énergie;
- de procéder à des simulations au début de la phase de conception afin de prévoir avec précision quelles sont les charges environnementales réelles;
- de cerner les possibilités de choix en matière de conception afin de réduire les charges qui ont une forte répercussion sur l'environnement ou de les pallier en se servant des ressources renouvelables disponibles sur place.

Cette étape est également exposée dans le cadre des crédits accordés par le programme LEED relativement à un processus d'intégration (US Green Building Council, 2015).

Maintien de la collaboration

Le maintien du haut degré de collaboration nécessaire au sein d'une équipe intégrée réclame un effort concerté. Le recours à un animateur peut s'avérer nécessaire pendant toute la durée du projet afin de maintenir cette collaboration et de veiller à ce que l'équipe tire avantage de son intervention précoce en matière de coûts et de temps.

- Étant donné que les concepteurs et les constructeurs font preuve de divers degrés d'aptitude et d'expérience dans le cadre de travaux concertés, il est essentiel d'instaurer des éléments tels que l'encadrement continu, l'animation et le soutien afin de maintenir un fonctionnement des plus adéquats au sein de l'équipe.
- Plus une équipe compte de membres et moins elle est expérimentée, plus il est important d'assurer une animation intense et pratique.

Construction et fonctionnement

L'un des plus grands défis consiste à s'assurer d'appliquer les valeurs inhérentes au projet dans le cadre de la construction et du fonctionnement du bâtiment, car il arrive souvent que les équipes mal intégrées prennent des raccourcis par inadvertance et compromettent le rendement écologique du projet. Le fait d'inviter le responsable du fonctionnement de l'immeuble à se joindre à l'équipe de conception, tout en se penchant sur les rôles et responsabilités de l'équipe du constructeur, permet d'assurer une continuité dans les travaux, sans compter que cela permet de coordonner l'échéancier de mise en service avec celui de la construction pour vérifier avec précision l'atteinte des objectifs de rendement.

Il n'y a pas de dernière étape dans un projet de conception et de réalisation intégrées. Il faut former l'équipe chargée de l'exploitation du bâtiment à la fin de sa construction, mais le suivi du rendement et la surveillance des principaux indicateurs dans ce domaine se poursuivent pendant toute la durée utile du bâtiment. Il est conseillé :

- d'examiner avant le début de la construction le rôle et les responsabilités des membres de l'équipe du constructeur;
- de coordonner la mise en service, car l'installation de tous les systèmes par le constructeur est assujettie à des objectifs de rendement et cette mise en service fait partie du calendrier de construction;
- de vérifier le degré de formation de l'équipe chargée de l'exploitation du bâtiment;
- de consacrer à l'optimisation de l'exploitation une portion des économies réalisées en matière de rendement;
- d'instaurer des procédures d'exploitation normalisées qui permettent un échange continu d'informations;
- de faire connaître aux occupants les caractéristiques écologiques et les objectifs de rendement du bâtiment afin d'obtenir leur soutien et leur assentiment.

Étude de cas : Usine de traitement d'eaux usées Lion's Gate (voir p. 59)

Conseils aux **architectes**

Rôle à jouer dans le cadre d'une approche intégrée

Lorsqu'il applique une approche intégrée de conception et de réalisation, l'architecte doit s'écarter notablement de sa façon de faire habituelle. Sa présence à titre de membre de l'équipe au cours de la phase de préconception joue un rôle important. Cela signifie que la responsabilité de contrôler les communications avec le propriétaire est en partie remplacée par une coordination avec l'entrepreneur, ainsi que par la mise au courant de l'ensemble de l'équipe quant à l'importance et à l'interdépendance des décisions ayant trait à la conception. Les autres responsabilités de l'architecte comprennent les suivantes :

- **La sollicitation d'une participation multidisciplinaire au début de la conception.**
- **L'implication de l'entrepreneur et des principaux corps de métiers afin qu'ils soient au courant des décisions les plus importantes en matière de conception.**
- **La présentation au propriétaire des options de remplacement qui peuvent améliorer le rendement.**

Possibilités

Certains architectes peuvent percevoir la collaboration durant la phase de conception comme un fardeau et une perturbation du processus de résolution de problèmes à l'égard duquel ils ont reçu une formation. Cette collaboration peut paraître également restrictive pour certains architectes qui sont habitués à prendre les choses en main. Toutefois, dans de nombreux cas, cela vaut la peine de prendre le temps, au cours des étapes initiales, d'arriver à une harmonisation pleine et entière, de changer le modèle fonctionnel et de conclure une entente sur la MDB.

Le respect des exigences de rendement établies par toute l'équipe, au lieu des éléments particuliers indiqués par le propriétaire, donne à l'architecte une plus grande latitude en matière d'innovation et de créativité. Depuis le début d'un projet, les corps de métiers et les entrepreneurs peuvent fournir de l'information quant à l'efficacité et à la constructibilité de concepts de remplacement, ce qui aide l'architecte à choisir des systèmes et des aménagements de façon itérative afin d'atteindre à coup sûr les objectifs du projet. Il peut alors se sentir à l'aise de suggérer des idées qui peuvent coïncider avec les objectifs initiaux en matière de rendement et même les dépasser, et ce, tout en respectant le budget et en donnant moins l'occasion d'avoir des surprises au cours de la construction.

> **« On constate le passage de l'approche cloisonnée à l'approche multidisciplinaire, mais, en fin de compte, on a besoin d'atteindre un degré de transcendance qui ne connaît pas de frontières. »**
>
> [*Traduction*] (Jennifer Cutbill, Dialog Design)

La conception et la réalisation intégrées peuvent sembler fastidieuses ou répétitives, mais si elles sont appliquées à tous les niveaux, on constate :

- **une plus grande place accordée à la créativité dans la conception;**
- **la formulation de remarques judicieuses concernant l'efficacité et la constructibilité de concepts de remplacement;**
- **la participation de toute l'équipe à la réussite globale du projet, notamment en matière de rendement;**
- **moins de modifications à la construction pouvant avoir une incidence sur la conception.**

Mise en place d'un projet intégré

L'architecte est bien placé pour proposer une approche de conception et de réalisation intégrées compte tenu de la confiance du propriétaire à son égard, mais il faut que cette proposition se fasse avant que le projet soit trop avancé. Il est utile de clarifier à quels égards la conception et la réalisation intégrées sont avantageuses pour toutes les parties, et de citer des exemples de projets déjà réalisés. Si le propriétaire hésite à ce sujet, il est approprié de lui suggérer d'engager un consultant en intégration ou un animateur pour le projet.

Points importants :

- **Proposer une approche intégrée le plus tôt possible.**
- **Exposer l'approche au propriétaire.**
- **Suggérer un animateur, le cas échéant.**

Choix des membres de l'équipe

La réussite d'un projet intégré dépend en grande partie du calibre de l'équipe. L'architecte devra donc porter intérêt aux choix des parties à y incorporer. Il peut suggérer au propriétaire de demander des propositions à des équipes déjà constituées plutôt qu'à des parties qui ne sont pas incorporées à une équipe. Cela permet à l'architecte de présenter une proposition en compagnie d'un entrepreneur avec lequel il a déjà entretenu une bonne relation de travail, et qui possède idéalement de l'expérience relativement à des approches de conception et de réalisation intégrées.

Spécialiste de renom en réalisation de projet intégré, Howard Ashcraft compare la constitution d'une équipe intégrée à une fusion d'entreprises (Ashcraft, 2011). Dans une fusion fructueuse, les membres de différentes sociétés créent une entité dont la culture collective reflète leurs croyances et leurs valeurs. Le choix des membres de l'équipe où l'association à d'autres entreprises avec lesquelles le propriétaire a noué de solides relations de travail permet de veiller à ce que les cultures soient complémentaires plutôt qu'antagonistes.

S'il n'est pas possible d'obtenir l'engagement d'une entreprise avec laquelle l'architecte a déjà établi de bonnes relations, il devra idéalement en choisir une parmi celles qui se sont déjà montrées capables de s'adapter à un nouveau système et de s'engager fortement à faire preuve d'une culture axée sur la collaboration.

Il est préférable de travailler avec des gens que l'on connaît ou encore avec qui l'on a déjà réalisé des projets intégrés. S'il faut choisir de nouveaux associés, il est recommandé :

- **d'opter pour la compétence et les capacités;**
- **de privilégier les gens qui portent intérêt à la collaboration au sein d'une équipe.**

Choix des membres de l'équipe dans le cadre d'entrevues

Un architecte peut montrer qu'il est capable de faire preuve de collaboration même s'il n'a pas déjà participé à un projet de conception et de réalisation intégrées. Il peut ainsi faire valoir son expérience en matière de conception et de construction sans gaspillage ou en conception intégrée, et exposer les moyens grâce auxquels il s'est habitué à travailler au sein de projets exigeant une plus grande collaboration.

Points importants :

- **Accorder de l'importance à l'expérience acquise.**
- **Demander des précisions telles que « De quelle manière avez-vous collaboré différemment dans le cadre de ce projet par rapport à d'autres? ».**
- **Engager le plus tôt possible l'entrepreneur et les principaux corps de métiers.**

Co-apprentissage et décisions concertées pour surmonter la courbe d'apprentissage

La conception et la réalisation intégrées donnent lieu à une courbe d'apprentissage exigeante, mais des études de cas montrent clairement que lorsqu'une équipe mène à bien un projet intégré, elle est beaucoup plus efficace dans le cadre d'autres projets (voir l'étude de cas au sujet de l'usine de traitement d'eaux usées Lion's Gate). Il revient à l'architecte de favoriser une culture de collaboration et de faire preuve de persistance à ce sujet lorsqu'il engage tous les participants. Les membres de l'équipe ne pourront passer du stade de « spécialistes » à celui de « co-apprenants » que si la collaboration a cours au sein de l'équipe, et si elle laisse place aux suggestions et à l'ouverture d'esprit.

> **« Le processus de constitution d'une "équipe intégrée" ne se résume pas à lui donner un caractère multidisciplinaire, bien qu'il s'agisse d'une première étape importante; chaque membre de cette équipe doit avoir la compétence et l'attitude requises. Sans ces deux éléments, on peut encore une fois tout simplement obtenir un bâtiment comme tous les autres. »** [*Traduction*] (Laura Lesniewski, BNIM)

Points importants :

- **Les équipes qui ont réalisé un ou plusieurs projets vraiment intégrés ont de fortes chances d'être plus efficaces au cours de la réalisation d'autres projets.**
- **Le fait d'avoir appris comment prendre des décisions concertées représente une compétence.**
- **Chaque membre d'une équipe a la responsabilité de favoriser un esprit de collaboration.**

Rôle d'enseignant

Tel que cela est expliqué aux première et deuxième étapes du présent guide, un projet intégré est structuré en fonction des valeurs et des objectifs qu'établit l'équipe qui en est chargée. Si un projet ne comporte pas d'objectifs de durabilité, l'architecte pourrait devoir montrer à l'équipe quels en sont les avantages. Le fait d'associer des caractéristiques écologiques donnant lieu à une diminution des coûts de fonctionnement et du temps consacré au marketing permet que cette durabilité soit au cœur des discussions. Les auteurs du document intitulé *The Integrative Design Guide to Green Building* (7group et Reed, 2009) soutiennent, à la deuxième étape de ce guide, que le fait de travailler avec des systèmes dont les éléments sont imbriqués permet de donner de l'importance aux objectifs de durabilité. Par ailleurs, l'examen des incidences d'un projet sur les principaux systèmes dans l'ensemble d'un milieu (l'habitat, l'eau, l'énergie et les matériaux) permet de constater les liens entre les petits et les grands systèmes.

Points importants :

- **Les projets intégrés ne tiennent compte que des valeurs et des objectifs qui sont formulés.**
- **Si la durabilité ne fait pas déjà partie des valeurs et des objectifs, l'ingénieur devra assumer un rôle d'enseignant afin de faire valoir leur importance.**

« La MDB représente un moyen d'échanger des informations. »

[*Traduction*] (Phil Bernstein, Autodesk)

Recours à la modélisation des données du bâtiment

Selon le Smart Market Report de 2012, plus de 70 p. 100 des architectes ont recours aux outils logiciels de modélisation des données du bâtiment (MDB). Toutefois, bon nombre d'entre eux en limitent l'utilisation pour n'obtenir que des rendus architecturaux en 3D et ne connaître que le rendement et le coût d'une conception quasi définitive (Malin, 2007). Les architectes peuvent se servir de ces outils de façon plus économique tout en veillant à s'assurer qu'un projet comporte des objectifs de durabilité, et ce, en élaborant de simples modèles pour évaluer le rendement énergétique de différentes études conceptuelles avant même d'entreprendre la conception schématique, et déterminer des facteurs tels que la masse, l'orientation et le pourcentage de vitrage. On peut obtenir de tels modèles en se servant de logiciels de modélisation énergétique avant de recourir à un ensemble d'outils de MDB à des fins conceptuelles.

La MDB peut aussi servir d'outil de communication afin de favoriser la collaboration des membres de l'équipe. Grâce aux serveurs infonuagiques, plusieurs utilisateurs peuvent accéder à un modèle issu de la MDB, et les modifications qui y sont apportées par un utilisateur s'affichent en temps réel sur l'écran des autres utilisateurs.

Points importants :

- **Se servir de la MDB pour comparer d'autres concepts et pas seulement pour modéliser le rendement de la conception définitive.**
- **Se servir de l'échange de données diversifiées, car il s'agit d'un moyen de collaboration.**

Conseils aux **propriétaires** et aux **promoteurs**

Rôle à jouer dans le cadre d'une approche intégrée

La conception et la réalisation intégrées ont jusqu'à présent constitué une approche entreprise majoritairement à l'initiative du propriétaire, que celui-ci ou le promoteur exige dès le début et qui commence par le choix des membres de l'équipe. Dans les projets intégrés, le propriétaire joue un rôle plus actif en ce qui a trait au choix et à l'engagement de l'équipe. Pour qu'un projet connaisse la réussite, il est essentiel que celle-ci fasse preuve d'ouverture à l'égard d'un nouveau modèle de fonctionnement, ce qui exige généralement un investissement plus élevé au départ ainsi qu'un plus haut degré de participation durant toute la démarche.

Points importants :

- **Appliquer une approche intégrée.**
- **Participer aux décisions relatives à la dotation en personnel et établir des relations différentes avec celui-ci.**
- **Adopter de nouveaux modèles de financement et investir davantage d'argent au départ.**

Possibilités

Bien que la conception et la réalisation intégrées ne soient intensivement appliquées que dans relativement peu de projets, les propriétaires qui les ont adoptées ont constaté de meilleurs résultats sur les plans de la qualité et des coûts (Ashcraft, 2013). Le propriétaire devient alors un partenaire influent dans le processus de conception, et il contribue à établir les valeurs et les objectifs du projet au cours des première et deuxième étapes énoncées dans le présent guide. Si les objectifs de durabilité sont déjà établis, les équipes intégrées ont de plus grandes chances d'obtenir ce type de résultats, et le propriétaire est d'autant plus sûr que le projet a vraiment un caractère écologique. La phase de la conception intégrée exige que les équipes saisissent le plein potentiel d'un projet (voir la première étape), ce qui permet généralement d'apporter des améliorations qualitatives. Par exemple, la Sarah E. Goode Academy a obtenu la certification LEED Or même si elle visait la cote Argent. Par ailleurs, les propriétaires obtiennent aussi des avantages en matière de coûts et de temps d'exécution. Comme le mentionne le document intitulé *Integrated Project Delivery: An Owner's Perspective* (Ashcraft, 2013), de nombreux projets de différente ampleur ont été exécutés plus rapidement que prévu et ont coûté moins que le budget établi. Le Mosaic Center a coûté 5 p. 100 de moins et sa réalisation avait cinq mois d'avance au moment de la rédaction du présent guide.

> **« Nos locaux ont la cote LEED Or, ne dégagent aucune émission, etc., et nous devons la plupart de ces caractéristiques au fait d'avoir engagé des équipes qui étaient très bien intégrées et en mesure de tenir compte des objectifs établis en matière énergétique. »**
>
> [*Traduction*] (Shanti Pless, National Renewable Energy Laboratory)

Avantages que procurent la conception et la réalisation intégrées :

- **On obtient ce que l'on veut, car cela est exprimé tout au long du processus.**
- **On obtient de meilleurs résultats sur les plans de la qualité et des coûts.**
- **La possibilité de réaliser des économies exemplaires en matière énergétique et d'assurer un plus grand confort aux occupants ne coûte pas plus cher.**
- **Les équipes sont avant-gardistes et créatives.**

Mise en place d'un projet intégré

La conception et la réalisation intégrées sont souvent appliquées à l'initiative du propriétaire, car c'est lui qui constitue l'équipe et établit les paramètres du projet. Que ce soit en raison de son insatisfaction à l'égard des méthodes courantes, de son intérêt relativement à une approche fondée sur des valeurs ou du fait d'avoir retenu une recommandation formulée au début du projet par un membre de l'équipe, le propriétaire doit vouloir prendre l'initiative de décider que la collaboration constitue une exigence et de s'engager à la respecter durant tout le projet.

La mise en place d'un projet intégré réclame que le propriétaire convienne :

- **que l'intégration se fait généralement à son initiative;**
- **qu'elle exige du leadership et de la participation;**
- **qu'elle exige aussi la prise de décisions claires et efficaces.**

Choix des membres de l'équipe

La plus importante décision que le propriétaire doive prendre dans le cadre d'un projet de construction intégré consiste à choisir les membres de l'équipe, et la réussite de ce projet dépend grandement du calibre de cette dernière. Il doit s'intéresser tout particulièrement aux parties qui appliquent une approche intégrée et dont les membres travaillent adéquatement ensemble. Cela signifie qu'il doit évaluer toutes les parties, notamment l'entrepreneur général, en portant davantage attention à la qualité du travail et à l'attitude plutôt qu'au prix le plus bas.

Tel qu'Oscia Wilson le mentionne dans son livre intitulé *The Owner's Guide to Starting Integrated Building Projects* (Wilson, 2014) : « Lorsqu'on engage une équipe de construction en fonction de la soumission la plus basse, cette équipe est considérée à tort comme un élément interchangeable, à savoir comme si une équipe est aussi bonne qu'une autre. Les petites économies réalisées grâce à cette tactique disparaissent si l'entrepreneur général manque d'expérience ou de raffinement à l'égard du projet, ou encore si les membres de l'équipe ne travaillent pas adéquatement ensemble, ne participent pas tous à l'atteinte des objectifs du projet ou se sentent forcés de présenter une basse soumission pouvant leur occasionner des pertes. » [*Traduction*]

Il est également préférable de choisir des gens qui ont acquis de l'expérience dans le cadre de projets dont la conception et la réalisation étaient intégrées et qui ont déjà travaillé ensemble. Mais comme relativement peu de personnes possèdent ce genre d'expérience, le propriétaire peut avoir à juger de l'aptitude des postulants à travailler de façon intégrée. Il pourrait tout d'abord engager un constructeur fiable, et s'employer ensuite à trouver un cabinet d'architectes qui est complémentaire, ou l'inverse.

Chef de file à titre de spécialiste en réalisation de projet à caractère intégré, Howard Ashcraft compare la constitution d'une équipe intégrée à une fusion d'entreprises (Ashcraft, 2011). Dans une fusion fructueuse, les membres de différentes sociétés créent une entité dont la culture collective reflète leurs croyances et leurs valeurs. Le choix des membres de l'équipe où un partenariat avec d'autres entreprises au sujet desquelles le propriétaire a pleinement confiance qu'elles sont en mesure de travailler en collaboration permet de veiller à ce que les cultures soient complémentaires plutôt qu'antagonistes. Il peut être intéressant pour le propriétaire d'engager l'entrepreneur et les principaux corps de métiers pour fournir une opinion précise à l'architecte en matière de coûts et de constructibilité.

Le choix de partenaires doit se faire en fonction de la qualité. Il est préférable de travailler avec des gens qu'on connaît, et s'il faut choisir de nouveaux partenaires, il est recommandé :

- **d'opter pour la compétence et les capacités;**
- **de privilégier les gens qui portent intérêt à la collaboration au sein d'une équipe;**
- **d'engager le plus tôt possible l'entrepreneur et les corps de métiers.**

Choix des membres de l'équipe dans le cadre d'entrevues

S'il est impossible de choisir une entreprise avec laquelle des relations sont déjà établies, il faut alors se fier à sa capacité de pouvoir s'adapter à un nouveau système, à l'aptitude qu'elle a démontrée à s'adapter à une culture de collaboration et à y adhérer, et à l'expérience qu'elle a acquise à l'égard de la conception et de la construction sans gaspillage ou de la conception intégrée. Le propriétaire doit se méfier des postulants qui affirment que l'intégration « est dans leur ADN » ou qu'« ils ont toujours travaillé de cette manière », parce que cela dénote une mauvaise connaissance du degré de différence entre un processus de conception et de réalisation intégré et un processus classique. Il est également possible de tenir un bilan de l'évaluation du rendement, tel que celui mis de l'avant dans le cadre de l'engagement de l'American Institute of Architects jusqu'en 2030, afin de distinguer les équipes intéressées à accorder de l'importance aux résultats finaux.

Points importants concernant les entrevues :

- **Interviewer des équipes plutôt que des entreprises.**
- **Faire des choix en fonction de l'expérience d'une entreprise.**
- **Demander des précisions telles que « De quelle manière avez-vous collaboré différemment dans le cadre de ce projet par rapport à d'autres? ».**

Gestion de l'équipe en surmontant la courbe d'apprentissage

Le propriétaire doit vouloir participer activement et de toutes sortes de manières à la construction, et ce, en s'engageant à l'égard du processus et en renforçant la notion que la collaboration et l'harmonisation précoce des valeurs constituent des impératifs dans le cadre d'un projet. Même après le stade de la conception, il est essentiel que quelqu'un représente le propriétaire sur place pour prendre des décisions relatives à la construction. Les propriétaires constatent habituellement que les projets intégrés leur demandent une présence plus longue, mais que le temps supplémentaire qu'ils y consacrent vaut vraiment la peine en fin de compte (Ashcraft, 2013). Par ailleurs, ce temps supplémentaire représente le plus souvent une différente sorte de participation qui s'avère stimulante et valorisante sur le plan intellectuel, comparativement au temps consacré à ne mener que des batailles (voir l'étude de cas relative au Mosaic Center).

Le propriétaire doit exprimer clairement ses attentes tout en ayant l'esprit ouvert au fait que des membres de l'équipe puissent contester certains de ses choix, car cela permet à celle-ci de satisfaire des besoins qui dépassent les attentes du propriétaire. Peu importe qui est le champion en conception et en construction intégrées au sein de l'entreprise du propriétaire, il doit s'attendre à faire face à une importante résistance de la part des gestionnaires. Dans des moments économiques difficiles, ces gestionnaires peuvent exercer de fortes pressions pour obtenir des soumissions basses et hésiter à essayer une nouvelle approche. En citant en exemple des projets fructueux et en faisant preuve d'efficacité dans la pratique, le champion est en mesure de surmonter cette résistance. Toutefois, tel que cela est mentionné à la première étape du présent guide, l'harmonisation des valeurs et la prise de décisions claires avant d'entreprendre un projet intégré permettent de prévenir ce genre de problèmes au plus tôt.

Points importants à retenir pour exercer une gestion fructueuse :

- **Avoir conscience que la conception et la réalisation intégrées ne représentent pas une démarche de « spectateur », et déterminer pleinement à quel point l'entreprise du propriétaire est prête à s'engager dans une telle démarche.**
- **Avoir conscience que le fait d'exprimer clairement les attentes a une plus grande importance qu'un contrat axé sur le rendement.**
- **Veiller à l'harmonisation interne des valeurs permet d'éviter la résistance des gestionnaires.**

Recours à la modélisation des données du bâtiment

Les modèles issus de la modélisation des données du bâtiment (MDB) peuvent s'avérer très utiles après la construction s'ils ont été élaborés à cette fin. Pour ce faire, le propriétaire doit prévoir de mentionner à l'équipe de conception de quelle manière elle peut se servir de modèles en 3D élaborés à partir de données diversifiées afin d'améliorer l'exploitation et l'entretien du bâtiment lorsqu'il est construit. Certaines de ces utilisations peuvent comprendre le transfert de données conformes à la réalisation dans le système de gestion interne, la réalisation d'analyses des capacités opérationnelles ou l'application de ces modèles pour permettre des rénovations ultérieures. Cela réclame l'expression d'exigences particulières en matière d'interopérabilité ainsi qu'un modèle conforme à la réalisation au tout début d'un projet. Le propriétaire peut facilement consulter les programmes de MDB qui font preuve de conformité avec le protocole d'échange de données Construction Operations Building Information Exchange (COBie).

Points importants :

- **Décider au plus tôt si, une fois qu'un bâtiment est occupé, il est pertinent d'utiliser un modèle 3D à partir de données diversifiées et de quelle manière l'utiliser.**
- **Préciser dès le départ les exigences en matière d'interopérabilité.**
- **Envisager d'inclure dans les exigences du projet un modèle conforme à la réalisation en vue de l'élaborer plus avant après la construction.**

Construction en fonction de méthodes sans gaspillage

Fondées sur la prémisse consistant à optimiser la valeur tout en minimisant la masse de déchets, les méthodes de conception et de construction sans gaspillage encouragent la collaboration, car elles favorisent l'efficacité et ouvrent la voie à la conception et à la réalisation intégrées en raison du fait que certains de leurs principes se recoupent. Dans le cadre d'un projet intégré, plusieurs méthodes sans gaspillage peuvent être utiles à cette fin, notamment les suivantes : le Last Planner® System, qui offre plusieurs strates d'échéanciers de plus en plus détaillés servant à établir un échéancier d'exécution plus fiable sur demande dans un cadre de collaboration; la livraison juste-à-temps, qui offre un système minimisant les déchets de matériaux et les problèmes de stockage; l'analyse des causes fondamentales, qui offre un outil de résolution de problèmes en collaboration. Ces outils et d'autres du même genre peuvent tous servir au cours du processus de construction, mais il faut quand même procéder à une harmonisation précoce et favoriser la participation au début de la conception afin qu'elle soit fructueuse.

Principaux exemples de méthodes sans gaspillage :

- **Le Last Planner® System**
- **La planification et la réalisation sur demande**
- **La livraison juste-à-temps**
- **L'analyse des causes fondamentales**

Conseils aux **fabricants**

Aux fins du présent guide, les fabricants comprennent ceux qui peuvent participer à un projet intégré à titre de spécialistes de la mise au point ou de représentants de produits.

Rôle à jouer dans le cadre d'une approche intégrée

Dans le cadre d'un projet intégré, les fabricants peuvent fournir des connaissances pratiques sur les produits à une équipe de conception afin de veiller à ce que les systèmes soient complémentaires et les solutions soient rentables lorsqu'il est question d'utiliser des matériaux sains et durables. Ce savoir-faire peut économiser des heures de recherche à l'équipe chargée de la conception et du cahier des charges. Dans certains cas, le savoir-faire du fabricant permet d'améliorer un produit ou un système de production en fonction des besoins d'un projet. Étant donné que les équipes intégrées sont davantage en mesure d'utiliser des services de préfabrication, le fabricant peut avoir un avantage concurrentiel dans ce marché qui permet d'envisager de vouer un plus grand pourcentage du budget de construction aux fabricants. Plus largement, le fait que ceux-ci participent au processus de conception permet d'obtenir des informations sur le marché qui peuvent être utiles pour innover en matière de produits.

Dans le cadre de projets intégrés, la participation des fabricants offre les avantages suivants :

- **Une connaissance pratique de la science du bâtiment et des produits connexes.**
- **Une opinion sur la manière dont les systèmes peuvent s'intégrer les uns aux autres.**
- **La possibilité que les produits soient conçus et améliorés afin de répondre aux besoins des projets.**

Possibilités

Le processus de conception et de réalisation intégré donne la possibilité d'établir des relations plus étroites avec les propriétaires et de connaître leurs besoins en matière de produits. À titre de membre de l'équipe, le fabricant sera invité à faire connaître ses produits, ainsi qu'à vendre des produits complémentaires tels que des systèmes intégrés. Par exemple, la société Tremco a ouvert la voie dans ce domaine avec la gamme de produits Proglaze qui comprend plusieurs scellants, membranes, apprêts et bandes d'étanchéité compatibles avec les matériaux isolants et les revêtements d'autres fabricants, et ce, à titre de produits pleinement intégrés (Yost et Atlee, 2012). Les références s'appuient sur des recherches exhaustives afin que les économies d'énergie soient optimales et compatibles avec la gestion de l'humidité, ce qui porte vraisemblablement les équipes intégrées à connaître l'importance de chaque élément fonctionnant dans un ensemble, à savoir un système complet. Cette démarche permet également aux architectes, aux rédacteurs de cahiers des charges, aux entrepreneurs généraux et aux sous-traitants des corps de métiers d'économiser du temps et des recherches qu'ils passent généralement à figurer de quelle manière l'ensemble fonctionnera le mieux possible, c'est-à-dire un service pour lequel les propriétaires sont actuellement prêts à payer un supplément et que l'on peut éventuellement s'attendre à voir gagner en popularité.

Les projets intégrés offrent les avantages suivants aux fabricants :

- **L'établissement de relations plus étroites avec les propriétaires en ayant notamment la possibilité de connaître leurs besoins.**
- **L'occasion de faire valoir leurs connaissances en science du bâtiment et de contribuer à la construction d'un bâtiment à haut rendement.**
- **La possibilité de vendre des produits qui sont prévus afin qu'ils fassent partie de systèmes intégrés.**

> **« Les propriétaires connaissent de plus en plus les méthodes sans gaspillage et la réalisation intégrée de projets, et ils exigent de plus en plus que le savoir-faire soit présent dans un projet. Si l'on n'emprunte pas cette voie, on ne fera plus partie du marché. »**
>
> [*Traduction*] (Robert Tibbling, Assa Abloy)

Vente du savoir-faire

Jusqu'à présent, très peu de projets ont eu un caractère proactif en suscitant la participation de représentants de produits au début du stade de la conception, ce qui fait que le rôle que quelqu'un peut jouer dans le cadre de la conception et de la réalisation intégrées dépend de sa capacité à faire valoir le bien-fondé de son implication. Les raisons qui peuvent inciter l'équipe du projet à intégrer un tel intervenant comprennent le désir de connaître beaucoup mieux certains produits. Les fabricants peuvent aider les ingénieurs à choisir des systèmes complémentaires, épauler les rédacteurs de cahiers des charges afin d'évaluer des statistiques de rendement et contribuer à ce qu'un propriétaire en obtienne davantage pour son argent. Une fois qu'un projet est terminé de façon fructueuse, des partenariats se concluent et il est plus facile de se fier à la valeur des résultats obtenus.

Le fait de pouvoir compter sur des connaissances approfondies en matière de produits permet à l'équipe de conception :

- **de choisir des systèmes complémentaires;**
- **d'évaluer des statistiques de rendement;**
- **d'en obtenir davantage pour le montant budgété.**

Soutien à la modélisation des données d'un bâtiment

L'élaboration d'objets 3D de grande qualité à partir de données diversifiées en vue de les utiliser dans la modélisation des données du bâtiment (MDB) peut accroître la possibilité qu'un produit soit inscrit au cahier des charges et coure moins le risque d'être substitué. Ces objets doivent être visuellement intéressants à des fins illustratives, tout autant qu'être précis sur le plan technique et comprendre des données en format ouvert afin de les utiliser dans des avant-métrés (c'est-à-dire une estimation détaillée des matériaux et de la main-d'œuvre nécessaires à la réalisation d'un projet de construction) ainsi que des simulations. Par exemple, des matériaux de finition doivent avoir des caractéristiques précises de réflectance à la lumière pour servir à modéliser l'éclairage naturel, et les matériaux de l'enveloppe du bâtiment doivent avoir des caractéristiques de transfert et de stockage thermiques (AEC Magazine, 2013). Les produits doivent également être complémentaires à la MDB pour que le personnel chargé de l'exploitation et de l'entretien puisse s'en servir en ayant la possibilité de recueillir des données sur l'exploitation pouvant être incorporées dans le modèle.

Points importants :

- **Fournir aux concepteurs des objets 3D élaborés à partir de données diversifiées pour qu'ils les incorporent dans leur modèle.**
- **Contribuer aux objectifs de haut rendement du bâtiment en se servant de données connexes aux fins de simulation et d'agrégation.**

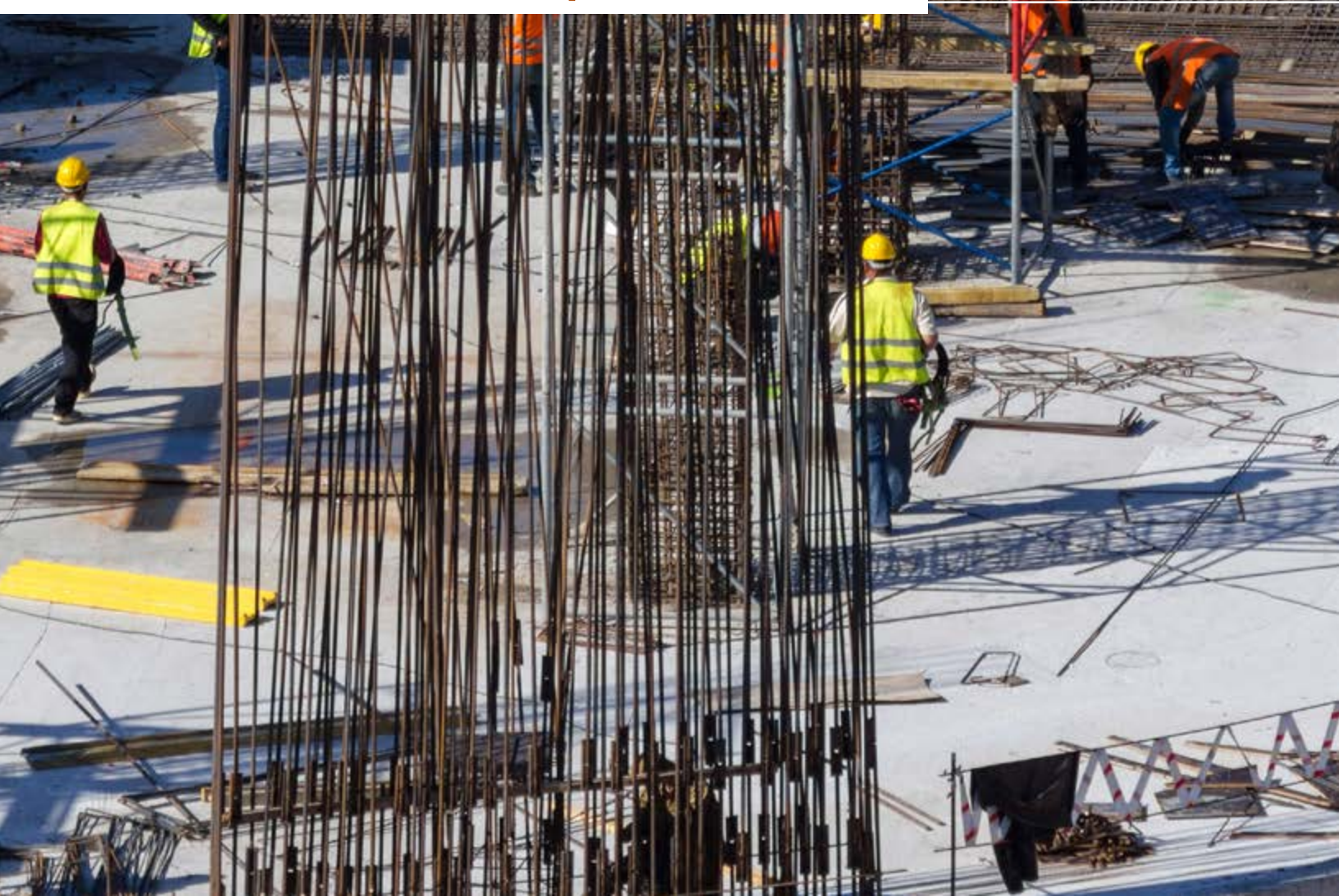
Construction en fonction de méthodes sans gaspillage

Fondées sur la prémisse consistant à optimiser la valeur tout en minimisant la masse de déchets, les méthodes de conception et de construction sans gaspillage encouragent la collaboration, car elles favorisent l'efficacité et ouvrent la voie à la conception et à la réalisation intégrées en raison du fait que certains de leurs principes se recoupent. Elles favorisent également l'utilisation efficace des matériaux, ce qui représente un important objectif en matière de durabilité. Dans le domaine de la construction, l'entité qui achète les produits, celle qui les installe et celle qui est chargée d'éliminer les déchets sont habituellement des sociétés distinctes, ce qui contribue au gaspillage en raison du passage des produits de main en main. Une approche intégrée peut optimiser ces activités en appliquant certaines méthodes sans gaspillage à l'égard des produits, notamment la livraison juste-à-temps, ou le fait d'assumer une plus grande responsabilité à d'autres stades de la construction, notamment que les fournisseurs se chargent de l'enlèvement des déchets de construction.

Raisons d'appliquer des méthodes sans gaspillage :

- **Dans le domaine de la construction, ces méthodes peuvent jouer un rôle important dans la livraison des fournitures, par exemple la livraison juste-à-temps.**
- **Le fait d'optimiser la valeur tout en minimisant la masse de déchets favorise la collaboration tout au long du processus de livraison.**

Conseils aux **corps de métiers**



> **« Nous nous moquons un peu du processus de conception intégrée, parce que nous avons constaté au fil du temps que nous sommes les seuls à le faire fonctionner correctement; les dessins architecturaux ne donnent pas satisfaction à cette fin. Il est préférable que nous participions au plus tôt à ce processus. »**
>
> [*Traduction*] (John Sullivan, United Association of Plumbers, Local Union No. 1)

Aux fins du présent guide, les gens de métiers sont ceux qui créent, assemblent et installent les éléments qui constituent un bâtiment. Le résultat final de tout projet dépend généralement d'eux.

Rôle à jouer dans le cadre d'une approche intégrée

L'un des plus importants principes de la conception et de la réalisation intégrées consiste à faire participer au plus tôt les corps de métiers au processus de conception afin de veiller à ce que les documents soient complets, à cerner les changements qui peuvent améliorer l'installation et l'entretien, et à faire en sorte que tous les corps de métiers commencent à construire en connaissant parfaitement les systèmes qu'ils doivent installer. Cette condition est particulièrement nécessaire dans le cadre des projets verts où les systèmes sont soigneusement détaillés afin d'avoir un rendement optimal et de donner éventuellement lieu à l'application de nouvelles techniques. Le fait de disposer de cette information diminue le nombre de demandes de modification et les retards une fois que le projet de construction est entrepris, ce qui permet en fin de compte de diminuer les coûts (étude de cas au sujet de l'édifice Barus and Holley, à la Brown University). En plus de susciter une meilleure connaissance des décisions prises au stade de la conception afin de veiller à ce que les éléments du bâtiment soient installés et assemblés tel que prévu, la contribution des gens de métiers à la conception permet aussi de s'assurer que les documents soient complets pour éviter de rencontrer des problèmes en cours de construction.

Des gens de métiers expérimentés et impliqués dans un projet peuvent :

- **contribuer à la conception en y apportant leurs connaissances sur la manière d'installer les systèmes;**
- **donner leur avis sur la constructibilité et les processus d'installation;**
- **veiller à la qualité durant la construction afin d'assurer l'atteinte des objectifs écologiques et d'autres objectifs tels que ceux établis en matière de rendement;**
- **minimiser les demandes de modification et les retards une fois que la construction est entreprise.**

Les corps de métiers connaissent déjà l'importance d'une participation précoce

De nombreux gens de métiers sont habitués à lire des dessins architecturaux et savent déceler ce qui n'y fonctionne pas ou constater un manque de détails. Ces erreurs ou omissions causent des remaniements dont les corps de métiers sont tenus responsables. Une étude a permis de déterminer que les coûts des remaniements représentent 7 à 11 p. 100 du total des coûts de construction, et qu'ils causent fréquemment des retards (Zach, 2013). Ces chiffres ne tiennent pas compte des installations défectueuses qui ne sont pas corrigées. Toute légère pénétration d'air dans une paroi essentielle ou toute valve installée à l'envers peut empêcher que le plus coûteux des systèmes fonctionne adéquatement, et en ce qui concerne un bâtiment écologique, cela peut empêcher qu'il atteigne le rendement prévu.

Vente du savoir-faire

Bien que la participation précoce des corps de métiers soit essentielle, le propriétaire ou l'entrepreneur général peut hésiter à payer du temps supplémentaire. Les gens de métiers peuvent avoir à plaider le bien-fondé de leur participation précoce en démontrant ce qu'elle peut apporter à un projet. Dans de tels cas, il est utile de souligner l'expérience acquise en formation relative à la gestion ou à la facilitation de projet, car cette formation peut favoriser la coordination des différents corps de métiers et la communication entre eux. Ces compétences illustrent la capacité de travailler de façon collaborative. Un propriétaire ou un entrepreneur qui veut réaliser un projet intégré est également enclin à apprécier des compétences en vérification du rendement, car il est de plus en plus courant que des corps de métiers vérifient le rendement des systèmes qu'ils installent, même avant leur mise en service (CCE, 2013).

L'échantillon de construction intégrée dont il est question dans l'article intitulé *High Performance Scopes of Work* (Yost, 2010) suggère des listes de vérification du rendement qui sont liées de façon séquentielle afin que rien ne manque lorsqu'un corps de métier cède sa place à un autre, et il peut constituer un important moyen d'améliorer la coordination des travaux. Ces listes de vérification sont adéquates pour les entrepreneurs qui se chargent des fondations, de la charpente, des fenêtres, du drainage, de l'étanchéisation à l'air, de l'isolation, du chauffage, de la ventilation et de la climatisation de l'air dans les bâtiments résidentiels.

Savoir-faire exceptionnel qu'une personne de métier peut faire valoir dans un projet :

- **Une formation relative à la gestion ou à la facilitation de projet.**
- **Une vérification du rendement avant la mise en service.**

Construction en fonction de méthodes sans gaspillage

Fondées sur la prémisse consistant à optimiser la valeur tout en minimisant la masse de déchets, les méthodes de conception et de construction sans gaspillage encouragent la collaboration, car elles favorisent l'efficacité et ouvrent la voie à la conception et à la réalisation intégrées en raison du fait que certains de leurs principes se recoupent. Elles favorisent également l'utilisation efficace des matériaux, ce qui représente un important objectif en matière de durabilité. Dans le cadre d'un projet intégré, plusieurs méthodes sans gaspillage peuvent être utiles à cette fin, notamment les suivantes : le Last Planner® System, qui offre plusieurs strates d'échéanciers de plus en plus détaillés servant à établir un échéancier d'exécution plus fiable sur demande dans un cadre de collaboration; la livraison juste-à-temps, qui offre un système minimisant les déchets de matériaux et les problèmes de stockage; l'analyse des causes fondamentales, qui offre un outil de résolution des problèmes en collaboration. Ces outils et d'autres du même genre peuvent tous servir au cours du processus de construction, mais il faut quand même procéder à une harmonisation précoce et favoriser la participation au début de la conception afin qu'elle soit fructueuse.

Principaux exemples de méthodes sans gaspillage :

- **Le Last Planner® System**
- **La planification et la réalisation sur demande**
- **La livraison juste-à-temps**
- **L'analyse des causes fondamentales (analyse des cinq causes)**

Outils pour surmonter les obstacles

La conception et la réalisation intégrées n'empêchent pas les obstacles et les défis que peut susciter un projet, mais elles aident les équipes à trouver des solutions concertées sans occasionner d'arrêt des travaux. La construction sans gaspillage offre certains outils pour surmonter les obstacles, approfondir un problème et trouver la bonne personne pour le résoudre. La technique d'analyse des cinq causes permet à une équipe de trouver les raisons d'un problème en se demandant cinq fois de suite pourquoi un tel problème existe. Cela peut s'avérer particulièrement utile pour déterminer qui devrait participer à la recherche d'une solution, compte tenu du nombre d'intervenants participant au projet au moment où la construction commence. (Dans le site Web de Six Sigma, on trouve des notions élémentaires de l'analyse des cinq causes.) Un autre outil, le registre des contraintes, permet d'exercer un suivi des problèmes et de demander à certains intervenants de se charger de les résoudre avant une date déterminée. Cela permet au projet de progresser tout en résolvant les problèmes à mesure qu'ils surgissent (Lean Construction Institute, 2015).

- **Analyse des cinq causes : technique de résolution de problèmes utilisée pour connaître les causes fondamentales d'une situation en se demandant au moins cinq fois de suite pourquoi un problème existe, afin d'aller au-delà des symptômes apparents.**
- **Registre des contraintes : liste des contraintes identifiant la personne qui s'est engagée à résoudre un problème avant une date convenue. Cette liste est habituellement établie au cours d'un examen du plan de six semaines, lors du constat de travaux qui donnent lieu à des contraintes.**

Conseils aux **exploitants de bâtiment**

Aux fins du présent guide, les exploitants de bâtiment comprennent les administrateurs, les régisseurs et les gardiens de bâtiment, à savoir ceux qui sont chargés du fonctionnement d'un bâtiment lorsqu'il est occupé.

Rôle à jouer dans le cadre d'une approche intégrée

Lorsqu'ils participent à la conception à ses débuts, les exploitants de bâtiment peuvent exprimer leur point de vue sur la manière dont les occupants peuvent réagir à certaines caractéristiques de conception ou formuler des recommandations afin d'optimiser le fonctionnement et l'entretien. À tout le moins, ces exploitants en sauront davantage au sujet du bâtiment dont ils s'occuperont et communiqueront les avantages du projet aux occupants. Ils seront en fin de compte assurés qu'un bâtiment conçu à des fins écologiques a vraiment moins de répercussions sur l'environnement.

Un exploitant peut, au cours du processus de conception et de réalisation intégrées, se préparer à assumer ses fonctions de la manière suivante :

- **en connaissant mieux le bâtiment dont il s'occupera;**
- **en formulant une opinion sur les caractéristiques de conception qui ne conviendraient pas aux occupants ou qu'il serait trop difficile de gérer;**
- **en s'assurant que les éléments retenus au cours de la conception ainsi que les objectifs de rendement fixés à partir de ces éléments peuvent se concrétiser dans la pratique.**

Possibilités

Si l'on ne dispose pas d'outils et d'un soutien adéquats ainsi que des ressources nécessaires pour exploiter convenablement les systèmes, les bâtiments écologiques à haut rendement peuvent ne pas répondre aux attentes. Le fait que l'exploitant prenne part à la création d'un bâtiment et veille à ce que sa conception assure un entretien aussi efficace que simple constituera un gros avantage lorsque le projet sera terminé. Le fait de connaître les décisions prises à l'égard de concepts de remplacement permettra à l'exploitant de savoir de quelle manière le bâtiment est censé fonctionner et à quelles fins. Étant donné que les projets intégrés se fondent sur des avantages, les exploitants ressentiront ce que le bâtiment apporte à la collectivité ou à l'environnement, ce qui permettra d'orienter la manière dont le bâtiment continuera d'« exister » après sa construction.

Un exploitant pourrait vouloir :

- **se voir « remettre un bâtiment » et savoir déjà comment il fonctionne;**
- **apprendre que la méthode de fonctionnement a été choisie au début de la conception et non lorsqu'il est trop tard;**
- **participer à la conception du bâtiment dont il aura la charge.**

Vente du savoir-faire

Les propriétaires et les architectes reconnaissent largement la contribution que les exploitants peuvent apporter au début de la conception. Un propriétaire veut habituellement que son exploitant s'implique dans ce processus, car il connaît l'organisation d'un bâtiment et les demandes au sujet de son fonctionnement, et peut le représenter en cas de besoin. Les architectes apprécient aussi la participation de l'exploitant, car un bâtiment est censé mieux fonctionner lorsque cet exploitant connaît pleinement ses caractéristiques, ce qui fait également bien paraître l'équipe de conception. Ces avantages font en sorte que l'exploitant d'un bâtiment est en position de force. Par exemple, l'équipe peut fixer les heures de ses réunions en fonction des activités de l'exploitant si son emploi du temps est chargé (étude de cas au sujet de l'édifice Barus and Holley, à la Brown University).

> **« Le personnel chargé de l'exploitation a le droit de voir que son travail consiste continuellement à améliorer ce bâtiment et non à s'assurer tout simplement qu'il fonctionne correctement. »** [*Traduction*] (Barry Giles, BuildingWise)

Savoir-faire particulier que peut offrir un exploitant dans le cadre d'un projet :

- **Lui seul peut donner un point de vue pratique sur l'attitude des occupants.**
- **Étant donné qu'il est chargé du bâtiment, il est particulièrement important qu'il connaisse ses caractéristiques et la manière dont il est censé fonctionner.**

Recours à la modélisation des données du bâtiment

Les modèles issus de la modélisation des données du bâtiment (MDB) peuvent s'avérer très utiles lorsque celui-ci est occupé et si on les a élaborés à cette fin. Une étude du National Institute of Standards and Technology des États-Unis a permis d'estimer que 0,23 $US le pied carré d'espace d'un bâtiment sous gestion est gaspillé chaque année par le propriétaire et l'exploitant (Gallaher, 2004). Les raisons de ce gaspillage peuvent comprendre les réparations sous garantie exécutées aux frais du propriétaire, la main-d'œuvre que nécessite la saisie de données dans le système informatisé de gestion de l'entretien, ou encore la main-d'œuvre nécessaire pour constater des conditions existantes. Un programme de MDB conçu spécifiquement pour les exploitants de bâtiment permet d'automatiser l'inventaire du matériel, d'enregistrer des données dans le système de gestion du bâtiment et de diminuer la redondance des données sur l'entretien. Cela permet aux exploitants de se concentrer sur l'entretien préventif et d'optimiser les systèmes au lieu d'« éteindre des feux ».

Toutefois, une équipe de conception peut ne pas élaborer de tels modèles à cette fin s'il n'est pas prévu d'utiliser un programme de MDB après la construction. L'exploitant doit décider de quelle manière il peut utiliser ces modèles 3D élaborés à partir de données diversifiées et en faire part à l'équipe de conception en vue d'améliorer le fonctionnement et l'entretien du bâtiment. Certaines de ces utilisations peuvent comprendre le transfert de données conformes à la réalisation dans le système de gestion du bâtiment, la réalisation d'analyses des capacités opérationnelles ou l'application de ces modèles en vue de rénovations ultérieures. Cela réclame la formulation d'exigences particulières en matière d'interopérabilité ainsi qu'un modèle conforme à la réalisation au tout début d'un projet. Il est recommandé de consulter les programmes de MDB qui font preuve de conformité avec le protocole d'échange de données Construction Operations Building Information Exchange (COBie).

Point important :

- **Si un modèle de MDB sert à gérer un bâtiment, il faut s'assurer qu'il est conçu pour exécuter cette fonction.**

Outils pour surmonter les obstacles

La conception et la réalisation intégrées n'empêchent pas les obstacles et les défis que peut susciter un projet, mais elles aident à trouver les bonnes solutions, même si la construction est terminée. Tel que cela est mentionné à la troisième étape du présent guide, les équipes de projet intégré sont souvent liées à une structure commune de risques et d'avantages en fonction de laquelle le paiement de leurs honoraires est conditionnel à l'atteinte des objectifs en matière de rendement. Le propriétaire peut donc encore imposer à l'équipe du projet de résoudre les problèmes que peut constater l'exploitant du bâtiment, dont le mauvais fonctionnement d'un système ou le fait que le bâtiment n'a pas atteint les objectifs de rendement sur le plan écologique.

En cas de problèmes, la construction sans gaspillage offre le moyen de trouver des solutions, notamment la technique d'analyse des cinq causes permettant à une équipe de trouver les raisons des problèmes en se demandant cinq fois de suite pourquoi un tel problème existe. Cela peut s'avérer particulièrement utile afin de déterminer qui devrait participer à la recherche d'une solution, compte tenu du nombre d'intervenants participant au projet au moment où la construction commence. Un autre outil, le registre des contraintes, permet d'exercer un suivi des problèmes et de demander à certains intervenants de se charger de les résoudre avant une date déterminée. Cela permet au projet de progresser tout en résolvant les problèmes à mesure qu'ils surgissent (Lean Construction Institute, 2015).

- **Analyse des cinq causes : technique de résolution de problèmes utilisée pour connaître les causes fondamentales d'une situation, en se demandant au moins cinq fois de suite pourquoi un problème existe, afin d'aller au-delà des symptômes apparents.**
- **Registre des contraintes : liste des contraintes identifiant la personne qui s'est engagée à résoudre un problème avant une date convenue. Cette liste est habituellement établie au cours d'un examen du plan de six semaines, lors du constat que des travaux donnent lieu à des contraintes.**

Conseils aux professionnels du
domaine financier

Aux fins du présent guide, ces professionnels comprennent ceux chargés des évaluations, des transactions et du financement des biens immobiliers, notamment les investisseurs, les courtiers, les évaluateurs et les prêteurs.

Rôle à jouer dans le cadre d'une approche intégrée

Il est très avantageux que les projets intégrés suscitent la participation des intervenants du domaine financier à des ateliers d'alignement stratégique. Le fait de tenir davantage d'ateliers afin de faire participer ces professionnels à la conception et la réalisation intégrées peut permettre d'élaborer de nouveaux modèles financiers adaptés à l'approche, en raison du fait que ces coûts sont plus élevés au début d'un projet, ainsi que la diminution des risques que tout cela comporte. Le rôle de ces professionnels dans le cadre d'une approche intégrée consiste à connaître les nouveaux modèles de fonctionnement afin de saisir en quoi consistent les structures de risques et d'avantages. Le fait de participer à la conception leur permet également de mieux connaître les caractéristiques d'un projet de bâtiment écologique et les économies qu'il permet de réaliser en frais d'exploitation.

Le fait que les professionnels du domaine financier participent au processus dès le début constitue un avantage, car :

- **ils savent beaucoup mieux à quel point un processus intégré a des effets bénéfiques sur les risques;**
- **ils facilitent les investissements au début du projet;**
- **ils reconnaissent la valeur de plus en plus grande des projets intégrés dans le cadre de leurs évaluations.**

> **« Les responsables des finances doivent prendre part au processus afin de commencer à comprendre pourquoi la conception et la réalisation intégrées représentent un bon investissement. »** [*Traduction*] (Chrissa Pagitsas, Fannie Mae Multifamily)

Possibilités

Le secteur de la finance peut trouver que les projets visant une conception et une réalisation intégrées sont risqués, mais certaines raisons sont assez convaincantes pour que les professionnels de ce domaine portent attention à ce type de projet. Si un tel projet donne lieu à des contrats comportant une structure commune de risques et d'avantages, la probabilité de litiges diminue grandement. Par ailleurs, si l'on se fie aux études de cas réalisées, les projets qui appliquent une telle démarche sont plus susceptibles de respecter leur échéancier et de coûter moins cher que le budget établi (Ashcraft, 2013), sans compter qu'il s'agit de bâtiments écologiques à haut rendement dont la valeur est de plus en plus reconnue dans les évaluations et les prêts. Toutefois, ces avantages n'attireront l'attention du secteur financier que si les professionnels qui y appartiennent peuvent en attester en l'ayant eux-mêmes constaté.

Toute nouvelle chose est généralement risquée, mais pas :

- **en ayant une meilleure connaissance de la valeur d'un bâtiment, notamment que son rendement et sa certification peuvent augmenter cette valeur;**
- **en prenant des décisions éclairées à l'égard des risques;**
- **en diminuant les questions que suscite la résilience à long terme et qui peuvent faire en sorte que les investissements soient risqués.**

Vente du savoir-faire

Une équipe de projet est assurément encline à établir des relations avec des professionnels du domaine financier en raison des avantages que le propriétaire peut en tirer. Ces avantages comprennent le fait d'obtenir de meilleures conditions grâce à une connaissance complète de la manière dont les décisions conceptuelles peuvent susciter des économies d'exploitation, ainsi que de prendre des décisions financières plus éclairées en tenant davantage compte des facteurs de durabilité à chaque étape du financement. Même si leur participation se fait à la périphérie d'un projet, les professionnels du domaine financier tireront autant parti du processus d'harmonisation que tous les autres membres de l'équipe.

Les financiers doivent participer et vendre leur savoir-faire :

- **en faisant valoir le fait qu'ils sont capables d'offrir de meilleures conditions en connaissant les décisions conceptuelles du projet et les économies que celui-ci permettrait de réaliser;**
- **en expliquant qu'ils doivent tenir compte de la durabilité à chaque étape du financement, car il s'agit d'un avantage important et qu'ils doivent le connaître.**

Moyens de surmonter la courbe d'apprentissage

Il est essentiel de maîtriser les termes et le langage de la conception et de la réalisation intégrées, notamment parce que l'expression « financement intégré » a une autre signification. Le présent guide et les études de cas qui y figurent offrent un glossaire permettant de savoir de quelle manière ces concepts sont appliqués. Il est important de comprendre que les équipes de projet ont besoin d'un certain temps pour s'adapter à une approche de conception et de réalisation intégrée. Les études de cas montrent qu'après avoir fructueusement mené à bien un premier projet intégré, une équipe devient encore plus efficace et compétente dans la réalisation de projets à haut rendement et rentables (étude de cas au sujet de l'usine de traitement d'eaux usées Lion's Gate). Pour cette raison, les résultats peuvent varier d'un premier projet à un autre, mais comme les équipes acquièrent davantage d'expérience et que l'approche est de plus en plus adoptée au fil du temps, les vrais professionnels de l'immobilier sont en mesure de percevoir une différence notable entre les projets exécutés en fonction d'une approche intégrée et ceux qui ne l'ont pas été en fonction de cette approche.

Points importants pour que les professionnels du domaine financier prennent en considération les projets de construction intégrée :

- **Apprendre le langage de la conception et de la réalisation intégrées.**
- **Faire preuve de patience, car les équipes intégrées obtiennent des résultats plus fiables à mesure qu'elles acquièrent de l'expérience.**

Conseils aux **entrepreneurs généraux**

> **« Les gens sont encore instinctivement portés à rejeter la faute sur les autres, mais dans un processus réellement intégré, les membres de l'équipe doivent collectivement prendre un problème en charge. Il s'agit donc de faire en sorte que les équipes fonctionnent différemment. »**
>
> [*Traduction*] (Dave Kievet, Bolt Company)

Les entrepreneurs généraux sont chargés d'exécuter un projet de construction, et ils font habituellement appel à des sous-traitants pour accomplir la plupart des travaux alors qu'ils jouent un rôle de gestion et de coordination.

Rôle à jouer dans le cadre d'une approche intégrée

Les entrepreneurs généraux ont habituellement la responsabilité d'exécuter un projet de construction en respectant le budget et l'échéancier. Ils gèrent l'enchaînement et l'intégration des sous-traitants et des corps de métiers, et apportent leur aide à l'agent chargé de la mise en service du bâtiment. Dans le cadre d'une approche intégrée, l'entrepreneur général est ordinairement engagé au début de la conception afin de fournir de l'information sur les coûts et la constructibilité. Il est important qu'il participe aux ateliers d'harmonisation afin de connaître les attentes en matière de collaboration durant la conception et d'éviter les demandes de modification au cours de la construction.

Un entrepreneur joue un rôle essentiel dans le cadre d'un projet de construction :

- **en fournissant de l'information sur les coûts et la constructibilité durant la conception;**
- **en adhérant aux valeurs et aux objectifs choisis par le propriétaire et l'équipe à l'égard de l'ensemble de la construction;**
- **en collaborant avec le propriétaire, l'architecte et l'ingénieur à la résolution des problèmes.**

Possibilités

La manière actuelle de procéder met souvent l'entrepreneur dans une situation précaire. Dans les projets de conception, de soumission et de construction, un entrepreneur ne dispose que d'une semaine ou deux pour évaluer les coûts d'une conception qui a pris des milliers d'heures. Il reçoit ensuite des documents exposant le projet qui contiennent vraisemblablement quelques erreurs, omissions ou ambiguïtés. La résolution de ces problèmes exige du temps et de l'argent et rend le propriétaire mécontent. Par la suite, l'entrepreneur a la responsabilité de veiller à ce que tous les sous-traitants et les corps de métiers terminent adéquatement leur travail, même si, dans bien des cas, le temps ou les ressources sont insuffisants pour leur faire savoir de quelle manière leurs travaux sont interdépendants dans un cadre plus vaste ou pour leur communiquer les objectifs écologiques du projet.

La conception et la réalisation intégrées exigent une intervention plus précoce des entrepreneurs au cours de la conception, mais cela leur permet d'économiser du temps et d'éprouver moins d'insatisfaction en fin de compte. Le fait que les entrepreneurs participent dès le départ aux ateliers d'harmonisation leur permet de s'assurer que les documents exposant le projet contiennent tous les éléments dont ils ont besoin afin de savoir pleinement en quoi consistent la portée et la conception du projet lorsque la construction commence. Cette démarche évite les demandes de modification et les retards, et diminue le temps qui est habituellement réservé au processus d'adjudication. Les entrepreneurs peuvent également recommander la participation précoce des corps de métiers, car elle permet de diminuer les risques d'erreurs d'installation ainsi que la responsabilité des entrepreneurs.

Les entrepreneurs sont en mesure de constater à quel point l'approche de conception et de réalisation intégrée diffère de celle de la conception, de la soumission et de la construction :

- **en collaborant à l'élaboration de documents qui permettent vraiment d'entreprendre une construction;**
- **en étant confronté à moins de demandes de modification et de retards;**
- **en ayant confiance que les sous-traitants et les corps de métiers sont tous sur la même longueur d'onde.**

Mise en place d'un projet intégré

La conception et la réalisation intégrées sont souvent perçues comme un processus qui est à l'initiative du propriétaire, mais il est de plus en plus à celle des entrepreneurs. Certains de ceux qui ont acquis une réputation fondée sur la construction sans gaspillage commercialisent maintenant leur spécialisation en conception intégrée. Le fait de faire valoir aux propriétaires que ces services constituent une méthode courante permet de leur faire connaître les avantages qu'ils peuvent leur procurer. Dans le cadre d'une approche de conception et de réalisation intégrée, le choix d'un entrepreneur tient compte de ses compétences et de ses aptitudes à la collaboration (à l'instar de l'architecte), plutôt que de sa capacité à exécuter un projet à bas prix. On constate que les soumissions ne sont souvent que la meilleure des suppositions, et ce, fondée sur peu de renseignements qui ne tiennent pas compte des nombreux facteurs pouvant influer sur la construction. Pour que toute l'équipe s'entende sur les objectifs, la portée et le coût d'un projet, le propriétaire doit choisir un entrepreneur dont il croit pouvoir obtenir le meilleur rapport qualité-prix et non celui qui présente la soumission la plus basse. Cela signifie que le propriétaire qui comprend ce concept engagera probablement l'entrepreneur (notamment l'un de ceux qu'il a déjà engagés) qui propose une nouvelle manière d'aller de l'avant avec le projet.

L'étude de cas au sujet du Mosaic Center illustre un projet intégré mené à l'initiative de l'entrepreneur.

Points importants pour un entrepreneur désirant appliquer une approche intégrée :

- **Ne pas percevoir, comme c'est parfois le cas, que la conception et la réalisation intégrées donnent lieu à un processus qui est à l'initiative du propriétaire, car ce processus peut être à celle de l'entrepreneur.**
- **Travailler pour des propriétaires avec lesquels des relations positives sont établies depuis longtemps.**
- **Montrer qu'il est avantageux de choisir l'entrepreneur en fonction de ses compétences et de ses capacités plutôt qu'en fonction de la soumission la plus basse.**

Choix des membres de l'équipe

Le succès d'un projet intégré dépendant au plus haut point du calibre de l'équipe, l'architecte doit s'intéresser aux autres parties à y incorporer. L'entrepreneur doit suggérer au propriétaire de demander préférablement des propositions à des équipes d'entreprises déjà constituées. Cela permet à l'entrepreneur de présenter une proposition en compagnie d'un architecte avec lequel il entretient déjà une bonne relation de travail.

Chef de file à titre de spécialiste en réalisation de projet à caractère intégré, Howard Ashcraft compare la constitution d'une équipe intégrée à une fusion d'entreprises (Ashcraft, 2011). Dans une fusion fructueuse, les membres de différentes sociétés créent une entité dont la culture collective reflète leurs croyances et leurs valeurs. Le choix des membres de l'équipe où un partenariat avec d'autres entreprises au sujet desquelles le propriétaire a pleinement confiance qu'elles sont en mesure de travailler en collaboration permet de veiller à ce que les cultures soient complémentaires plutôt qu'antagonistes.

S'il n'est pas possible que l'entrepreneur engage une entreprise avec laquelle il a déjà établi des relations, il pourra idéalement en choisir une qui s'est déjà montrée capable de s'adapter à un nouveau système et de s'engager pleinement à adhérer à une culture de collaboration. Cela s'applique autant à un partenaire en matière de conception qu'à des sous-traitants, dont les corps de métiers. La démarche qui a permis d'engager l'entrepreneur en fonction de ses qualités et de son attitude au lieu de la soumission la plus basse doit aussi s'appliquer aux corps de métiers. Des antécédents de créativité et de persistance aident grandement les membres d'une équipe à surmonter les obstacles d'un projet intégré lorsqu'ils n'ont pas travaillé ensemble auparavant.

Dans la mesure du possible, il est préférable qu'un entrepreneur travaille avec des gens qu'il connaît ou avec lesquels il a déjà pratiqué la conception et la réalisation intégrées. S'il doit choisir de nouveaux partenaires, il est recommandé de :

- **favoriser ceux qui possèdent des compétences et des capacités;**
- **préférer ceux qui sont désireux de collaborer au sein de l'équipe.**

Choix des membres de l'équipe dans le cadre d'entrevues

Les entrepreneurs doivent se montrer capables de collaborer, même s'ils n'ont pas déjà travaillé dans le cadre d'un projet visant la conception et la réalisation intégrées. Ils peuvent prouver une telle chose en faisant état d'antécédents en conception et en construction sans gaspillage ou en conception intégrée, et en décrivant de quelle manière ils se sont adaptés à des projets ayant un caractère plus collaboratif. Il est utile d'engager les sous-traitants et les principaux corps de métiers à ce stade-ci, parce qu'il est avantageux d'obtenir de l'information précise sur les coûts et la constructibilité et de compter sur une équipe solidaire avant d'entreprendre la construction.

Points importants lors du choix des membres de l'équipe :

- **Accorder de l'importance à l'expérience acquise.**
- **Demander des précisions telles que « De quelle manière avez-vous collaboré différemment dans le cadre de ce projet par rapport à d'autres? ».**
- **Engager le plus tôt possible les principaux corps de métiers.**

Co-apprentissage et décisions concertées pour surmonter la courbe d'apprentissage

Des études de cas montrent qu'une fois qu'une équipe a mené à bien un premier projet intégré, elle est beaucoup plus efficace dans le cadre d'autres projets (voir l'étude de cas au sujet de l'usine de traitement d'eaux usées Lion's Gate). Les membres de l'équipe ne pourront passer du stade de « spécialistes » à celui de « co-apprenants » que si la collaboration a cours au sein de l'équipe, et si elle laisse place aux suggestions et à l'ouverture d'esprit. L'entrepreneur doit favoriser une culture de collaboration et faire preuve de persistance à ce sujet lorsqu'il engage tous les participants. Si tous les intervenants restent engagés tout au long du processus, ils seront encore plus efficaces lorsqu'ils travailleront ensemble sur un autre projet.

Points importants :

- **Les équipes qui ont réalisé un ou plusieurs projets intégrés sont plus efficaces par la suite dans le cadre d'autres projets.**
- **Le fait d'avoir appris comment prendre des décisions concertées représente une compétence.**
- **Il est possible de favoriser un esprit de collaboration en encourageant les partenaires commerciaux à s'exprimer.**

Recours à la modélisation des données du bâtiment

En 2012, 74 p. 100 des entrepreneurs ont utilisé la modélisation des données du bâtiment (MDB), soit un plus fort pourcentage que les architectes (Smart Market Report, 2012). Les logiciels de MDB permettent par exemple de savoir où passeront les réseaux de conduits dans les éléments de charpente et de visualiser les derniers éléments afin de minimiser les erreurs et les malentendus. Les modèles peuvent servir à préfabriquer des systèmes par l'entremise de divers corps de métiers, ce qui favorise une diminution de la main-d'œuvre sur place, améliore la qualité et assure une plus grande sécurité dans le milieu de travail. Les couches de données du modèle relatif au calendrier des travaux et à la température permettent également à l'entrepreneur de comparer les diverses options de séquençage de ces travaux. Les modèles de MDB peuvent faciliter la collaboration parce qu'ils nécessitent un degré élevé de confiance et de communication entre l'entrepreneur et l'équipe de conception. À chaque itération de la conception, lorsqu'il faut ajouter ou modifier des caractéristiques, il est utile de détecter les interférences et de résoudre les problèmes avec l'équipe à mesure qu'ils se présentent. Au cours de la construction, il est recommandé de conserver le modèle et de faire en sorte qu'il constitue un point d'orientation pour les sous-traitants et les corps de métiers.

Points importants afin d'obtenir le maximum d'avantages de la MDB :

- **Utiliser la modélisation afin de soutenir le processus de préfabrication par les divers corps de métiers.**
- **Exécuter un processus de détection des interférences à chaque itération de la conception.**
- **Conserver le modèle tout au long de la construction.**

Construction en fonction de méthodes sans gaspillage

Fondées sur la prémisse consistant à optimiser la valeur tout en minimisant la masse de déchets, les méthodes de conception et de construction sans gaspillage encouragent la collaboration, favorisent l'efficacité, et ouvrent la voie à la conception et à la réalisation intégrées en raison du fait que certains de leurs principes se recoupent. Elles favorisent également l'utilisation efficace des matériaux, ce qui représente un important objectif en matière de durabilité.
Dans le cadre d'un projet intégré, plusieurs méthodes sans gaspillage peuvent être utiles à cette fin, notamment les suivantes : le Last Planner® System, qui offre plusieurs strates d'échéanciers de plus en plus détaillés servant à établir un échéancier de réalisation plus fiable sur demande dans un cadre de collaboration; la livraison juste-à-temps, qui offre un système minimisant les déchets de matériaux et les problèmes de stockage; l'analyse des causes fondamentales, qui offre un outil de résolution de problèmes en collaboration. Ces outils et d'autres du même genre peuvent tous servir au cours du processus de construction, mais il faut quand même procéder à une harmonisation précoce et favoriser la participation au début de la conception afin qu'elle soit fructueuse.

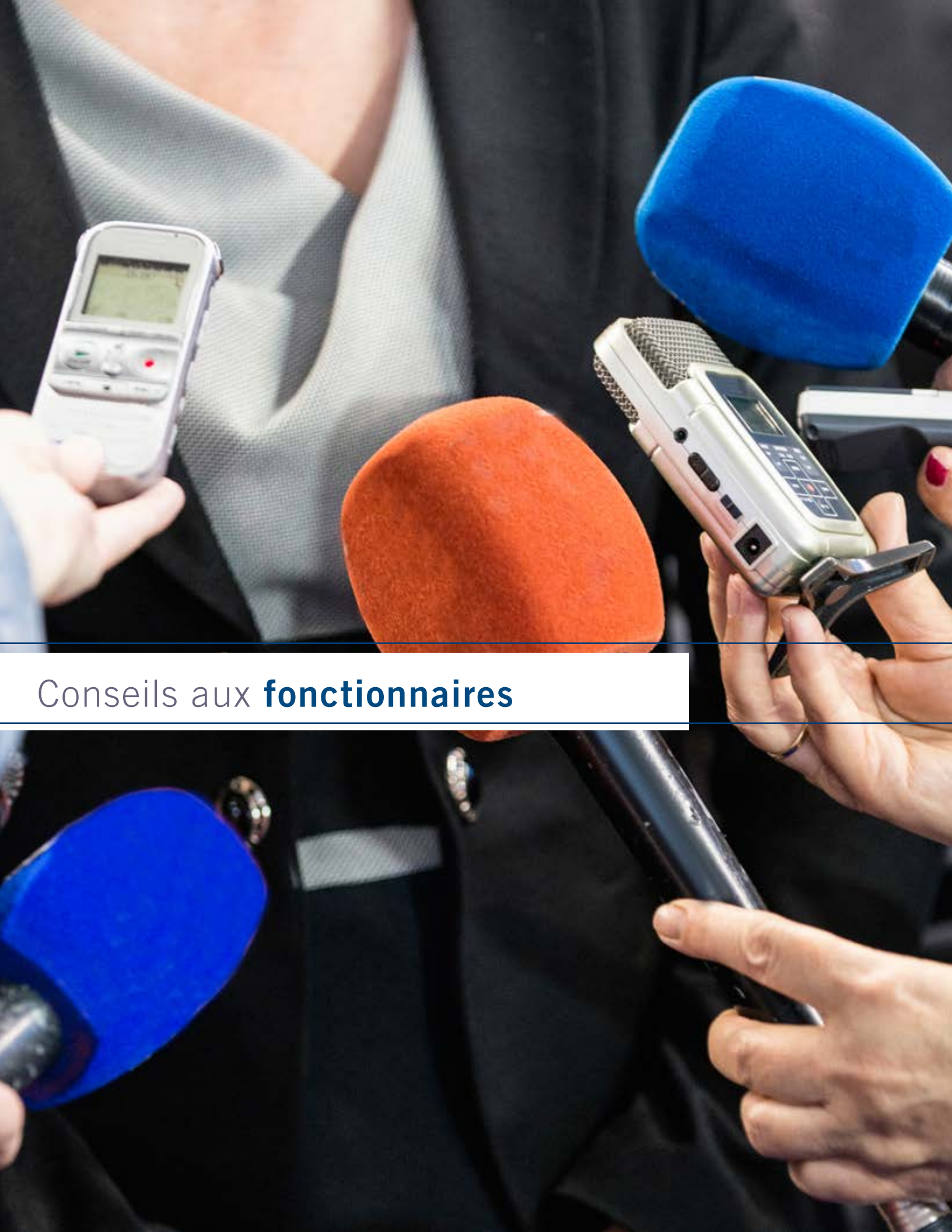
Principaux exemples de méthodes sans gaspillage :

- **Le Last Planner® System**
- **La planification et la réalisation sur demande**
- **La livraison juste-à-temps**
- **L'analyse des causes fondamentales (analyse des cinq causes)**

Outils pour surmonter les obstacles

La conception et la réalisation intégrées n'empêchent pas les obstacles et les défis que peut susciter un projet, mais elles aident à trouver les bonnes solutions même si la construction est terminée. Si des problèmes surgissent, la construction sans gaspillage offre le moyen de trouver de telles solutions, notamment la technique d'analyse des cinq causes permettant à une équipe de trouver les raisons d'un problème en se demandant cinq fois de suite pourquoi un tel problème existe. Cela peut s'avérer particulièrement utile pour déterminer qui devrait participer à la recherche d'une solution, compte tenu du nombre d'intervenants participant au projet au moment où la construction commence. Un autre outil, le registre des contraintes, permet d'exercer un suivi des problèmes et de demander à certains intervenants de se charger de les résoudre avant une date déterminée. Cela permet au projet de progresser tout en résolvant les problèmes à mesure qu'ils surgissent (Lean Construction Institute, 2015).

- **Analyse des cinq causes : technique de résolution de problèmes utilisée pour connaître les causes fondamentales d'une situation en se demandant au moins cinq fois de suite pourquoi un problème existe, afin d'aller au-delà des symptômes apparents.**
- **Registre des contraintes : liste des contraintes identifiant la personne qui s'est engagée à résoudre un problème avant une date convenue. Cette liste est habituellement établie au cours d'un examen du plan de six semaines, lors du constat de travaux qui donnent lieu à des contraintes.**



Conseils aux **fonctionnaires**

> **« Nous nous méprenons en croyant que la méthode de la plus basse soumission permet d'offrir des avantages, car dans de nombreux cas, nous avons été vraiment menottés par nos contrats. »**
>
> [*Traduction*] (Mark Palmer, ville de San Francisco).

Les fonctionnaires peuvent prendre part à des projets intégrés à titre de responsables de l'application des codes du bâtiment, de l'aménagement et du zonage, et même à titre de décideurs. Les organismes gouvernementaux peuvent aussi être des propriétaires à la recherche d'une méthode de passation de contrats pour un projet public.

Rôle à jouer dans le cadre d'une approche intégrée

Les fonctionnaires responsables de l'application des codes du bâtiment, de l'aménagement et du zonage peuvent participer de manière périphérique à des projets intégrés grâce au processus de délivrance de permis. Afin d'équilibrer les préoccupations sur le plan du rendement environnemental avec celles en matière de santé et de sécurité publiques, ils doivent avoir une très bonne connaissance des avantages que les caractéristiques écologiques d'un projet offrent dans ces deux derniers domaines. Les organismes gouvernementaux peuvent également agir à titre de propriétaires intéressés à la conception et à la réalisation intégrées pour des projets publics. Étant donné que la plupart des territoires disposent de politiques qui exigent la passation de contrats en fonction de la soumission la plus basse, les décideurs doivent se charger de modifier la législation connexe. Pour surmonter ces obstacles, il serait vraiment utile que les États et les provinces adoptent une version de la Brooks Act (loi exigeant que les contrats soient accordés en fonction de la compétence et non du prix), ou de suivre l'exemple de l'État du Colorado en adoptant une législation stipulant une méthode de réalisation intégrée pour les projets publics.

Points importants :

- **Être ouvert à cette approche afin d'éliminer les obstacles politiques.**
- **Connaître de façon approfondie les effets positifs d'un bâtiment écologique sur la santé et la sécurité.**

Possibilités

Les fonctionnaires responsables de projets publics peuvent porter intérêt aux avantages en matière de qualité, de coût et de calendrier d'exécution dont font état les propriétaires privés après avoir appliqué une approche de conception et de réalisation intégrée. Tel que le mentionne le document intitulé *Integrated Project Delivery: An Owner's Perspective*, de nombreux projets de différente ampleur ont été exécutés plus rapidement que prévu et ont coûté moins que le budget établi (Ashcraft, 2013). Par exemple, la construction de l'hôpital Bellevue à New York s'est terminée trois mois avant la date prévue et a coûté 30 millions de dollars américains de moins que l'estimation initiale. Étant donné que toute l'équipe du projet souhaitait atteindre les objectifs fixés, le résultat était plus prévisible et le propriétaire plus confiant d'avoir réalisé un projet qui répondait à ses besoins.

Les projets intégrés offrent aux fonctionnaires responsables de l'application des codes du bâtiment davantage de possibilités de contribuer de façon précoce à un projet intégré, et d'éviter ainsi que les relations puissent se détériorer et donner lieu à des tensions. Lorsque les concepteurs et les constructeurs savent à quels problèmes ils devront éventuellement faire face, cela diminue les possibilités qu'ils soient désagréablement surpris par une question de conformité au code du bâtiment après avoir déjà investi de l'argent et du temps.

Étant donné que les fonctionnaires font partie des responsables de la santé et du bien-être publics, ils peuvent trouver pertinent d'appliquer une approche permettant de construire des bâtiments qui ont moins d'incidences négatives sur l'environnement et offrent des avantages en matière de santé publique. Le processus d'harmonisation mené dans le cadre de cette approche (voir les première et deuxième étapes du présent guide) incite l'équipe du projet à prendre conscience de tout ce que celui-ci peut apporter, au lieu d'établir une liste d'objectifs dont la portée est restreinte, ce qui offre la possibilité de procéder à des améliorations qualitatives. Par exemple, la Sarah E. Goode Academy a obtenu la certification LEED Or même si elle visait la cote Argent. À titre de membres de l'équipe, les fonctionnaires peuvent contribuer à établir les objectifs d'un projet et tirer parti de la créativité et de l'innovation qui émanent de cette équipe.

Points importants :

- **La conception et la réalisation intégrées permettent de réduire les coûts, de diminuer la masse de déchets et de raccourcir le calendrier de construction.**
- **L'application de cette approche offre bien plus d'avantages en matière de santé publique.**

Mise en place d'un projet intégré

Bon nombre d'organismes gouvernementaux exigent que les projets de construction soient assujettis à un processus d'appel d'offres et choisissent l'entrepreneur en se fondant principalement sur le coût. Toutefois, l'octroi de contrats pour des services professionnels, tels que ceux d'un architecte, se fonde sur des critères qualitatifs. Cette approche restreint l'utilisation d'un seul contrat pour ces deux types de services, à moins que cela soit prescrit par la loi. Un organisme peut trouver des solutions à ce genre de restriction en tenant tout au moins compte de certains aspects de la conception et de la réalisation intégrées. Certaines méthodes de remplacement en matière de réalisation peuvent, par exemple, fournir déjà certains fondements législatifs pour appliquer des principes qui régissent cette réalisation intégrée (Gehrig, 2010) :

1. Le pouvoir en matière de conception et de construction : Si un organisme dispose d'un tel pouvoir, il est autorisé à octroyer un seul contrat à un entrepreneur afin de concevoir et d'exécuter l'ensemble d'un projet. Cela permet à cet organisme de faire participer les corps de métiers au début de la conception et de lier leur rémunération aux résultats obtenus.
2. L'Infrastructure Finance Act de la Californie (article 5956 du code californien) : Cette loi ne s'applique qu'à des locaux à revenu, mais confère un ample pouvoir à un organisme en matière d'octroi de contrat en lui permettant de combiner l'étude d'un projet, la planification de la conception, la construction, l'aménagement, le financement, l'entretien, les améliorations, les réparations ou l'exploitation. Le choix des équipes, au lieu de se fonder sur la soumission la plus basse, mise sur la compétence, sans compter que les honoraires sont fixés dans le cadre d'une négociation qui fait appel à la concurrence.
3. Le bail et la cession-bail : Ce pouvoir n'est donné qu'aux districts scolaires et aux collèges communautaires. Dans un tel cas, l'organisme public loue un terrain à l'entrepreneur pour qu'il puisse construire le bâtiment, et celui-ci, dans le cadre d'un contrat de cession-bail, rétrocède la propriété jusqu'à ce que l'organisme ait fini de lui payer l'ensemble du projet. Dans une telle entente, l'organisme a la latitude de choisir librement l'entrepreneur, sur quelque base que ce soit.
4. Le contrat de services énergétiques : Ce contrat permet à tout organisme public d'acheter de l'énergie électrique ou thermique, mais il peut aussi s'appliquer à la rénovation ou à la construction de locaux qui utilisent ces services. Cela permet à l'organisme d'octroyer un seul contrat pour toutes les phases des travaux.
5. Le partenariat public-privé : Un tel contrat donne aux entités publiques la possibilité de faire affaire avec des entreprises privées pour obtenir certains services, lesquels peuvent comprendre la conception et la construction. Étant donné que ce contrat se fonde sur le rendement, il favorise l'intégration.

Ces solutions peuvent ne pas tenir complètement compte des principes de la conception et de la réalisation intégrées, mais font en sorte que les profits soient liés au rendement du projet, et la plupart d'entre elles donnent le pouvoir de n'octroyer qu'un seul contrat. Il se peut aussi qu'un projet donne lieu à diverses restrictions en matière d'octroi de contrat s'il s'agit d'un projet pilote visant l'application de nouveaux procédés (National Association, 2010). Cette démarche peut constituer une preuve importante de la validité du concept aux fins d'une réforme réglementaire ou législative. Certains organismes publics ne font l'objet d'aucune restriction en matière de conception-appel d'offres-construction; il peut parfois s'agir de services locaux d'eau ou de transport. Par ailleurs, certains États, dont le Colorado et l'Arizona, ont adopté des lois qui accordent des pouvoirs précis relativement aux projets de construction intégrés. Si de telles solutions ne sont pas disponibles, il est toujours possible de tenir compte des aspects comportementaux liés à la conception et à la réalisation intégrées tout en recourant à des contrats plus classiques (voir l'étude de cas au sujet du bâtiment Edith Green-Wendell Wyatt).

Les projets publics sont parfois restreints au processus de conception-appel d'offres-construction, mais il existe des moyens de contourner cette restriction, dont les suivants :

- **Certains organismes ne sont assujettis à aucune restriction en matière de conception-appel d'offres-construction (services d'eau locaux, etc.).**
- **La conception-construction.**
- **L'Infrastructure Finance Act (en Californie).**
- **Le bail et la cession-bail.**
- **Les contrats de services énergétiques.**

Conseils aux **ingénieurs**

Cette catégorie comprend les ingénieurs civils ainsi que les ingénieurs en électricité, en mécanique, en structure et en plomberie, autrement dit, ceux qui sont habituellement responsables des aspects techniques d'un projet. Les ingénieurs qui s'occupent d'autres systèmes font partie des consultants spécialisés.

Rôle à jouer dans le cadre d'une approche intégrée

Dans le domaine de la construction, les ingénieurs conçoivent les systèmes et sont chargés des aspects techniques d'un projet. Lorsqu'il s'agit d'un projet intégré, ces spécialistes tiennent compte des caractéristiques voulues dans les systèmes qui donneront suite à ces attentes, dont la durabilité de la construction. Ils doivent s'assurer que les éléments d'un bâtiment à haut rendement s'incorporent adéquatement les uns aux autres.

Principales responsabilités :

- **Intégrer les systèmes.**
- **Tenir compte des caractéristiques voulues dans les systèmes à haut rendement.**

Possibilités

La plupart des ingénieurs sont conscients que la collaboration étroite avec les concepteurs en architecture représente un élément essentiel pour que la forme d'un bâtiment permette à celui-ci de remplir sa fonction. La conception et la réalisation intégrées permettent aux ingénieurs de travailler en parallèle avec les architectes lorsqu'il est question de stratégies. Cet aspect est particulièrement important lorsqu'il s'agit de stratégie de durabilité, car celle-ci dépend de l'efficacité des systèmes mécaniques à incorporer aux concepts complémentaires de l'enveloppe et de la structure.

Points importants :

- **Être sur un pied d'égalité avec les concepteurs en architecture.**
- **Travailler avec l'architecte et l'entrepreneur afin que la forme de tout bâtiment lui permette de remplir sa fonction.**
- **Étudier de manière concertée les options de conception permettant d'atteindre des objectifs de haut rendement à des fins écologiques et de façon rentable.**
- **Tenir compte de l'opinion de l'entrepreneur et des corps de métiers au sujet de la constructibilité.**
- **Contribuer à économiser de l'argent en remettant les esquisses à l'entrepreneur et en lui laissant le soin de s'occuper des détails dans les dessins d'atelier.**

Co-apprentissage et décisions concertées pour surmonter la courbe d'apprentissage

La courbe d'apprentissage de la conception et de la réalisation intégrées est particulièrement exigeante, mais les études de cas montrent clairement que lorsqu'une équipe a mené à bien un projet intégré, elle devient par la suite beaucoup plus efficace à l'égard d'autres projets (étude de cas au sujet de l'usine de traitement d'eaux usées Lion's Gate). Il incombe à l'ingénieur de favoriser une culture de collaboration et de faire preuve de persistance à ce sujet lorsqu'il engage tous les participants. Les membres de l'équipe ne pourront passer du stade de « spécialistes » à celui de « co-apprenants » que si la collaboration a cours au sein de l'équipe, et si elle laisse place aux suggestions et à l'ouverture d'esprit.

Points importants :

- **Les équipes qui ont réalisé un ou plusieurs projets intégrés sont plus efficaces par la suite dans le cadre d'autres projets.**
- **Le fait d'avoir appris comment prendre des décisions concertées représente une compétence.**
- **Il faut s'employer activement à faire régner un esprit de collaboration.**

« **L'ingénieur est chargé de s'occuper d'à peu près la moitié des caractéristiques de durabilité d'un bâtiment. En cas d'incohérence entre les dessins architecturaux et les applications techniques, la durabilité devient alors une caractéristique qu'il faut ajouter aux autres.** »

[*Traduction*] (Peter Rumsey, Point Energy Innovations)

Rôle d'enseignant

Tel que cela est expliqué aux première et deuxième étapes du présent guide, un projet intégré est structuré en fonction des valeurs et des objectifs qu'établit l'équipe qui en est chargée. Si un projet ne comporte pas d'objectifs de durabilité, l'ingénieur pourrait devoir montrer à l'équipe quels en sont les avantages. Le fait d'associer des caractéristiques écologiques donnant lieu à une diminution des coûts de fonctionnement et du temps consacré au marketing permet que cette durabilité soit au cœur des discussions. Les auteurs du document intitulé *The Integrative Design Guide to Green Building* (7group et Reed, 2009) soutiennent, à la deuxième étape de ce guide, que le fait de travailler avec des systèmes dont les éléments sont imbriqués permet de faire valoir l'importance des objectifs de durabilité. Par ailleurs, l'examen des incidences d'un projet sur les principaux systèmes dans l'ensemble d'un milieu (l'habitat, l'eau, l'énergie et les matériaux) permet de constater les liens entre les petits et les grands systèmes.

Points importants :

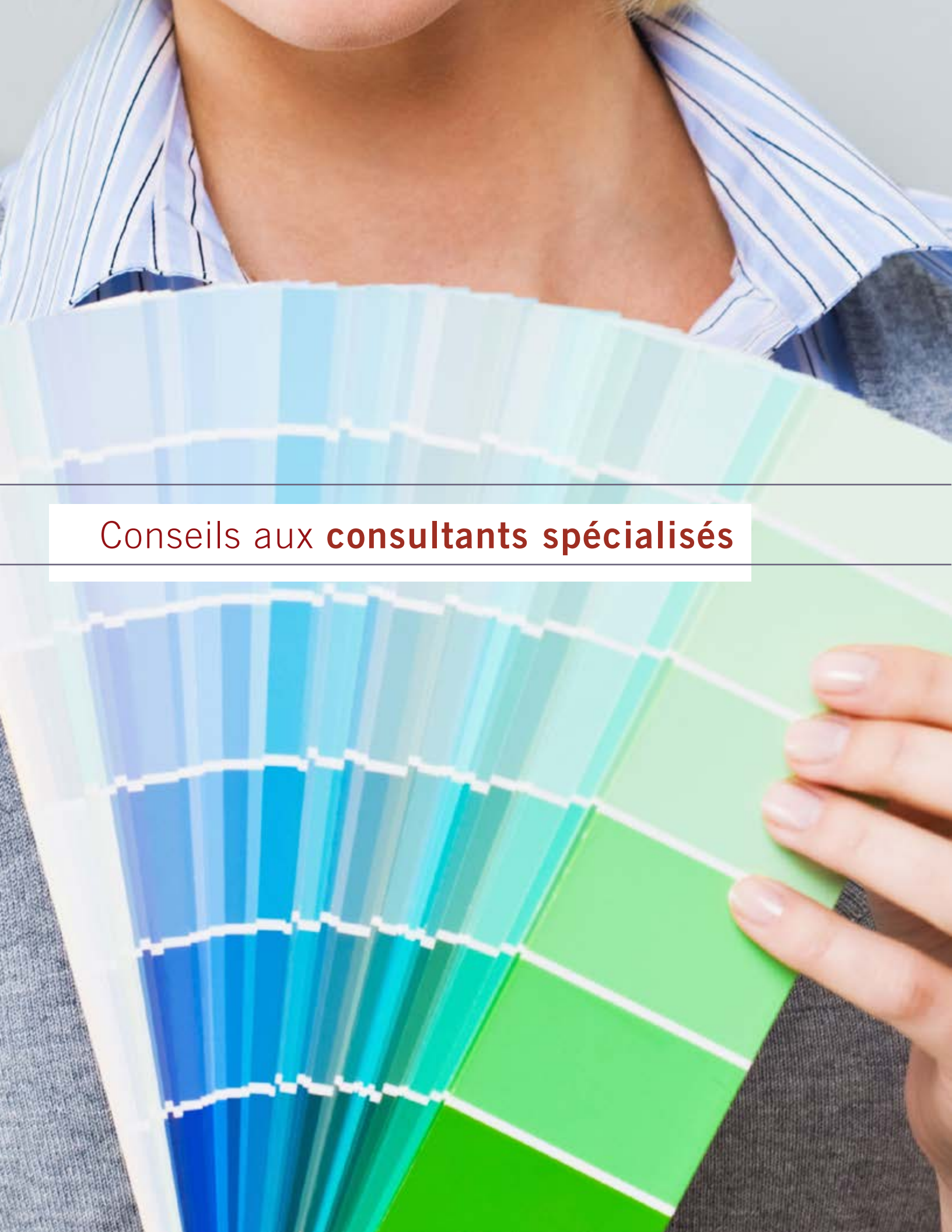
- **Les projets intégrés ne tiennent compte que des valeurs et des objectifs qui sont formulés.**
- **Si la durabilité ne fait pas déjà partie des valeurs et des objectifs, l'ingénieur devra assumer un rôle d'enseignant afin de faire valoir leur importance.**

Recours à la modélisation des données du bâtiment

Selon le Smart Market Report de 2012, plus de 67 p. 100 des ingénieurs ont recours aux outils logiciels de modélisation des données du bâtiment (MDB), toutefois, ce pourcentage est inférieur à celui des architectes et des entrepreneurs. Cela est peut-être dû en partie au fait que les données sur les systèmes techniques sont plus rares et que les fabricants commencent à peine à fournir de l'information qui est consultable et qu'il est possible d'indexer. Néanmoins, les ingénieurs trouvent que le recours à la MDB est très utile (Smart Market Report, 2012) et les architectes commencent à réclamer ce genre d'aptitudes lorsqu'ils choisissent les membres d'une équipe. L'échange de tels modèles offre de grands avantages en favorisant une intégration harmonieuse des systèmes et en garantissant qu'ils sont installés tel que prévu. Grâce aux serveurs infonuagiques, plusieurs utilisateurs peuvent accéder à un modèle issu de la MDB, et les modifications qui y sont apportées par un utilisateur s'affichent en temps réel sur l'écran des autres utilisateurs.

Points importants :

- **L'échange d'un modèle avec les architectes garantit une intégration harmonieuse des systèmes.**
- **Si un modèle issu de la MDB est conçu adéquatement, il peut demander moins d'efforts pour simuler le rendement d'un bâtiment et permettre ainsi à l'équipe de choisir plus rapidement les options de conception pour obtenir les solutions les plus rentables et les plus écologiques.**
- **Les fonctions de détection d'interférences permettent de s'assurer que les systèmes sont installés tel que prévu.**



Conseils aux **consultants spécialisés**

Les consultants spécialisés sont des particuliers et des entreprises dont la participation à un projet dépend de l'ampleur du projet et des besoins à l'égard de leur expertise. Il s'agit notamment : d'architectes d'intérieur; d'architectes paysagistes; de spécialistes en énergie, en enveloppe et en éclairage; d'agents de mise en service; d'évaluateurs de coûts. D'autres types de consultants peuvent faire partie de cette catégorie, notamment : les planificateurs de l'utilisation du sol, les vérificateurs et les évaluateurs en matière d'énergie, les consultants en enveloppe de bâtiment, les spécialistes en conformité, les ingénieurs en acoustique, les spécialistes de l'habitat et les consultants en audiovisuel.

Rôle à jouer dans le cadre d'une approche intégrée

Les consultants spécialisés peuvent formuler des conseils sur n'importe quel aspect d'un bâtiment ou faciliter la coordination des travaux de conception et de construction. Bien que chacun d'eux soit spécialisé, dans le cadre d'une approche intégrée, il contribue à l'amélioration des connexions entre les systèmes. Selon l'ampleur de son rôle et des objectifs d'un projet, un tel consultant peut être visé par la même structure de risques et d'avantages que l'architecte et l'entrepreneur.

Les consultants connaissent l'importance de l'intégration

Les consultants connaissent généralement l'importance de la collaboration et de l'harmonisation au début d'un projet. Dans une équipe, les spécialistes doivent trouver des moyens de faire cadrer leur point de vue avec la conception, et s'assurer que d'autres caractéristiques du bâtiment favorisent l'intégration de leur travail au lieu de l'entraver. Il est plus facile d'entreprendre cette démarche au début de la conception.

> **« J'ai participé à des réunions avec l'architecte, le propriétaire et l'entrepreneur, mais elles sont plus productives lorsque tout le monde est assis autour de la table, à savoir l'ingénieur en structure, l'ingénieur en mécanique, etc. »**
>
> [*Traduction*] (Andrew Dey, Andrew Dey Consulting, représentant de propriétaire et agent de prêteur)

Possibilités

La conception et la réalisation intégrées ne constituent pas une science exacte. La complexité d'un projet, quant aux coûts et aux détails techniques, régissent les particularités de la démarche, du type de contrat et jusqu'à quel point le projet permet à une équipe de surmonter les obstacles en matière d'apprentissage. Pour trouver la bonne approche à un tel stade, il faut vraisemblablement recourir à un animateur indépendant, à savoir un rôle qu'un consultant spécialisé peut apprendre à assumer. Les consultants spécialisés à l'égard d'un aspect précis, par exemple l'enveloppe ou la stratégie d'éclairage naturel d'un bâtiment, ne peuvent probablement pas être visés par un contrat collectif de risques et d'avantages, à moins que le projet ait une très grande ampleur et que leur rôle soit jugé essentiel à la réussite de ce projet. Il leur sera toutefois plus facile de travailler directement et de collaborer avec toutes les parties.

Points importants :

- **Les projets peuvent nécessiter le recours à un spécialiste indépendant afin de faciliter le choix de la bonne approche, ce qui peut représenter un nouveau rôle pour un consultant spécialisé.**
- **Si un tel consultant est chargé d'un aspect particulier d'un projet, la collaboration lui facilitera la vie en lui permettant de travailler directement avec toutes les parties, et d'avoir la liberté de préconiser tous les éléments d'intégration nécessaires pour que le projet soit fructueux.**

Rôle d'enseignant

Tel que cela est expliqué aux première et deuxième étapes du présent guide, un projet intégré est structuré en fonction des valeurs et des objectifs qu'établit l'équipe qui en est chargée. Si un projet ne comporte pas d'objectifs de durabilité dont il est question à ces deux étapes, le consultant spécialisé pourrait devoir montrer à l'équipe quels en sont les avantages. Le fait d'associer des caractéristiques écologiques donnant lieu à une diminution des coûts de fonctionnement et du temps consacré au marketing permet que cette durabilité soit au cœur des discussions. Les auteurs du document intitulé *The Integrative Design Guide to Green Building* (7group et Reed, 2009) soutiennent, à la deuxième étape de ce guide, que le fait de travailler avec des systèmes dont les éléments sont imbriqués permet de faire valoir l'importance des objectifs de durabilité. Par ailleurs, l'examen des incidences d'un projet sur les principaux systèmes dans l'ensemble d'un milieu (l'habitat, l'eau, l'énergie et les matériaux) permet de constater les liens entre les petits et les grands systèmes.

Points importants :

- **Les projets intégrés ne tiennent compte que des valeurs et des objectifs qui sont formulés.**
- **Si la durabilité ne fait pas déjà partie des valeurs et des objectifs, le consultant spécialisé devra assumer un rôle d'enseignant afin de faire valoir leur importance.**

Co-apprentissage et décisions concertées pour surmonter la courbe d'apprentissage

La courbe d'apprentissage de la conception et de la réalisation intégrées est particulièrement exigeante, mais les études de cas montrent clairement que lorsqu'une équipe a mené à bien un projet intégré, elle devient par la suite beaucoup plus efficace à l'égard d'autres projets (étude de cas au sujet de l'usine de traitement d'eaux usées Lion's Gate). Il incombe au consultant de favoriser une culture de collaboration et de faire preuve de persistance à ce sujet lorsqu'il engage tous les participants. Les membres de l'équipe ne pourront passer du stade de « spécialistes » à celui de « co-apprenants » que si la collaboration a cours au sein de l'équipe, et si elle laisse place aux suggestions et à l'ouverture d'esprit.

Points importants :

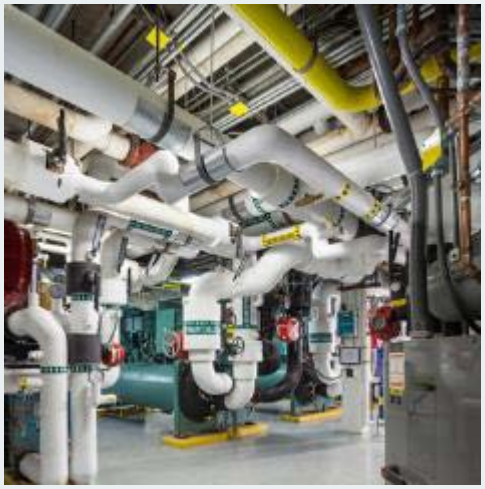
- **Le fait d'avoir appris comment prendre des décisions concertées représente une compétence.**
- **Il faut s'employer activement à faire régner un esprit de collaboration.**

Recours à la modélisation des données du bâtiment

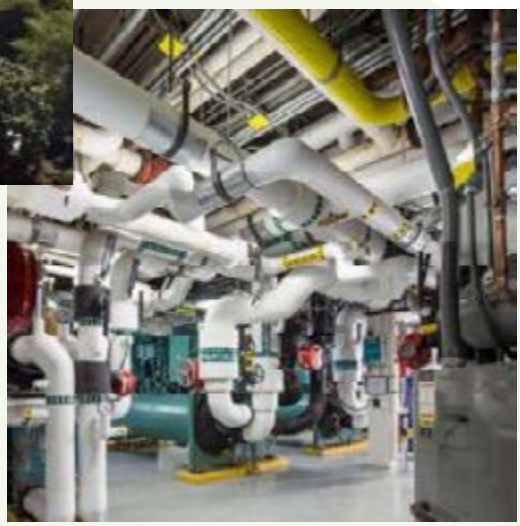
En ce qui concerne les consultants spécialisés en matière d'enveloppe, d'éclairage ou de système mécanique de bâtiment, l'échange de modèles issus de la MDB offre de grands avantages en favorisant une intégration harmonieuse des systèmes et en garantissant qu'ils sont installés comme prévu. Grâce aux serveurs infonuagiques, plusieurs utilisateurs peuvent accéder à un tel modèle, et les modifications qui y sont apportées par un utilisateur s'affichent en temps réel sur l'écran des autres utilisateurs. La MDB offre aux consultants qui facilitent une approche intégrée un outil de vraie collaboration au tout début de la conception, et oriente les discussions quant aux attentes concernant les pratiques de gestion d'un bâtiment; un élément qui est souvent négligé. En plus de montrer de quelle manière les systèmes qui s'entrecroisent fonctionneront, la MDB peut constituer le fondement d'améliorations de l'exploitation d'un bâtiment ou de rénovations ultérieures. Utilisé à cette fin, cet outil peut donner un sentiment de continuité à l'équipe chargée de la conception.

Points importants :

- **L'échange d'un modèle avec les membres de l'équipe garantit une intégration harmonieuse des systèmes.**
- **Si un modèle est conçu adéquatement, il peut demander moins d'efforts pour simuler le rendement d'un bâtiment et permettre ainsi à l'équipe de choisir plus rapidement des options de conception pour obtenir les solutions les plus rentables et les plus écologiques.**
- **Le logiciel de modélisation constitue un outil de collaboration.**



Études de cas



Source : Brown University, service de gestion des installations.

Modernisation de l'édifice Barus and Holley et du laboratoire Prince, à la Brown University

Emplacement : Providence, État du Rhode Island
http://www.brown.edu/Facilities/Building_Brown/projects/bh/

Lorsque la Brown University a décidé de moderniser l'édifice Barus and Holley de sept étages comprenant des laboratoires, des bureaux et des salles de cours, un bâtiment qui n'avait en grande partie jamais été rénové depuis sa construction en 1965, les premiers objectifs consistaient principalement à y réparer ce qui était endommagé. Les priorités du projet visaient à moderniser les systèmes mécaniques, notamment en installant un nouveau système d'avertisseur d'incendie, en rénovant les ascenseurs, en convertissant le système de ventilation pour l'alimenter entièrement avec de l'air extérieur et en y incorporant un récupérateur de chaleur, en remplaçant l'unité de refroidissement de l'eau ainsi que les tours de climatisation de l'air, et en remplaçant le dispositif de commutation électrique. Mais l'université a décidé que ces travaux donneraient lieu à son tout premier octroi d'un contrat de projet de construction intégré, et l'efficacité et la collaboration de l'équipe qui s'en est chargée a permis une bien meilleure réalisation des rénovations à caractère écologique. La Brown University a économisé 1,2 million de dollars américains sur un budget de 12 millions, ce qui lui a permis de mener une étude exhaustive de l'interdépendance des systèmes mécaniques, ainsi qu'une analyse hautement technique du système d'eau chaude qui lui permettra d'économiser de l'eau et de l'énergie au cours des années à venir.

« **Le fait que les sous-traitants soient assis autour de la table durant les premières phases d'un projet et qu'ils puissent ainsi faire part de leur point de vue sur le meilleur moyen de procéder à la construction a représenté la plus importante contribution aux économies que nous avons réalisées** »,

a déclaré M. Thomas Cousineau, gestionnaire de projet à la Brown University.

Étant donné que l'équipe a travaillé en étroite collaboration, elle a été en mesure de trouver des moyens créatifs d'accroître la durabilité sans frais supplémentaires, dont l'installation de récupérateurs d'énergie (air chaud) à la sortie des canalisations d'égout (ce qui s'est avéré simple, car un tel récupérateur était déjà installé sur le système de ventilation), le remplacement de deux vieilles unités de traitement de l'air par une seule, et l'achat d'un moteur de rechange en cas de besoin. À mesure que les travaux progressaient, les membres de l'équipe ont aussi découvert des problèmes auxquels ils ont pu remédier, et parce qu'ils étaient motivés à s'occuper du projet dans son ensemble au lieu de se concentrer uniquement sur leur travail, ils étaient plus enclins à effectuer ces petits travaux. Par exemple, l'équipe a pu remplacer six vannes d'eau qui fuyaient et réparer des fuites dans un regard situé dans la salle des panneaux électriques qui est adjacente au laboratoire Prince.

Selon M. Cousineau, le plus gros obstacle a consisté à obtenir les approbations nécessaires en temps voulu, ce qui a forcé l'équipe à tenir ses principales réunions toutes les deux semaines. Cela a bien fonctionné, tout en faisant davantage ressortir la nécessité que les représentants de la propriétaire (l'université) soient actifs et motivés et que les décideurs soient réceptifs. M. Cousineau a précisé qu'au début, le personnel d'exploitation a fortement participé au projet, mais qu'il a été difficile de le faire participer à toutes les réunions compte tenu de leur fréquence. Par la suite, l'équipe a pris conscience qu'elle pourrait renforcer la participation du personnel en se fiant à ses aptitudes. M. Cousineau a ajouté que dans le cadre de ce projet, les occupants habituels de l'édifice ne se rendraient vraiment pas compte des changements, à l'exception peut-être de la plus grande fiabilité des systèmes. L'équipe s'est aussi rendu compte que le personnel d'exploitation était fondamentalement « la propriétaire », car le nouvel équipement lui était destiné. La modification de ce message est devenue un thème du projet.

En raison peut-être de la forte contribution du personnel d'exploitation, l'université a décidé de consacrer une partie des économies au projet et d'investir le reste à plus long terme dans d'autres éléments. L'efficacité de l'équipe du projet a permis d'assumer le coût d'autres travaux de peinture, de modifier la séquence de fonctionnement du système de chauffage à eau chaude à haute température, et de mener une enquête afin de connaître l'interdépendance des différents systèmes en vue d'autres travaux.

« Même s'il a fallu déployer certains efforts pour que tout le monde comprenne en quoi consistaient le nouveau contrat et ses ramifications, cela a permis à l'équipe de renforcer vraiment la collaboration, a mentionné M. Cousineau. Ce qui a représenté le plus grand gouffre énergétique sur ce campus est désormais devenu un modèle de systèmes écoefficaces. »

Les principales stratégies de conception et de réalisation intégrées que l'équipe du projet a privilégiées comprennent les suivantes :

- **L'obtention du soutien de la direction ou du conseil d'administration.**
- **La tenue d'un atelier d'établissement des objectifs rassemblant l'équipe et ses principaux membres, dont l'entrepreneur général et les représentants des corps de métiers.**
- **Le recours à un contrat multipartite.**
- **Le fait que les profits soient liés au rendement.**
- **La limitation du nombre de demandes de modification**
- **L'exonération de responsabilité.**
- **La transparence financière.**
- **La participation et la formation du personnel d'exploitation et d'entretien.**

Centro Internacional de Exposiciones y Convenciones, WTC

Emplacement : ville de Mexico
http://www.exposwtc.com/

Source : México es cultura, La Cartelera nacional.

Le centre mondial du commerce de Mexico a donné lieu à l'établissement de certains objectifs écologiques assez ambitieux depuis le début des discussions au sujet de sa rénovation, notamment à l'égard de la consommation d'énergie et de l'achat de biens durables, en visant l'obtention de la remarquable certification écologique LEED Or. Les méthodes d'harmonisation et de communication que l'équipe a empruntées à la conception et à la réalisation intégrées l'ont aidée à atteindre ces objectifs, comme l'a mentionné M^me^ Alejandra Cabrera, directrice de l'association *Sustentabilidad para México A.C.* (SUMe), qui a assumé la fonction de gestionnaire du projet qui a obtenu la certification au bout de 18 mois.

Il s'agissait d'une première pour M^me^ Cabrera qui n'avait jamais travaillé auparavant dans le cadre d'un projet visant à obtenir une certification LEED. Au cours d'une réunion de démarrage, l'ensemble de l'équipe du projet a établi les objectifs et déterminé les tâches, et s'est assuré que chaque membre connaissait ses responsabilités, ce qui a été très précieux. Toute l'équipe a convenu des règles de fonctionnement, chaque membre a reçu toutes les communications et les courriels et a assisté aux réunions relatives au projet, sans compter la tenue d'une réunion hebdomadaire pour discuter de l'avancement du projet, faire état des réalisations et fournir aux professionnels accrédités LEED les documents relatifs au projet dont ils avaient besoin. L'équipe a veillé à faire participer le directeur de l'entretien à cette réunion de démarrage, et même s'il a été difficile de le convaincre d'y participer au tout début, M^me^ Cabrera a indiqué que cela a vraiment valu la peine d'insister pour l'en persuader. Ces étapes ont semblé très élémentaires, mais selon elle, il était essentiel de constituer une équipe efficace pour que son fonctionnement soit harmonieux et reste intégré pendant tout le processus, au lieu de démarrer en trombe et de la voir s'affaiblir ou se démanteler par la suite à mesure que le projet avançait.

Étant donné que cette équipe était souple et ouverte aux suggestions de chacun de ses membres, elle a été en mesure de trouver des solutions créatives pour moderniser des parties de l'édifice construit il y a 20 ans. Elle a choisi d'imperméabiliser la toiture avec une membrane réfléchissante et biodégradable, et avec l'intervention des sociétés Philips et Osram, elle a acheté des lampes à vapeur de mercure à basse pression. Sans une application efficace de la conception et de la réalisation intégrées, certaines de ces caractéristiques écologiques auraient probablement été éliminées pour que les coûts soient les plus bas possible.

Les principales stratégies de conception et de réalisation intégrées que l'équipe du projet a privilégiées comprennent les suivantes :

- **L'application d'une feuille de route établie de façon concertée.**
- **La participation et la formation du personnel d'exploitation et d'entretien.**

Édifice fédéral Edith Green-Wendell Wyatt

Emplacement : Portland, État de l'Oregon
http://gsa.gov/portal/content/252613

Source : General Services Administration des États-Unis.

L'édifice Edith Green-Wendell Wyatt de Portland, en Oregon, est certifié LEED Platine et sa consommation d'énergie est censée diminuer de 60 p. 100. Il est également prévu que ce projet réduise la consommation d'eau potable de l'édifice de 60 p. 100, principalement en utilisant l'eau de pluie pour les toilettes. Il s'agit d'améliorations remarquables sur le plan environnemental qui n'auraient pas eu lieu sans une équipe fortement intégrée faisant preuve d'un très bon fonctionnement.

Pour compliquer davantage la démarche, ce projet fédéral est assujetti au choix de la soumission la plus basse, ce qui élimine la possibilité d'octroi d'un contrat de réalisation intégrée. Ce faisant, de quelle manière l'équipe du projet a-t-elle réussi à obtenir des résultats fructueux? M. Patrick Brunner, gestionnaire de projet pour la General Services Administration des États-Unis, a déclaré que « lorsque l'on veut, on peut ». Étant donné qu'il s'agit d'un projet fédéral, il fallait appliquer le principe du prix maximal garanti. Le modèle de contrat qui permettait d'appliquer ce principe tout en offrant la plus grande souplesse était celui prévoyant que « le constructeur dirigeait la construction ». M. Brunner a consacré plus de temps et d'efforts que prévu à rencontrer les personnes qui ont répondu à l'appel d'offres, à rendre visite à des entrepreneurs et à des fournisseurs éventuels, ainsi qu'à voir des projets qu'ils avaient déjà réalisés. M^me^ Lisa Petterson, directrice de la société SERA Architects, s'est rappelé que M. Brunner est venu la voir pour lui dire : « Le contrat ne permet pas de faire ça, mais nous devrions tous signer cette entente d'une page afin de convenir de la manière dont nous allons procéder ». Elle a ajouté que l'équipe a convenu d'adopter une politique exigeant la tenue d'un registre de comptes pour faire preuve de transparence financière, et d'établir ensuite des principes de collaboration et de prise de décisions concertées.

Selon M^me^ Petterson, l'une des démarches proactives entreprises dans le cadre de cette politique a consisté à ce que l'équipe de conception sur place soit installée dans le même local que l'entrepreneur général. En ce qui concerne les sous-traitants, l'accès à l'information a représenté l'une des principales entraves à leur travail. M^me^ Petterson a aussi expliqué que le processus classique consiste habituellement à ce que le sous-traitant constate ce qui manque, rédige une demande de renseignements, la remet à l'entrepreneur pour qu'il la remette à l'architecte et que celui-ci la remette à l'ingénieur, et pour que ce dernier la présente au fournisseur. « Au total, le processus prend trois semaines et demie, à condition d'avoir compris en quoi consiste la demande. »

À l'inverse, l'équipe a décidé de garder sa porte ouverte durant les heures de bureau pour que n'importe qui puisse lui poser des questions. « Cela a fait tort à notre productivité à court terme, mais nous a aidés dans la réalisation de l'ensemble du projet », a déclaré M^me^ Petterson. Elle a précisé que le projet n'a donné officiellement lieu qu'à 855 demandes de renseignements, comparativement à 6 000 en général dans le cadre d'un projet similaire, et que, très souvent, il ne s'agissait que de confirmer de l'information afin d'en conserver une trace par écrit.

Le contexte de collaboration a également été bénéfique, car il a permis à l'équipe du projet de mieux relever les défis qui se sont présentés à l'improviste. Après avoir établi le prix des pare-soleil extérieurs dont la largeur devait être de 24 pouces (po), ou 61 centimètres (cm), le fournisseur du matériel a suggéré de la diminuer à 18 po (46 cm) pour qu'il soit plus efficace. Les architectes sont retournés à leur planche à dessin et ont découvert qu'avec une légère modification, ils pouvaient éloigner les pare-soleil de 6 po (15 cm) du mur et obtenir ainsi l'ombrage dont ils avaient besoin. « Il ne leur a fallu qu'une journée pour figurer de quelle manière apporter cette modification, a mentionné M^me^ Petterson, et nous avons économisé des millions de dollars. »

Source : General Services Administration des États Unis.

Un autre changement d'orientation s'est produit lorsque les occupants ont commencé à s'inscrire à la fin de la conception, parce qu'ils ont demandé de disposer de leur propre serveur local. L'équipe du projet avait l'intention de surveiller et de gérer les serveurs à partir de différents endroits, pour ne pas occuper indûment de l'espace dans le bâtiment [et atteindre plus facilement les objectifs quant à l'intensité de consommation d'énergie], mais les occupants avaient été clairs quant à leurs besoins à cet égard. Selon M. Matthew Braun, directeur de projet à la société Howard S. Wright (l'entrepreneur général du projet), l'équipe a trouvé le moyen d'installer les serveurs au sous-sol et non à chaque étage. Cette solution a exigé l'approbation des occupants, car ils devaient payer plus cher, mais l'équipe a pu respecter l'intensité de consommation d'énergie prévue à l'origine, car la centralisation du système lui a permis de récupérer de la chaleur. Un refroidisseur-récupérateur de chaleur de 100 tonnes est maintenant dévolu à la salle des serveurs, et sa capacité de fonctionnement est suffisante pour l'adapter à des agrandissements ultérieurs. « Avec une équipe qui n'était pas intégrée, l'ensemble du projet aurait connu du retard, mais nous avons pu trouver où installer les serveurs et comment les gérer, a mentionné M. Braun. Nous avons été plutôt capables de mettre en place l'ensemble du système après que l'infrastructure mécanique et électrique soit installée; le projet a donc pu se poursuivre comme nous l'avions planifié. »

L'équipe du projet a réalisé assez d'économies pour payer une autre année de services professionnels, à savoir pour la prestation de séances de formation en matière d'exploitation et d'entretien, ainsi que des enquêtes exhaustives une fois l'édifice occupé au complet; un avantage dont on ne tire pas souvent parti. À la suite d'un projet qui a connu une telle réussite, M. Brunner a ajouté de son côté que l'élément le plus important était le fait qu'une équipe de projet soit « collectivement motivée à faire mieux ». Il estime que la formule de contrat constitue un outil important et espère que quelque chose ressemblant à une entente tripartite puisse voir le jour à des fins fédérales, mais ça ne sera quand même jamais une solution miracle. « C'est le soin et l'apport constants ainsi que le fait de hausser la barre — c'est-à-dire le modelage, le remodelage et la confrontation continuels — qui créent la magie », a conclu M. Brunner.

Les principales stratégies de conception et de réalisation intégrées que l'équipe du projet a privilégiées comprennent les suivantes :

- **L'obtention du soutien de la direction ou du conseil d'administration.**
- **La tenue d'un atelier d'harmonisation pour tirer parti des valeurs que partagent le propriétaire et l'équipe.**
- **La tenue d'un atelier d'établissement des objectifs rassemblant l'équipe et ses principaux membres, dont l'entrepreneur général et les représentants des corps de métiers.**
- **L'utilisation de la modélisation des données du bâtiment (MDB).**

Source : General Services Administration des États Unis.

Source : Miller Hull Partnership.

Usine de traitement des eaux usées Lion's Gate

Emplacement : Vancouver, Colombie-Britannique
http://www.metrovancouver.org/lionsgate

Le projet de l'usine de traitement d'eaux usées Lion's Gate montre que la participation de spécialistes de plusieurs disciplines ainsi que leur collaboration itérative peut aider une équipe à cerner des synergies, ce qu'une personne ne pourrait faire toute seule. Le district régional du Grand Vancouver (*Metro Vancouver*) a dû moderniser son usine de traitement d'eaux usées en aménageant une installation secondaire avec des fonctions de filtration beaucoup plus évoluées. Cette démarche a nécessité la construction d'une nouvelle usine à un autre endroit, car le district voulait renforcer les objectifs qu'il s'était fixés en matière de durabilité, notamment en réduisant les coûts en énergie, l'empreinte de carbone, la consommation d'eau potable et les incidences sur l'environnement.

Grâce à l'application d'une approche de conception intégrative depuis le début du projet, l'équipe a fait en sorte de récupérer la chaleur dégagée par l'égout, de produire du biogaz, et de récupérer l'eau et les éléments nutritifs. Il s'agit d'une approche faisant en sorte que l'eau, l'énergie et les éléments nutritifs produisent de nouvelles ressources qui sont habituellement traitées comme des déchets. Ce modèle exemplaire illustre de quelle manière les équipes intégrées qui sont animées par des valeurs communes sont en mesure d'arriver à ce qu'un bâtiment ait un degré de durabilité beaucoup plus élevé que ne le peuvent les équipes classiques.

Le district a surveillé la réalisation d'une autre usine de traitement d'eaux usées, le Brightwater Center, à Seattle, dans l'État de Washington, qui a également donné lieu à l'application d'un processus d'intégration. Ce projet a suscité l'engagement de M. John Spencer, de la société CH2M Hill, à titre d'ingénieur, parce qu'il avait occupé la fonction de directeur du projet de Lion's Gate. Il a aussi consisté à engager MM. Bill Reed et John Boecker afin d'animer le processus d'intégration exposé dans le document intitulé *Integrative Process (IP)–ANSI Consensus National Standard Guide* (Institute for Market Transformation to Sustainability, 2012).

Son expérience a aidé l'équipe à surmonter quelque peu la courbe d'apprentissage au début du projet, et à mener celui-ci à terme en respectant le budget. À titre d'exemple, jusqu'à présent, le projet Lion's Gate n'a compté au total que trois modifications de contrat, alors que celui du Brightwater Center en a compté 42 au cours des deux premières années. Malgré tout, les équipes chargées de l'architecture et de l'ingénierie ont quand même eu quelques difficultés à communiquer au tout début. Celle de l'ingénierie avait particulièrement hâte de commencer la conception et a eu des difficultés à comprendre pourquoi il n'avait pas encore été question des détails du projet à la suite de la tenue de trois ateliers rassemblant l'équipe.

Cette résistance s'est effritée lorsque les architectes ont pris conscience que les ingénieurs n'avaient pas l'intention d'utiliser tout l'espace pour installer les systèmes mécaniques. Ils ont déployé des efforts pour utiliser cet espace le plus efficacement possible afin d'en donner davantage aux architectes pour accomplir leur travail. De leur côté, les ingénieurs ont été surpris d'apprendre que les architectes acceptaient de travailler en fonction de certaines contraintes et ne s'attendaient pas à ce que les ingénieurs enterrent tous les réservoirs ou les dissimulent pour des raisons purement esthétiques. Selon le propriétaire, l'équipe s'est disciplinée à appliquer totalement le processus d'harmonisation et n'a pas essayé de se débarrasser des animateurs après le premier atelier. En se fiant au processus ainsi qu'à elle-même, l'équipe a réussi à ce que ses membres participent de la façon la plus étroite possible, et au plus grand avantage du bâtiment.

Le propriétaire prévoit maintenant aller de l'avant avec un modèle de conception-construction en se servant de l'avant-projet de conception qui, à son avis, n'aurait pu être élaboré autrement et a été pleinement accepté par son personnel d'exploitation et d'entretien.

Les principales stratégies de conception et de réalisation intégrées que l'équipe du projet a privilégiées comprennent les suivantes :

- **L'obtention du soutien de la direction ou du conseil d'administration.**
- **La tenue d'un atelier d'harmonisation pour tirer parti des valeurs que partagent le propriétaire et l'équipe.**
- **L'application d'une feuille de route établie de façon concertée.**
- **La participation et la formation du personnel d'exploitation et d'entretien.**

Mosaic Center

Emplacement : Edmonton, Alberta
http://themosaiccentre.ca/

Les propriétaires, M. et M^me^ Denis et Christy Cuku, ont fixé des objectifs hautement écologiques pour leur nouvel édifice de bureaux d'Edmonton, en Alberta. Leurs aspirations comprenaient la certification LEED Platine et celle de consommation énergétique nette-zéro de l'International Living Future Institute, et leur équipe intégrée fera très certainement ce qu'il faut pour obtenir ces ambitieuses certifications écologiques.

Mais ces réalisations n'ont pas toujours été aussi certaines. À mi-chemin de la conception, après avoir déjà dépensé 2 millions de dollars canadiens et passé principalement six mois à « édifier la culture du projet » pour leur nouvel immeuble de bureaux, les deux propriétaires ont décidé d'octroyer un contrat de réalisation de projet intégré pour tous les volets du projet. Il était risqué de dépenser davantage d'argent pour négocier un nouveau contrat au lieu d'entreprendre la conception, mais M. Howard Ashcraft, qui a dirigé les négociations de leur contrat, les a assurés que les rénovations dans un tel cadre de réalisation étaient des plus courantes et permettaient d'obtenir le même degré de réussite qu'avec des projets dont la réalisation intégrée était prévue dès le départ.

À ce stade, il n'était pas trop tard pour que le projet tire parti de la contribution que l'entrepreneur et les consultants pouvaient apporter. L'adoption de cette formule de contrat a forcé l'équipe à se pencher vraiment sur la manière dont la construction s'effectuerait, et en se rendant compte que la conception coûterait probablement plus cher que le budget établi. Mais M. Cuku a précisé que l'équipe qui en était chargée « a commencé à éliminer les coins et les recoins superflus que l'architecte avait spécifiés à l'origine ».

Les négociations du contrat ont également été avantageuses en permettant à l'équipe d'en apprendre davantage et de finir d'établir les objectifs du projet. Elle s'est donné une vision de la réussite du projet, a établi une liste d'objectifs et a élaboré une liste de suivi des décisions, mais M. Cuku a mentionné que la matrice de valeurs dont M. Ashcraft avait facilité l'élaboration « leur avait vraiment permis de prendre des décisions en évaluant les résultats par rapport à six principales valeurs ». « Une fois cette tâche accomplie, je n'ai plus eu à y toucher, a ajouté M. Cuku. Il s'agit de la valeur réelle du processus de réalisation intégrée d'un projet selon le point de vue du propriétaire. Personne ne désire être sur place tous les jours afin de régler les questions que soulèvent la personnalité des intervenants et la conception ».

L'équipe s'est avérée si efficace et si autonome que le projet est censé coûter 5 p. 100 de moins que le budget établi et se terminer cinq mois plus tôt, ce qui prouve que la conception et la réalisation intégrées permettent tout particulièrement d'édifier des bâtiments écologiques en respectant le budget. M. Cuku a appris d'autres choses au cours du processus, notamment qu'il aurait dû incorporer un peu plus de personnes à l'équipe de base du projet, dont quelques représentants de corps de métiers dès le début, car certains d'entre eux n'adhéraient pas totalement à l'orientation du projet, ce qui, par conséquent, a fait en sorte que le reste de l'équipe a eu de la difficulté à les accepter en raison de la culture du projet. « Je pense qu'il faut établir une liste de vérification du type de personnalité lorsqu'on choisit des partenaires, car ce processus n'est pas fait pour tout le monde, a conclu M. Cuku. Il faut vouloir collaborer et faire partie de l'équipe ».

Les principales stratégies de conception et de réalisation intégrées que l'équipe du projet a privilégiées comprennent les suivantes :

- **L'obtention du soutien de la direction ou du conseil d'administration.**
- **La tenue d'un atelier d'harmonisation pour tirer parti des valeurs que partagent le propriétaire et l'équipe.**
- **La tenue d'un atelier d'établissement des objectifs rassemblant l'équipe et ses principaux membres, dont l'entrepreneur général et les représentants des corps de métiers.**
- **Le recours à un contrat multipartite.**
- **Le fait que les profits soient liés au rendement.**
- **La limitation du nombre de demandes de modification.**
- **L'exonération de responsabilité.**
- **La transparence financière.**

Source : Mosaic Center, Dennis Cuku.

Rocky Mountain Institute Innovation Center

Emplacement : Basalt, État du Colorado
http://www.rmi.org/rmi_innovation_center

La conception et la réalisation intégrées ont permis au Rocky Mountain Institute (RMI) de repousser les limites de l'écologisation de son Innovation Center à Basalt, au Colorado. Ce projet a pour but de construire l'un des bâtiments les plus écoefficaces des États-Unis, tout en donnant lieu à l'élaboration de stratégies totalement nouvelles en matière de construction écologique. Cette approche de conception et de réalisation intégrée aide cet institut à arriver à ces fins en établissant des relations de confiance avec l'équipe du projet et en trouvant la possibilité de parler des risques de façon constructive.

Le centre d'innovation est censé atteindre une intensité de consommation d'énergie d'à peine 16 000 Btu par pied carré, en partie grâce à une stratégie de chauffage et de climatisation totalement passifs, car les seuls systèmes mécaniques sont dévolus à la ventilation et au chauffage d'appoint localisé. Cette démarche n'est possible que dans les 48 États américains du sud où le climat est le plus froid, en choisissant des niveaux de « confort adaptable », c'est-à-dire un éventail de degrés de température déterminés à des fins de confort qui tient compte de six facteurs, à savoir ceux faisant en sorte que les humains ont chaud ou froid. Il s'agit de la vitesse de déplacement de l'air, de la température de l'air, du degré d'humidité, du niveau d'activité, de l'épaisseur des vêtements et de la température radiante en surface. M. Chris McClurg, du RMI, estime que la conception d'un espace dont la température peut fluctuer de 18 à 28 degrés Celsius au lieu de 21 à 24 offre davantage de possibilités à une équipe de diminuer grandement la taille des systèmes mécaniques ou de les éliminer, en ajoutant toutefois qu'il y a toujours place à la crainte de ce qui peut se produire si ça ne fonctionne pas. M. McClurg est également d'avis que compte tenu de l'espace de travail dont ont besoin les organismes de plus en plus nombreux, et du fait que les profits de l'équipe dépendent des résultats définitifs de l'ensemble du projet et pas seulement de leur portée, l'équipe doit trouver le moyen de parler ouvertement de ce risque.

Source : ZGF Architects.

Le RMI a engagé un consultant afin d'animer l'atelier de négociation du contrat de réalisation intégrée et de veiller à ce que tout soit présenté de façon explicite. L'institut a ensuite instauré des processus rigoureux pour s'assurer que les objectifs soient énoncés clairement et que les décisions soient transmises aux intéressés. Quant à l'équipe, elle a mis en place un système modifié de planification sur demande pour la phase de conception, afin d'organiser des réunions hebdomadaires avec le consultant pour régler les problèmes qui se présentaient. L'équipe de conception a subi une répartition géographique entre Portland, dans l'Oregon, et le Colorado, et avec du recul, sans les contraintes exercées par ces deux emplacements, ils ont pu parfois revenir à une façon plus classique de travailler, a déclaré M^me^ Kathy Berg, de ZGF Architects. Mais les membres du groupe ont continué d'avoir davantage de conversations sur la manière dont ils désiraient participer au projet, et « l'expression "soyons plus réalisation intégrée" est devenue une sorte de phrase-code pour agir de manière plus collaborative », a mentionné de son côté M^me^ Cara Carmichael, gestionnaire de projet au RMI.

Grâce à l'efficacité du processus, l'équipe a établi les relations de confiance nécessaires pour s'occuper des risques qui accompagnent l'innovation. M. John Breshears, président d'Architectural Applications, a déclaré que l'équipe a totalement reformulé les stratégies antérieures relatives au chauffage et à la climatisation. Au lieu de se préoccuper de l'ensemble de l'espace, elle s'est concentrée sur le chauffage et la climatisation passifs dans les zones les plus occupées, et ce, en permettant à chaque personne de disposer de son propre Hyperchair, un fauteuil de bureau dégageant de la chaleur et de la fraîcheur directe au bénéfice de la personne qui l'occupe.

Source: ZGF Architects

Une autre décision de conception que l'équipe a attribuée à son processus intégré a visé l'utilisation de panneaux lamellés-croisés (PLC). Le projet a connu des contraintes d'équilibrage du budget par rapport à la hauteur du bâtiment, et les PLC ont permis de conserver une hauteur entre les étages qui optimise la lumière naturelle tout en répartissant les systèmes mécaniques. « L'entrepreneur nous a aidés à comprendre de quelle manière ces panneaux pouvaient raccourcir le temps d'exécution étant donné que la plus grande partie de ce matériau est préfabriquée », a expliqué M. Breshears. Par ailleurs, en utilisant ce matériau, l'équipe de conception a déterminé qu'elle pouvait installer des escaliers droits sans palier pour économiser une précieuse surface utile.

En plus des résultats tangibles obtenus grâce au processus de réalisation intégré, la collaboration à laquelle ont donné lieu les travaux a également eu des effets sur chaque membre de l'équipe. « De façon très positive, il s'est agi de l'un des projets les plus frustrants pour lesquels j'ai travaillé, a déclaré M^me^ Berg. Sans arrêt, nous nous sommes personnellement demandé si nous en faisions assez. »

« Nous avons établi des relations vraiment franches et j'espère que nous pourrons tous y arriver à nouveau, a estimé M. McClurg. On peut se demander combien de personnes peuvent dire une telle chose à l'égard d'un projet dans le cadre duquel elles ont travaillé. »

Les principales stratégies de conception et de réalisation intégrées que l'équipe du projet a privilégiées comprennent les suivantes :

- **La tenue d'un atelier d'harmonisation pour tirer parti des valeurs que partagent le propriétaire et l'équipe.**
- **La tenue d'un atelier d'établissement des objectifs rassemblant l'équipe et ses principaux membres, dont l'entrepreneur général et les représentants des corps de métiers.**
- **Le recours à un contrat multipartite.**
- **Le fait que les profits soient liés au rendement.**
- **La limitation du nombre de demandes de modification.**
- **L'exonération de responsabilité.**
- **La transparence financière.**
- **L'utilisation de la modélisation des données du bâtiment (MDB).**
- **La gestion de projet fondée sur des méthodes de construction sans gaspillage.**

Sarah E. Goode STEM Academy

Emplacement : Chicago, État de l'Illinois
http://goodestemacademy.org/

La Sarah E. Goode STEM Academy, qui fait partie des Chicago Public Schools (CPS), consommera moins d'énergie et bénéficiera de plus de lumière naturelle dans ses salles de classe grâce à l'influence d'une équipe intégrée. Ce projet unique permet de procéder à une comparaison directe avec un processus classique et illustre le fait que l'intégration permet d'obtenir davantage de résultats écologiques lorsque la viabilité est un objectif de projet dûment établi.

Le processus de conception de cette nouvelle école a commencé par l'élaboration d'un prototype qui précisait une grande partie du concept : le plan de l'emplacement; la masse, la structure et l'orientation du bâtiment; les éléments adjacents programmés; les élévations. Malgré ces contraintes, les CPS et la Public Building Commission (PBC) de Chicago, laquelle gère la réalisation de projets pour le compte des CPS et d'autres organismes municipaux, visaient à ce que le projet obtienne la certification LEED Argent. Fort heureusement, la PBC a décidé d'organiser une « charrette » (séance de travail intensif) à caractère écologique dans le cadre de son processus normalisé, et M^me^ Helen J. Kessler, consultante en viabilité à HJKessler Associates, et M^me^ Deeta Bernstein, directrice de la viabilité à la PBC, ont saisi cette occasion pour appliquer les principes de conception intégrative et examiner des options de conception.

Leur objectif de départ consistait à améliorer le rendement énergétique tout en diminuant les coûts initiaux et en offrant un bon milieu d'apprentissage aux élèves. En appliquant le mot d'ordre énoncé dans le document intitulé *Integrative Process (IP)–ANSI Consensus National Standard Guide* (Institute for Market Transformation to Sustainability, 2012), à savoir « Chacun participe au plus tôt à la résolution de toute question », M^me^ Kessler a aidé l'équipe à axer son attention sur l'interdépendance des systèmes en recourant à un processus holistique, itératif et non linéaire. Elle a invité l'équipe à sortir des sentiers battus en se demandant comment améliorer le rendement du prototype sans modifier le schéma d'implantation et sans changer d'emplacement. La discussion a donné lieu à la formulation de plusieurs objectifs fondamentaux, dont l'accroissement de la lumière naturelle, la simplification de la construction, la réduction des coûts, l'installation d'un système de chauffage, de ventilation et de climatisation plus efficace, et la participation de la collectivité. La « charrette » a réuni tous les membres de l'équipe de conception, dont M^me^ Jennifer Costanzo, architecte et directrice de STR Partners, M. Sachin Anand, ingénieur en mécanique à dbHMS, M. Terry Ryan, architecte paysagiste et directeur de Jacobs Ryan Associates, ainsi que des représentants du réseau d'écoles et des intervenants externes.

Source : Public Building Commission de Chicago.

Après plusieurs examens des coûts et des avantages d'un système de pompe à chaleur géothermique, au lieu d'une unité mécanique classique installée sur le toit et distribuant un volume d'air variable, l'équipe a choisi la première option, à savoir la pompe à chaleur qui évitait la construction d'une bâtisse sur le toit ainsi qu'un vaste réseau de conduits dans l'ensemble du bâtiment. Cette étape a permis de découvrir que les pompes à chaleur géothermiques coûtent en réalité moins cher qu'un système classique. Cette solution a également permis de diminuer la hauteur entre les étages et, par conséquent, la hauteur totale du bâtiment. L'équipe a par la suite appliqué à plusieurs reprises un processus de modélisation de la lumière naturelle et de l'énergie afin de déterminer quelle serait l'augmentation de la largeur des fenêtres dans les salles de classe afin d'y optimiser la lumière naturelle. La structure creuse des planchers n'a pas été retenue et a été remplacée par une plateforme en acier recouverte de béton qui permettait une plus grande souplesse et facilitait la construction.

Par hasard, une autre école, dont le projet correspondait beaucoup plus au prototype original, a lancé un appel d'offres en même temps que la Sarah E. Goode STEM Academy, ce qui a permis d'effectuer une vraie comparaison de coûts. La conception du projet de cette dernière réduisait les coûts de construction de plus de 2 p. 100 tout en diminuant de façon importante la consommation d'énergie et en offrant un meilleur milieu d'apprentissage.

Un autre résultat du projet a consisté à changer l'état d'esprit de tous les intervenants. La directrice de la viabilité à la PBC est devenue une adepte de la conception intégrative, car elle donne des résultats probants tout en offrant des caractéristiques écologiques et en diminuant les coûts initiaux. L'architecte, M^{me} Jennifer Costanzo, en est également devenue une adepte et a déclaré au *Chicago Architect Magazine* , « J'avais l'impression que comme nous étions en train de travailler à partir d'un prototype, la « charrette » nous ferait perdre du temps, mais par la suite, le propriétaire a suggéré des modifications vraiment judicieuses ».

Il arrive parfois que quelqu'un soit tout simplement chanceux. C'est ce qui est arrivé au directeur de l'école qui n'avait pas participé à la plupart des discussions concernant la conception, mais qui a assisté à une réunion sur la construction et y a appris que le projet était sur le point d'obtenir la certification LEED Platine. Ne connaissant pas vraiment ce programme de certification, il a demandé en quoi consistait la cote Platine et s'il serait possible de l'obtenir. M^{me} Kessler n'avait jamais eu l'approbation des CPS pour mener une enquête sur le confort thermique, ce qui fait qu'il n'en avait jamais été question au tour de la table; mais avec le soutien du directeur de l'école, l'enquête a été approuvée en même temps que d'autres crédits relatifs à l'exploitation. Les élèves participent maintenant à l'enquête sur le confort thermique et le projet a obtenu la certification LEED Platine.

Les principales stratégies de conception et de réalisation intégrées que l'équipe du projet a privilégiées comprennent les suivantes :

- **La tenue d'un atelier d'établissement des objectifs rassemblant l'équipe et ses principaux membres, dont l'entrepreneur général et les représentants des corps de métiers.**
- **La participation et la formation du personnel d'exploitation et d'entretien.**

Bibliographie

7group et Bill Reed. 2009. *The Integrative design guide to green building: Redefining the practice of sustainability*. Hoboken, New Jersey, Wiley. AEC Magazine. 2013. « BIM for manufacturers ». Juillet 2013. Consulté le 20 mai 2015. <www.aecmag.com/comment-mainmenu-36/567-BIM-for-manufacturers->

AIA California Council. 2014. *Integrated project delivery: An updated working definition.* 3e version. Consulté le 20 mai 2015. <www.aiacc.org/new-ipd-pdf-form/>.

Ashcraft, Howard, non daté. *The IPD framework.* Hanson Bridgett LLP. <www.hansonbridgett.com/Publications/pdf/~/media/Files/Publications/IPD_Framework.pdf>

Ashcraft, Howard. 2011. *IPD teams: Creation, organization, and management.* Hanson Bridgett LLP. <http://www.hansonbridgett.com/Publications/pdf/~/media/Files/Publications/IPD-Teams.pdf>

Ashcraft, Howard. 2013. *Integrated project delivery: The owner's perspective.* Hanson Bridgett LLP. <www.cisc-icca.ca/getmedia/598988de-03df-4a4e-b13a-e074f74d7723/The-Owner_s-Perspective.aspx>

ASQ. 2014. *Quality assurance vs. quality control.* American Society for Quality. Consulté le 20 mai 2015. <http://asq.org/learn-about-quality/quality-assurance-quality-control/overview/overview.html>

Betts, Gary. 2000. *Construction documentation specifications: The architect's handbook of professional practice.* 13e édition. John Wiley & Sons.

CCE. 2013. *Amélioration des conditions favorisant la construction de bâtiments écologiques en Amérique du Nord : Renforcement des capacités en faveur des emplois verts.* Montréal. Commission de coopération environnementale. 46 p. <http://www3.cec.org/islandora/fr/item/11385-improving-conditions-green-building-construction-in-north-america-financing-models-and-fr.pdf >

CIFE. 2007. *VDC USE in 2007: Significant value, dramatic growth, and apparent business opportunity.* Center for Integrated Facility Engineering. Rapport technique no TR171. <http://cife.stanford.edu/sites/default/files/TR171.pdf>

Cole, Jeff et Michael Hatten, non daté. *Integrating energy engineering and performance modeling into the design process.* BetterBricks. <www.betterbricks.com/graphics/assets/documents/Performance_Modeling_FINAL-WEB.pdf>

Energy Star, non daté. *What is energy use intensity.* Consulté le 26 mars 2015. <www.energystar.gov/buildings/facility-owners-and-managers/existing-buildings/use-portfolio-manager/understand-metrics/what-energy>

FMI Corporation. 2005. *Sixth annual FMI/CMAA survey of owners.* <www.cmaafoundation.org/files/surveys/2005-survey.pdf>

FMI Corporation. 2007. *Eighth annual FMI/CMAA survey of owners: The perfect storm—construction style.* <www.cmaafoundation.org/files/surveys/2007-survey.pdf>

Gallaher, Michael et coll. 2004. *Cost analysis of inadequate interoperability in the U.S. capital facilities industry.* Août 2004. National Institute of Standards and Technology. <http://fire.nist.gov/bfrlpubs/build04/PDF/b04022.pdf>

Gehrig, David. 2010. « IPD video series - Part 6 ». HansonBridgett LLP. Juillet 2010. Consulté le 20 mai 2015. <www.hansonbridgett.com/Publications/videos/ipd-video-part6.aspx>

Jelen, F. et J. H. Black. 1983. *Cost and optimization engineering.* 3e édition. McGraw-Hill Book Company. p. 456-457.

Kristine Fallon Associates, Inc. 2012. « BIM for owners - background and strategies for success ». *Movement for Innovation Industry Reports and Economist Magazine.* <www.tn.gov/finance/OSA/documents/KFAtoIndustry9.27.12.pdf>

Lean Construction Institute. 2015. Glossaire. Consulté le 14 février 2015. <www.leanconstruction.org/training/glossary/>

Levine, M., D. Ürge-Vorsatz, K. Blok, L. Geng, D. Harvey, S. Lang, G. Levermore, A. Mongameli Mehlwana, S. Mirasgedis, A. Novikova, J. Rilling et H. Yoshino. 2007. « Residential and commercial buildings ». In *Climate change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (B. Metz et coll., éds), Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, NY, États-Unis. <www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg3/ar4-wg3-chapter6.pdf>

Maginnis Law. 2011. *Oral and written change orders in construction contracts.* Consulté le 8 avril 2015. <www.maginnislaw.com/2011/04/oral-and-written-change-orders-in-construction-contracts/>

Malin, Nadav. 2007. *Building information modeling: Transforming an industry.* BuildingGreen, Inc. Consulté le 20 mai 2015. <https://www2.buildinggreen.com/article/building-information-modeling-and-green-design>

MTS. 2012. *Integrative process (IP)©–ANSI consensus national standard guide©–Design and construction of sustainable buildings and communities.* Institute for Market Transformation to Sustainability.

National Association of State Facilities Administrators et coll. 2010. *Integrated project delivery for public and private owners*. <www.aia.org/aiaucmp/groups/aia/documents/pdf/aiab085586.pdf>

National BIM Standard US. 2015. *Frequently asked questions About the National BIM Standard-United States™.* Consulté le 13 février 2015. <www.nationalBIMstandard.org/faq.php>

Oregon State Capitol Renovation project. Consulté le 11 mars 2015. <www.oregonlegislature.gov/renovation>

Six Sigma. 2015. *Determine the root cause: 5 Whys.* Consulté le 13 mai 2015. <www.isixsigma.com/tools-templates/cause-effect/determine-root-cause-5-whys/>

Smart Market Report. 2012. *The business value of BIM in North America.* <http://images.autodesk.com/adsk/files/mhc_business_value_of_BIM_in_north_america_2007-2012_smr.pdf>

Tepfer, Sara. 2013. *Realizing next-generation green; project delivery and cost management strategies for high-performance buildings*. American Institute of Architects. <www.aia.org/aiaucmp/groups/aia/documents/pdf/aiab100073.pdf>

Todd, Joel Ann et Gail Lindsey, FAIA. 2013. *Planning and conducting Integrated Design (ID) charrettes*. Guide complet de conception de bâtiment. Consulté le 20 mai 2015. <http://www.wbdg.org/resources/charrettes.php>

US General Services Administration. 2015. *Partnering*. Consulté le 13 février 2015. <www.gsa.gov/portal/content/100822>

US Green Building Council. 2015. *LEED Integrative process credit.* Consulté le 11 mars 2015. <www.usgbc.org/node/2613097>

US Green Building Council, non daté. *Credentials*. Consulté le 26 mars 2015. <www.usgbc.org/credentials>

Wilson, Oscia. 2014. *Owners' guide to starting integrated building projects*. CreateSpace Independent Publishing Platform. 134 p.

Yost, Peter et Jennifer Atlee. 2012. *Tremco: Getting the devil out of air and water details. BuildingGreen*. Consulté le 20 mai 2015. <www2.buildinggreen.com/article/tremco-getting-devil-out-air-and-water-details>

Yost, Peter. 2010. « High performance scopes of work ». *Green Building Advisor*. Consulté le 20 mai 2015. <www.greenbuildingadvisor.com/blogs/dept/green-communities/high-performance-scopes-work>

Zach, James. 2013. *Professional development: Avoid construction rework.* Consulté le 20 mai 2015. <http://epubs.democratprinting.com/article/Professional+Development%3A+Avoid+Construction+Rework/1300169/0/article.html>

Glossaire

Assurance de la qualité : Activités planifiées et entreprises systématiquement afin d'arriver à satisfaire aux exigences de qualité relatives à un produit ou à un service (ASQ, 2014).

Charrette : Atelier intensif durant lequel divers intervenants et spécialistes se penchent sur une question particulière liée à la conception (Todd, 2013).

Conception et construction sans gaspillage : Méthode de gestion de la production appliquée à la réalisation de projet qui étend les objectifs d'un système de production sans gaspillage (optimise la valeur et minimise les déchets) à des techniques particulières de gestion en matière de construction (Lean Construction Institute, 2015).

Contrat à coût maximal garanti : Type de contrat en vertu duquel un entrepreneur est rémunéré en fonction des coûts encourus et d'une indemnité fixe pouvant atteindre un montant plafond. Certains organismes publics exigent des clauses de coût maximal garanti dans un contrat.

Contrôle de la qualité : Techniques et activités d'observation servant à répondre aux exigences de qualité (ASQ, 2014).

Coût initial : Le premier coût ou le coût direct des matériaux et de la main-d'œuvre pour produire un bien tel qu'un bâtiment.

Demande de modification : Demande écrite à l'entrepreneur que signent le propriétaire, l'architecte et l'entrepreneur. Elle est formulée après la réalisation d'un contrat et autorise une modification des travaux, ou encore du montant ou du délai de réalisation dudit contrat (Maginnis Law, 2011).

Demande de renseignements : Démarche entreprise dans le secteur de la construction lorsqu'il est nécessaire d'obtenir une confirmation d'interprétation d'un détail, d'une caractéristique ou d'une note sur des plans de construction, ou encore de confirmer une directive ou de demander un éclaircissement par écrit à l'architecte ou au propriétaire.

Feuille de route de projet : Un document établissant l'échéancier et les tâches d'un projet qui est mentionné dans le cadre de la norme de l'American National Standards Institute (ANSI) visant un processus d'intégration (MTS, 2012).

Frais imprévus : Indemnité prise en compte dans une estimation afin de supporter des frais qui n'y sont pas exactement déterminés lors de son établissement, mais dont l'occurrence a des fondements statistiques (Jelen et Black, 1983).

Honoraires de base : Partie de la rémunération garantie à l'équipe de fournisseurs, peu importe les résultats d'un projet. En vertu d'un contrat de réalisation intégrée, ces honoraires peuvent être fixes ou forfaitaires, ou représenter le prix coûtant majoré d'un montant maximal, et inclure ou non une marge bénéficiaire (Wilson, 2014, p. 69).

Intensité de consommation d'énergie : Mesure de l'énergie que consomme un bâtiment en fonction de sa taille ou d'autres caractéristiques. Elle s'exprime généralement en nombre annuel d'unités d'énergie par pied carré (Energy Star, non daté).

Modèle impulsionnel : Modèle de processus d'intégration mentionné dans la norme ANSI et voulant que la répétition d'un cycle de recherche, d'analyse et de réunion permette progressivement d'approfondir et d'améliorer une solution architecturale.

Modèle mental : Vision en fonction de laquelle une personne agit (7group et Reed, 2009).

Modélisation des données du bâtiment (MDB) : Représentation numérique de caractéristiques physiques et fonctionnelles d'un bâtiment. Constitue une source de données communes au sujet d'un bâtiment, dont la fiabilité permet de prendre des décisions en matière de conception, de construction, d'exploitation ou de démolition (National BIM Standard-United States, 2015).

Partenariat : Processus de gestion officiel dans le cadre duquel toutes les parties à un projet conviennent volontairement, et dès le début, d'adopter une démarche collaborative en équipe appliquée à la mise sur pied d'un projet et à la résolution de problèmes, afin d'éliminer ou tout au moins de réduire les conflits, les litiges et les recours (US General Services Administration, 2015).

Processus de conception intégré : Cadre en fonction duquel les membres d'une équipe de projet de plusieurs disciplines collaborent dès le début et souvent durant tout le processus de conception (Cole et Hatten, non daté).

Processus d'intégration : Cadre en fonction duquel tous les membres d'une équipe de projet participent à un processus intentionnel consistant à cerner des interdépendances et des synergies bénéfiques entre les systèmes et les composants, de manière à unifier les systèmes techniques et le monde vivant, afin d'obtenir un degré élevé de rendement du bâtiment et des humains ainsi que des avantages pour l'environnement (Institute for Market Transformation to Sustainability, 2012). Un processus d'intégration vise à ce que la réflexion qui a trait à tous les systèmes prenne en compte des points de vue fragmentés et principalement techniques (7group et Reed, 2009).

Professionnel accrédité LEED : Qualification qu'un professionnel obtient en le spécialisant dans une ou plusieurs des cinq catégories du système de cotation LEED (US Green Building Council, non daté).

Réalisation d'un projet partiellement intégré : Comparativement à la réalisation complète d'un projet intégré qui a recours à un contrat multipartite, l'approche partielle considère la réalisation d'un projet intégré comme une théorie, et comprend généralement une structure commune comportant un certain degré de risques et d'avantages (Tepfer, 2013).

Réalisation intégrée d'un projet : Selon l'AIA California Council (2014), la réalisation intégrée d'un projet constitue une méthode qui intègre les personnes et les systèmes, ainsi que les structures et les pratiques commerciales dans un processus collaboratif qui prend en compte les talents et les opinions de tous les participants en vue de réduire les déchets et d'optimiser l'efficacité à tous les stades de la conception, de la fabrication et de la construction. La méthode de réalisation d'un projet intégré comprend, au minimum, tous les éléments suivants :

- La participation continuelle du propriétaire et des principaux concepteurs et constructeurs depuis le début de la conception jusqu'au terme du projet.
- L'harmonisation des intérêts commerciaux grâce à une structure commune de risques et d'avantages, y compris le profit qui dépend des résultats du projet.
- La maîtrise conjointe du projet par le propriétaire et les principaux concepteurs et constructeurs.
- Une entente multipartite ou une entente mixte similaire.
- La responsabilité limitée du propriétaire et des principaux concepteurs et constructeurs.

Rédacteur de devis : Personne qui énumère les caractéristiques d'un projet de construction d'un bâtiment afin d'énoncer les exigences qualitatives des matériaux et des produits, et veiller ainsi à ce que tous les intervenants les connaissent (Betts, 2000).

Système de planification sur demande : Méthode de réalisation de travaux qui est appliquée lorsque le client suivant en fait la demande. Une telle demande de la part du client indique à leur exécutant que les travaux sont nécessaires (Lean Construction Institute, 2015).

Références supplémentaires

Les documents et ressources ci-après se sont avérés particulièrement utiles pour rédiger le présent guide. Cette bibliographie ne constitue pas une liste complète de tous les travaux consultés, mais fait état du contenu et de l'éventail des recherches effectuées, et elle est destinée à servir de ressource aux personnes qui désirent en savoir plus à ce sujet.

Ressources recommandées

Ashcraft, Howard. 2013. *Integrated project delivery: The owner's perspective.* Hanson Bridgett LLP. <www.cisc-icca.ca/getmedia/598988de-03df-4a4e-b13a-e074f74d7723/The-Owner_s-Perspective.aspx>

Cet extrait d'un document à venir, intitulé *Integrated Project Delivery: Theory and Practice,* étudie la motivation d'un propriétaire à réaliser un projet intégré et formule des avis afin de gérer les partenaires d'un projet et de répondre au scepticisme des personnes qui sont à l'intérieur et à l'extérieur de l'entité propriétaire. Ce chapitre se fonde sur les entrevues menées auprès de 14 propriétaires qui ont entrepris un tel projet.

Points saillants :

- Fait état des avantages que perçoit un propriétaire.
- Exprime les éléments nécessaires afin d'organiser et de démarrer un projet intégré.

Institute for Market Transformation to Sustainability. 2012. *Integrative Process (IP) ANSI Consensus National Standard Guide 2.0 for Design and Construction of Sustainable Buildings*. Institute for Market Transformation to Sustainability and American National Standards Institute. <http://webstore.ansi.org/RecordDetail.aspx?sku=MTS+2012%3a1>

Dans son ensemble, ce document établit un cadre de conception intégré. Il s'agit d'un guide qui recommande les étapes à franchir de la préconception d'un bâtiment jusqu'à son exploitation et l'obtention d'opinions sur son rendement.

Points saillants :

- Constitue un cadre éprouvé pour gérer l'ensemble des intervenants, des informations et des analyses.
- Répond à la question de savoir qui doit participer et à quel moment.
- Dresse une liste des évaluations des résultats et du rendement à réaliser à chaque étape de la conception et de la construction.

Le « modèle impulsionnel » mis de l'avant dans ce guide est pleinement expliqué dans ce document, tout comme la feuille de route d'un projet. Le public peut consulter gratuitement un aperçu d'un processus d'intégration à l'adresse <www.sevengroup.com/storage/7group%20Integrative%20Design%20Process%20Outline.pdf>

Lean Construction Institute. 2015. *Glossary*. Consulté le 14 février 2015. <www.leanconstruction.org/training/glossary/>

Points saillants :

- Constitue un glossaire des principaux termes.
- Offre des programmes de formation et d'éducation sur demande.

US Green Building Council. 2015. *LEED integrative process credit*. Consulté le 11 mars 2015. <www.usgbc.org/node/2613097>

Points saillants :

- Permet à une équipe de tirer parti de l'interdépendance des systèmes.
- Force une équipe à se mettre au plus vite au travail en réalisant des analyses de modélisation énergétique et du bilan hydrique avant d'entreprendre l'avant-projet de conception.

Wilson, Oscia. 2014. *The owners' guide to starting integrated building projects*. CreateSpace Independent Publishing Platform. 134 p. <http://boiledarchitecture.com/how-ipd-compensation>works/>

Ce guide présente de façon exceptionnelle, succincte et compréhensible par tout public les éléments de réalisation intégrée d'un projet, mais il offre aussi des indications aux propriétaires, dont des points de discussion à utiliser en vue de l'adoption de cette réalisation à l'intérieur de leur entité, des conseils particuliers afin de lancer un appel d'offres et des suggestions pour trouver des sources de financement. Ce livre a grandement influé sur la position formulée dans le présent guide, à savoir que les contrats de réalisation intégrée sont toujours nécessaires ou avantageux dans le cadre d'un projet intégré.

Points saillants :

- Dresse une liste de points de discussion afin d'obtenir une adoption à l'intérieur de l'entité propriétaire.
- Formule des conseils sur ce qu'il faut faire lorsqu'il n'est pas possible d'entreprendre la réalisation intégrée d'un projet.
- Oriente les propriétaires sur la manière de lancer un appel d'offres, de trouver des sources de financement et de déterminer la chaîne de commandement.

Tepfer, Sara. 2013. *Realizing next-generation green; Project delivery and cost management strategies for high-performance buildings*. American Institute of Architects. <www.aia.org/aiaucmp/groups/aia/documents/pdf/aiab100073.pdf>

Cette série de quatre études de cas permet de connaître les stratégies d'intégration qui sont les plus efficaces pour les projets de bâtiment à haut rendement, c'est-à-dire la prise de décisions concertées, l'implication précoce des principaux participants et la prise de décisions fondée sur des paramètres. Ce document analyse également les raisons pour lesquelles les projets ne visent pas la réalisation intégrée dans sa forme la plus authentique, au lieu de renoncer plus communément à l'octroi de contrats multipartites. L'une des suggestions consiste au fait que les avantages réels s'obtiennent grâce à la réalisation intégrée à titre de source théorique de motivation, ce qui pousse les équipes à procéder de bon cœur à de petites modifications au lieu de miser sur d'importants changements de paradigme, et ce, même si ces changements seraient beaucoup plus profitables.

Points saillants :

- Mentionne que la réalisation intégrée de projet est rare et qu'il est encore plus rare qu'il s'agisse d'une réalisation réellement intégrée.
- Indique que même la réalisation partiellement intégrée a donné lieu à des projets fructueux et rentables.
- Précise que la réalisation intégrée peut être souple et facile à appliquer.

Ressources supplémentaires

7group et Bill Reed. 2009. *The integrative design guide to green building: Redefining the practice of sustainability*. Hoboken, New Jersey, Wiley.

Constituant une ressource précieuse en matière de conception et de réalisation intégrées, cet ouvrage expose les principes qui sous-tendent la conception intégrative et fait état d'anecdotes provenant directement des spécialistes du 7Group et de Bill Reed. Une grande partie du processus d'intégration visé par la norme ANSI est tirée de ce document, et les lecteurs y trouvent aussi des tâches détaillées et des descriptions d'exercices en groupe dont ils peuvent se servir dans le cadre de leur projet. Le présent guide cite certains de ces exemples.

AEC Magazine. 2013. *BIM for manufacturers*. Juillet 2013. Consulté le 20 mai 2015. <www.aecmag.com/comment-mainmenu-36/567-BIM-for-manufacturers->

Cet article soutient que les fabricants devraient fournir de la documentation sur la modélisation des données du bâtiment relativement à leurs produits de manière que ceux-ci puissent subir des tests virtuels au cours de la conception. L'article fait également état des fournisseurs d'éléments de modélisation de ces données, car ces éléments seraient très utiles aux fabricants.

AIA Minnesota. 2012. *IPD case studies*. School of Architecture, University of Minnesota. American Institute of Architects. Mars 2012. <www.aia.org/aiaucmp/groups/aia/documents/pdf/aiab093703.pdf>

Ce rapport fait état de 12 études de cas relatives à des projets assujettis à un certain degré de réalisation intégrée, et il donne des exemples de l'expérience qu'un éventail d'équipes a acquise. Une enquête menée auprès de 127 participants à ces projets a permis de tirer plusieurs conclusions, notamment que les équipes ayant une plus grande expérience ou qui ont bénéficié de relations professionnelles antérieures comprenaient mieux les principes de la réalisation intégrée et, conséquemment, leur courbe d'apprentissage a été moins exigeante. De nombreux répondants ont fait état des avantages que procure une approche intégrée en matière de coût et de temps de réalisation. Ce rapport présente une matrice de projet assez unique dans laquelle la taille et le coût de base de chaque projet ont un rapport avec les stratégies de réalisation intégrée qui ont été choisies et appliquées. Il s'agit d'une ressource particulièrement utile aux personnes cherchant des exemples tangibles de la manière dont ces diverses stratégies ont influé sur les résultats. Elle privilégie également au plus haut point l'octroi de contrats multipartites.

AIA California Council. 2014. *Integrated project delivery: An updated working definition*. 3e version. American Institute of Architects. Consulté le 20 mai 2015. <www.aiacc.org/new-ipd-pdf-form/>

Le plus récent point de vue de l'AIA quant à la définition de la réalisation intégrée d'un projet a « tracé une ligne dans le sable » lorsqu'il a déclaré officiellement que les ententes multipartites ou mixtes sont nécessaires pour qu'un projet puisse être considéré comme intégré. Cette ressource contient également des tableaux qui démontrent les avantages de la réalisation intégrée comparativement à d'autres modèles de réalisation.

Ce document se fonde sur l'hypothèse que la négociation d'un contrat de réalisation intégrée n'a rien de distinct de la collaboration, car il s'agit des premiers moyens de tester de quelle manière une équipe travaille collectivement et quelle importance peut avoir dans la pratique la négociation du contrat. Téléchargement direct à l'adresse <https://www.boiledarchitecture.com/wp-content/uploads/2014/10/2014-07-15)IPD_DEFINITION.pdf>.

AIA. 2012. *An architect's guide to integrating energy modeling in the design process*. American Institute of Architects Energy Modeling Working Group. Consulté le 20 mai 2015. <www.aia.org/practicing/AIAB097932>

AIA National, AIA California Council. 2007. *Integrated project delivery: A guide*. 1re version. American Institute of Architects. <www.aia.org/groups/aia/documents/pdf/aiab083423.pdf>

Ce guide de l'AIA énonce les principes de la réalisation intégrée d'un projet et donne des conseils pour mettre sur pied un tel projet. Bien qu'il s'agisse éventuellement d'une ressource intégrale pour les architectes, compte tenu de l'attention qu'elle porte à chaque stade de la conception, le point de vue qu'elle expose au sujet des ententes contractuelles qui cadrent avec la réalisation intégrée est désormais dépassé en raison de la définition pratique de cette réalisation que l'AIA a récemment adoptée.

Ashcraft, Howard. 2011. *IPD teams: Creation, organization, and management*. Hanson Bridgett LLP. <http://www.hansonbridgett.com/Publications/pdf/~/media/Files/Publications/IPD-Teams.pdf>

Ce document va au fond des choses quant aux raisons justifiant de rechercher la collaboration en tout premier lieu, au lieu de laisser à une seule et même personne le soin de trouver des solutions plus adéquates et plus créatives. Il n'y a que des équipes efficaces pour offrir un plus grand potentiel, ce qui fait préconiser à Ashcraft de quelle manière il faut constituer, gérer et motiver adéquatement une équipe. Cette ressource peut être particulièrement utile à un propriétaire ou à un animateur chargé de favoriser une culture de collaboration, mais cela est également important pour n'importe quel participant à un projet intégré.

Ashcraft, Howard. 2010. *Negotiating an integrated project delivery agreement*. Hanson Bridgett LLP. <www.hansonbridgett.com/~/media/files/publications/negotiatingintegratedprojectdeliveryagreement.pdf>

Ashcraft, Howard. 2008. *Building information modeling: A framework for collaboration*. Présenté à la conférence de la Society of Construction Law International, Londres, Royaume-Uni, les 6 et 7 octobre 2008. <www.zeidlerpartnership.com/ianfairlie/2011-05-15_Collaboration/BIM_A_Framework_for_Collaboration_by_Howard_Ashcraft.pdf>

Dans ce document, Ashcraft examine de quelle manière la structure commerciale et juridique de la réalisation intégrée d'un projet aide les équipes de conception et de construction à se servir de la MDB en l'exploitant de façon optimale, notamment en éliminant les questions de responsabilité qui accompagnent habituellement l'échange de données aussi détaillées.

Ashcraft, Howard, non daté. *The IPD framework*. Hanson Bridgett LLP. <www.hansonbridgett.com/Publications/pdf/~/media/Files/Publications/IPD_Framework.pdf>

Toute personne qui veut connaître la manière dont la réalisation intégrée est structurée doit lire ce document pour savoir comment obtenir les meilleurs résultats dans le cadre d'un projet. Il explique en quoi diffère un contrat multipartite d'un contrat pluripartite, et son annexe expose pourquoi les contrats classiques entravent la collaboration.

AGC of America, non daté. *Contractors' guide to BIM*. 1re édition. The Associated General Contractors of America. <http://www.tpm.com/wp-content/uploads/2013/02/AGC_Guide_to_BIM.pdf>

Ce guide constitue une introduction à la MDB à l'intention des entrepreneurs généraux, notamment la manière de choisir un outil de modélisation et de procéder à la création d'un modèle, et quelles sont les responsabilités qui en découlent.

ASQ. 2014. *Quality assurance vs. quality control*. American Society for Quality. Consulté le 20 mai 2015. <http://asq.org/learn-about-quality/quality-assurance-quality-control/overview/overview.html>

BC Green Building Roundtable. 2007. *Roadmap for the integrated design process*. Busby Perkins et Will and Stantec Consulting. <www.greenspacencr.org/events/IDProadmap.pdf>

Ce document est l'un des premiers à avoir été publié au sujet de la conception intégrée, et il fait état de son application en Colombie-Britannique et dans le reste du Canada, et comporte deux sections, à savoir une pour les personnes novices et une autre pour les personnes expérimentées. Il souligne que la conception intégrée représente une façon de voir les choses, mais ne mentionne pas quel genre de portée doit avoir un modèle ou un contrat commercial. Le processus qu'il préconise ressemble plus étroitement à la norme ANSI ayant trait au processus d'intégration dont il est question dans le présent guide, et montre une forte corrélation entre l'opinion qui a cours aux États-Unis et au Canada à ce sujet.

Betts, Gary. 2000. *Construction Documentation Specifications*. The Architect's Handbook of Professional Practice. 13e édition. John Wiley & Sons.

BIM Forum. 2015. *Introduction to levels of development specification*. Consulté le 7 janvier 2015. <https://BIMforum.org/lod/>

Cette ressource aide les intéressés à discerner et à faire clairement état du contenu et de la fiabilité des modèles découlant de la MDB aux divers stades de la conception et de la construction d'un bâtiment. Cela peut s'avérer particulièrement important pour une équipe intégrée afin d'échanger ces modèles, et de savoir à quel point certains détails n'ont pas encore un caractère définitif.

Boecker, John. 2014. *Integrative process and IPD web meeting*. BuildingGreen Inc. et Commission de coopération environnementale. Consulté le 20 mai 2015. <www.youtube.com/watch?v=mDEXxo929ds&feature=youtu.be>

CCE. 2013. *Amélioration des conditions favorisant la construction de bâtiments écologiques en Amérique du Nord : Renforcement des capacités en faveur des emplois verts. Montréal. Commission de coopération environnementale*. 46 p. <http://www3.cec.org/islandora/fr/item/11385-improving-conditions-green-building-construction-in-north-america-financing-models-and-fr.pdf>

Publié avant le présent guide, ce rapport du Groupe de travail de la CCE sur le bâtiment écologique examine les possibilités d'enseignement et de formation dans ce domaine en Amérique du Nord. Il exprime la nécessité d'enseigner davantage le bien-fondé des modèles de réalisation intégrée.

CIFE. 2007. *VDC USE in 2007: Significant value, dramatic growth, and apparent business opportunity*. Center for Integrated Facility Engineering. Rapport technique nº TR171.

Cole, Jeff et Michael Hatten, non daté. *Integrating energy engineering and performance modeling into the design process*. BetterBricks. <www.betterbricks.com/graphics/assets/documents/Performance_Modeling_FINAL-WEB.pdf>

Consigli Construction. 2014. *Optimizing collaboration: The power of co-located teams*. Consulté le 20 mai 2015. <www.consigli.com/2014/10/14/customizing-collaboration-the-power-of-co-located-teams/>

Ces études de cas provenant de l'entreprise de construction Consigli privilégient l'occupation en commun de locaux et donnent des conseils quant à la meilleure manière de favoriser la collaboration au sein d'une équipe qui travaille au même endroit.

The Construction Management Association of America. 2012. *An owner's guide to project delivery methods*. <https://cmaanet.org/files/Owners Guide to Project Delivery Methods Final.pdf>

Ce guide compare les avantages de la réalisation intégrée d'un projet pour un propriétaire avec ceux de la conception-construction, de la gestion de travaux de construction à risque, et de la conception-appel d'offres-construction. Il mentionne que la construction intégrée offre tous les avantages de la conception-construction et de la gestion de travaux de construction à risque, tout en apaisant les tensions que suscitent l'achèvement de la conception, l'établissement du coût visé et le fait de tenir l'entrepreneur responsable des problèmes qui surviennent durant la construction lorsqu'il a participé à la conception.

The Construction Users Roundtable. 2010. *BIM implementation: An owner's guide to getting started*. <www.aia.org/aiaucmp/groups/aia/documents/pdf/aiab085571.pdf>

Cette ressource, qu'à cautionnée l'American Institute of Architects, constitue un guide pratique qui aide les propriétaires à procéder à la MDB. Il comporte trois sections, à savoir la planification préliminaire d'un projet, la conception et la construction, et l'exploitation et l'entretien, de manière à ce qu'un propriétaire puisse recourir à la MDB à n'importe quel stade d'un projet.

Costanzo, Peter. 2014. *Sustainable facilities management: Bridging the Gap from BIM to building operations*. The BIM Hub, le 9 décembre 2014. Consulté le 20 mai 2015. <https://theBIMhub.com/2014/12/13/sustainable-facilities-management-bridging-the-gap/#.VVzGgU3JD2Q>

Ce document en ligne expose les difficultés d'application des données d'un bâtiment issues de la MDB au cours de la phase d'exploitation, et recommande le type de décisions à prendre au début de la conception afin de faciliter la transition.

Day CPM Services. 2013. *Oregon State Capitol renovation project*. Le 3 juin 2013. <www.oregonlegislature.gov/mp/Documents/IPDPresentation.pdf>

Cet exposé donne un aperçu précis de la façon dont la conception et la réalisation intégrées ont été appliquées dans le cadre du projet de rénovation du Capitol de l'État de l'Oregon en recourant aux services d'un directeur de la construction et d'un entrepreneur général. Cette ressource montre comment les sous-équipes, ou groupes sectoriels, sont constitués et travaillent de concert entre les réunions qui rassemblent toute l'équipe.

Egan, John. 1998. *Rethinking construction: Report of the construction task force to the Deputy Prime Minister John Prescott, on the scope for improving the quality and efficiency of UK construction.* Department of Trade and Ministry, Royaume-Uni. <http://constructingexcellence.org.uk/wp-content/uploads/2014/10/rethinking_construction_report.pdf>

FMI Corporation. 2007. *Eighth annual FMI/CMAA survey of owners: The perfect storm—construction style.* <www.cmaafoundation.org/files/surveys/2007-survey.pdf>

FMI Corporation. 2005. *Sixth annual FMI/CMAA survey of owners.* <www.cmaafoundation.org/files/surveys/2005-survey.pdf>

Gallaher, Michael et coll. 2004. *Cost analysis of inadequate interoperability in the U.S. capital facilities industry.* Août 2004. National Institute of Standards and Technology. <http://fire.nist.gov/bfrlpubs/build04/PDF/b04022.pdf>

Gehrig, David. 2010. *IPD Video series- Part 6.* Hanson Bridgett LLP. Juillet 2010. Consulté le 20 mai 2015. <www.hansonbridgett.com/Publications/videos/ipd-video-part6.aspx>

IISBE. 2004. *The Integrated design process*. International Initiative for a Sustainable Built Environment. <http://iisbe.org/down/gbc2005/Other_presentations/IDP_overview.pdf>

Ce document expose en quoi consiste la conception intégrée dans le cadre du programme canadien C2000, et explique comment cette approche est encore plus valable en recourant à des modèles et à des contrats commerciaux.

Jelen, F. et J. H. Black. 1983. *Cost and optimization engineering.* 3e édition. McGraw-Hill Book Company, p. 456-457.

Kristine Fallon Associates, Inc. 2012. *BIM for owners - Background and strategies for success.* Movement for Innovation Industry Reports and Economist Magazine. <www.tn.gov/finance/OSA/documents/KFAtoIndustry9.27.12.pdf>

Lesniewski, Laura et Bob Berkebile. 2013. « Sustainable design and construction, integrated delivery processes and building information modeling ». *Sustainable Built Environments*, p. 634-652.

Ce document trace un bref historique qui explique la fragmentation du secteur de la construction dans le contexte de la réalisation intégrée, et mentionne que le principe du non-gaspillage et la MDB ouvrent la voie à des projets vraiment intégrés.

Maginnis Law. 2011. *Oral and written change orders in construction contracts.* 8 avril 2011. Consulté le 20 mai 2015. <www.maginnislaw.com/2011/04/oral-and-written-change-orders-in-construction-contracts/>

Malin, Nadav. 2007. *Building information modeling: Transforming an industry*. BuildingGreen, Inc. Consulté le 20 mai 2015. <https://www2.buildinggreen.com/article/building-information-modeling-and-green-design>

Cette section d'un article sur la MDB explique à quels égards celle-ci est à la fois un déclencheur et un catalyseur pour les projets intégrés.

McCracken, Courtney J. 2013. *The effect of project delivery process on energy performance in buildings.* Mémoire de maîtrise, Center for Environmental Studies, Brown University.

Ce mémoire de maîtrise fournit un examen documentaire adéquat des avantages théoriques de la réalisation intégrée. Bien que l'enquête à laquelle il a donné lieu dans trois districts scolaires ne fasse pas état d'une corrélation statistique entre la réalisation d'un projet et la consommation d'énergie, l'auteur soutient que les adoptants plus précoces et les « propriétaires visionnaires » doivent probablement prouver l'adéquation du concept.

Molenaar, Keith et Nathaniel Sobin. 2009. *Sustainable, high performance projects and project delivery methods: A state-of-practice report*. La Charles Pankow Foundation et le Design-Build Institute of America. <http://www.dbia.org/resource-center/Documents/Sep2009ReportPankowDBIA.pdf>

Cette étude traite de l'incidence que les méthodes de réalisation d'un projet peuvent avoir sur la capacité d'un propriétaire à atteindre des objectifs de viabilité. Même si elle n'analyse pas particulièrement la réalisation intégrée de projet, ses conclusions font valoir que le taux de réussite favorise les méthodes de réalisation qui ne tiennent pas compte du coût avant de les choisir. Ses conclusions font aussi valoir que les projets qui obtiennent la certification LEED Or ou Platine ont deux fois plus de possibilités de confier la charge d'atteindre des objectifs de viabilité au cours de la passation d'un contrat que durant la phase de conception, à savoir deux éléments importants dans le cadre de la conception et de la réalisation intégrées de projet.

National Association of State Facilities Administrators et coll. 2010. *Integrated project delivery for public and private owners*. <www.aia.org/aiaucmp/groups/aia/documents/pdf/aiab085586.pdf>

Compte tenu des restrictions prévues par la loi relativement aux contrats multipartites, cette ressource mentionne pour quelle raison les entités publiques pourraient vouloir viser la réalisation intégrée pleine et entière d'un projet, même s'ils doivent obtenir une dispense ou une variante en alléguant qu'il s'agit d'un projet pilote. Ce document examine également d'autres solutions que ces entités publiques peuvent trouver si elles ne peuvent surmonter des obstacles politiques ou culturels.

National BIM Standard US. 2015. *Frequently asked questions about the national BIM Standard-United States™*. 13 février 2015. Consulté le 20 mai 2015. <www.nationalBIMstandard.org/faq.php>

Pennsylvania State University. 2012. *BIM planning guide for facility owners*. Version 1.0. Computer Integrated Construction Research Program. Pennsylvania State University, University Park, PA, avril 2012. <www4.fm.virginia.edu/fpc/ContractAdmin/Documents/BIMPlanningGuide.pdf>

Ce guide est destiné aux propriétaires afin qu'ils recourent plus efficacement à la MDB en ce qui a trait à l'organisation et à la durée utile d'un bâtiment.

Quigley, David. 2013. *Achieving spatial coordination through BIM: A Guide for Specialty Contractors.* The Mechanical Contractors Association of America, Inc., The Mechanical Contracting Education and Research Foundation, The National Electrical Contractors Association Inc., la New Horizons Foundation et la Sheet Metal and Air Conditioning Contractors' National Association. <www.mcaa.org/mepguide/M29PDF.pdf>

Ce guide traite de la manière dont la MDB s'applique aux entrepreneurs en mécanique, en électricité et en plomberie, et préconise leur intégration dans l'équipe de conception, car leur contribution y est nécessaire.

Roberts, Tristan. 2013. *Energy modeling: Early and often*. BuildingGreen Inc. <www2.buildinggreen.com/article/energy-modeling-early-and-often>

Sheffer, Dana Alice. 2011. *Innovation in modular industries: Implementing energy-efficient innovations in US buildings*. PhD diss., Stanford University. <https://gpc.stanford.edu/sites/default/files/d013_0.pdf>

Sive, Ted. 2009. *Integrated project delivery: Reality and promise. A Strategist's Guide to Understanding and Marketing IPD.* Society for Marketing Professional Services Foundation, juillet 2009. <www.tedsive.com/docs/Sive_White_Paper_IPD.pdf>

Plaidant pour une plus vaste adoption de la réalisation intégrée sur le marché, ce guide aide les entreprises à attirer des propriétaires qui portent de l'intérêt aux projets visant une telle réalisation, à célébrer leur réussite et en rendre compte, et à faire part de façon fiable des capacités de leur équipe. Il s'agit d'une très bonne ressource pour toute entreprise désireuse de réaliser un projet dont la conception et la réalisation sont intégrées, mais qui manque de propriétaires partageant les mêmes visées. L'auteur soutient que même si la demande n'est pas évidente, les entreprises peuvent renforcer leurs capacités et vendre ce concept.

Smart Market Report. 2012. *The business value of BIM in North America*. <http://images.autodesk.com/adsk/files/mhc_business_value_of_BIM_in_north_america_2007-2012_smr.pdf>

Cette enquête rend compte de l'adoption de la MDB par les intervenants du secteur de la construction, et indique que les architectes, les ingénieurs, les entrepreneurs et les propriétaires en font un usage très différent.

Teicholz, Paul. 2013. « Labor Productivity Declines in the Construction Industry: Causes and Remedies (Another look) ». *AECBytes Viewpoint*, nº 67, 14 April 2004. <http://www.aecbytes.com/viewpoint/2013/issue_67.html>

Cette analyse de la productivité dans le domaine de la construction montre qu'elle est en déclin depuis vingt ans malgré l'amélioration des outils et des techniques. En revanche, la productivité dans le domaine industriel a augmenté de façon notable.

USDOE. 2012. *How-to guide for energy-performance-based procurement; an integrated approach for whole building high performance specifications in commercial buildings*. Department of Energy, National Renewable Energy Laboratory. <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/rsf/performance_based_how_to_guide.pdf>

Ce rapport rend compte des enseignements tirés de l'agrandissement récent du campus du National Renewable Energy Laboratory, lequel a notamment donné lieu à la constitution d'une équipe de projet intégrée.

US General Services Administration. 2015. *Partnering*. Consulté le 20 mai 2015. <www.gsa.gov/portal/content/100822>

Wilson, Oscia. 2014a. *IPD for small projects*. <http://boiledarchitecture.com/ipd-for-small-projects/>

Ce message de blogue explique l'utilité des contrats de réalisation intégrée pour les petits projets, et quels avantages ils offrent lorsque ces projets sont dotés d'un budget limité. Bien que les exemples de réussite soient encore rares, l'auteur soutient qu'il est essentiel que les petits projets appliquent ce type de contrat.

Yost, Peter et Jennifer Atlee. 2012. *Tremco: Getting the devil out of air and water details*. BuildingGreen. Consulté le 20 mai 2015. <www2.buildinggreen.com/article/tremco-getting-devil-out-air-and-water-details>

Cet article montre à quel point les produits complexes réclament un certain degré d'intégration avec les systèmes afin de fonctionner adéquatement, et dans quelle mesure les fabricants qui s'en sont rendu compte en bénéficient en offrant des solutions attirantes aux équipes qui travaillent sur des projets de bâtiment à haut rendement.

Yost, Peter. 2010. *High performance scopes of work*. Green Building Advisor. <www.greenbuildingadvisor.com/blogs/dept/green-communities/high-performance-scopes-work>

Cet article traite de l'origine et de l'établissement de listes de vérification de travaux à haut rendement, car il s'agit de moyens pratiques de coordonner les activités des corps de métiers au cours de la construction.

Zach, James. 2013. *Professional development: Avoid construction rework*. Consulté le 20 mai 2015. <http://epubs.democratprinting.com/article/Professional+Development%3A+Avoid+Construction+Rework/1300169/0/article.html>

Collaborateurs

Personnes interviewées

Andrew Dey, Andrew Dey Consulting; Barry Giles, BuildingWise; César Ulises Treviño, Bioconstrucción y Energía Alternativa, S.A. de C.V.; Charles Clark, Youth Build; Chrissa Pagitsas, Fannie Mae Multifamily; Courtney McCracken, Brown University; Dave Kievet, Boldt Company; Debra Little, Debra Little Sustainable Design; Fernando Maiz, Maiz Transforma S.A. de C.V.; Fred Tepfer, aménagement du campus de l'University of Oregon; Herbert Sloan, Owens Corning; Jennifer Cutbill, Dialog Architecture; Jenny Carney, YR&G; Jim Benya, Benya Burnett Consultancy; John Dalzell, ville de Boston; John Sullivan, UA Plumbers Local Union 1; Kenneth Beck, Lake Erie Electric; Kurt Teichert, Brown University; Laura Lesniewski, BNIM; Maria del Carmen Elosua, ville de San Pedro; Mark Palmer, ville et comté de San Francisco; Marsha Gentile, Ledcor Group; Michael Deane, Turner Construction; Patrick Brunner, US General Services Administration; Peter Hamm, DIRTT Environmental Solutions; Peter Rumsey, Point Energy Innovations; Phil Bernstein, Autodesk; Robb Tibbling, Assa Abloy; Robert Sahadi, Institute for Market Transformation; Shanti Pless, National Renewable Energy Laboratory; Steve Lehtonen, IAPMO Group.

Examinateurs

Afroz Zain, Stanford University; Alejandra Cabrera, Sustentabilidad para México A.C.– SUMe; Barbra Batshalom, Sustainable Performance Institute; César Ulises Treviño, Bioconstrucción y Energía Alternativa, S.A. de C.V.; Ellen Mitchell, HKS Architects; Fred Tepfer, University of Oregon; Glenn Ballard, University of California, Berkeley; Helen Kessler, HJKessler Associates; Jennifer Cutbill, DIALOG; Jennifer Taylor, HOK; Jenny Carney, YR&G; Kurt Gavalier, Turner Construction; Laura Lesniewski, BNIM; Markku Allison, Scan Consulting; Michael Walton, green|spaces; Patrick Brunner, US General Services Administration; Phil Bernstein, Autodesk et Yale University; Ryan Colker, National Institute of Building Sciences; Sara Tepfer, University of California, Berkeley; Shanti Pless, National Renewable Energy Laboratory.

Commission de coopération environnementale
393, rue St-Jacques Ouest, bureau 200
Montréal (Québec) Canada H2Y 1N9
t 514.350.4300 f 514.350.4314
info@cec.org / www.cec.org