



L'efficacité
énergétique
des bâtiments
& Réduction
des impacts sur
l'environnement

Processus de conception intégrée (PCI)

Version 2 en date du 23 juin 2015

GRIDD

GRUPPE DE RECHERCHE
EN INTÉGRATION ET DÉVELOPPEMENT DURABLE
EN ENVIRONNEMENT BÂTI

CHAIRE INDUSTRIELLE
POMERLEAU

CERACQ

Centre d'études et de recherches
pour l'avancement de la construction au Québec

REMERCIEMENTS



CERACQ

Centre d'études et de recherches
pour l'avancement de la construction au Québec

École de technologie supérieure
Département de la construction
1100, rue Notre-Dame Ouest | Montréal (Qc) H3C 1K3
Téléphone : (514) 608-1833 | Courriel : info@ceracq.ca

GRIDD

Groupe de recherche en intégration
et développement durable en milieu bâti

CHAIRE INDUSTRIELLE POMERLEAU

Daniel Forgues | Professeur, Ph.D

Jean-Philippe Dionne | ing.jr, Étudiant à la maîtrise

Département de génie de la construction
École de technologie supérieure | 1100, rue Notre-Dame Ouest | Montréal (Qc) H3C 1K3
Tél.: 514 396-8800, poste 8668 | Télécopieur : 514 396-8584 | Bureau A-1586 | www.etsmtl.ca

L'ÉTS est une constituante du réseau de l'Université du Québec

www.etsmtl.ca/Unites-de-recherche/gridd

Info-gridd@etsmtl.ca

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX	iv
LISTE DES FIGURES	v
GRIDD & CERACQ	1
SECTION 1 : Contexte de l'industrie de la construction	2
Approche traditionnelle et intégrée	2
Contexte de la pratique actuelle.....	2
Pratique traditionnelle type (4) :	2
Relation contractuelle.....	3
Obstacles du processus traditionnel	3
Définition de la conception intégrée.....	4
Historique du processus de conception intégrée.....	5
Processus itératif.....	7
Approche intégrée versus traditionnelle	7
Conception Intégrée : coopérative, collaborative et participative	8
Cycle de vie du bâtiment	9
SECTION 2 : Processus de conception intégrée (PCI)	10
Les principes et les bénéfices du PCI	10
Le levier du cycle de vie.....	10
Boucles de rétroaction.....	11
Évaluation (EPO)	11
Pratique de mesure et vérification (M&V)	12
Méthodes d'évaluation de bâtiment durable (MEBD).....	13
MEBD & Certification	13
La gestion du PCI : Planification et organisation	14
Charrette de conception	14
L'organisation de charrette.....	14
Cibles de performance	14
.....	15
1) Éléments de planification et d'organisation de charrette :.....	15
2) Éléments inclus dans la logistique :	15
3) Exemple de séquence des charrettes :	15
Formation de l'équipe	17
Rôles et responsabilités	18
Client :.....	18
Gestionnaire de projet et de charrette :	18
Professionnel accrédité (PA) LEED :	18
Facilitateur :	19
Champion (Optionnel) :	19
Professionnels :	19
Consultants-spécialistes (Experts) :	20
Constructeur et opérateur :	20
Résumé - Rôles et responsabilités :	21
Le PCI et les Outils	22
Outils de gestion et processus.....	22
SECTION 3 : Outils et technologies de soutien	23
Collaboration-Modélisation-Simulation	23
Outils collaboratifs	23
Technologies de l'information et de communication (TIC)	24
Logiciels de modélisation et de simulation.....	24
Contributions des outils à l'atteinte des objectifs de performance :	25
Critères de sélection des outils :	25
Exemples d'usage du BIM :	25
Conditions fondamentales pour réussir un processus de conception intégrée (PCI)	26
La compétence et la motivation	26
Confiance et respect.....	26
Conflits d'objectifs	26

TABLE DES MATIÈRES



Le partage des informations	26
Maturité et approches	27
Niveaux de maturité 1 à 5	27
Approches du PCI au Québec	30
Approche 1 (maturité 1)	31
Approche 2 (maturité 2)	31
Approche 3 (maturité 3)	31
Approche du PCI de Nils Larsson (maturité 4)	35
Approche du PCI inspirée de Busby et Reed (maturité 5)	39
SECTION 5 : Matériel complémentaire :	44
Conception intégrée - Charrette & Processus	44
Phase exploratoire- Préparation et évaluation des alternatives	45
Phase de conception - Optimisations des alternatives	45
Mode d’approvisionnement en conception intégrée	45
Les 7 Jalon proposés - Charrette & Processus	47
Phase exploratoire- Préparation et évaluation des alternatives	47
Jalon 1 - Recherche et analyse préparatoire :	47
Jalon 2 - Charrette préparatoire et d’évaluation	47
Jalon 3 - Charrette 1 (<i>Visioning</i>) : Établir et aligner les cibles et objectifs de performance	50
Jalon 4 - Charrette 2 : Développement des options	51
Phase de conception - Optimisations des alternatives	52
Jalon 5 - Charrette 3 : Développement des concepts schématiques	52
Jalon 6 - Charrette 4 : Développement de la conception et de la documentation	53
Jalon 7 - Charrette 5 : Rétroaction et leçons apprises	56
CONCLUSION/RÉSUMÉ : FACTEURS CRITIQUES ET DE SUCCÈS	57
Bibliographie	58

LISTE DES TABLEAUX



Tableau 1 : Caractéristique du PCI et du processus traditionnel inspiré de Busby (3).....	7
Tableau 2 : Distinction entre les différentes situations de conception inspiré de Ben Rajeb (19)	8
Tableau 3 : Exemple de feuille de route de charrette (28)	16
Tableau 4 : Fonctionnalités et logiciels (33)	24
Tableau 5 : Les 5 niveaux référentiel interne de maturité en PCI inspiré du modèle de Louis-René Champoux	28
Tableau 6 : Cadres d’approvisionnement (39)	46
Tableau 7 : Facteurs critiques et de succès, principes et stratégies	57

LISTE DES FIGURES



Figure 1 : Processus itératif inspiré de Task 23 (16)	4
Figure 2 : Répartition des coûts de construction (21)	9
Figure 3 : Impacts (effort/effet) des décisions prises en fonction du cycle de vie (25)	10
Figure 4 : Boucles de rétroactions conventionnelles et globales (4)	11
Figure 5 : Exemple: Exercice "Touchstones" (4)	15
Figure 6 : Formation et interaction d'une équipe intégrée à travers un PCI (16)	17
Figure 7 : Partage de contenu d'un tableau interactif	23
Figure 8 : Maturité en fonction du temps et du niveau de processus	27
Figure 9 : Description sommaire de la maturité en fonction du temps et du niveau de processus	29
Figure 10 : Diagramme du PCI au Québec inspiré des recherches de l'auteur	30
Figure 11 : Approche 1 du PCI au Québec inspiré des recherches de l'auteur	32
Figure 12 : Approche 2 du PCI au Québec inspiré des recherches de l'auteur	33
Figure 13 : Approche 3 du PCI au Québec inspiré des recherches de l'auteur	34
Figure 14 : Diagramme du PCI inspiré par Larsson (38)	35
Figure 15 : Approche du PCI inspirée par Larsson 1/3	36
Figure 16 : Approche du PCI inspirée par Larsson 2/3	37
Figure 17 : Approche du PCI inspirée par Larsson 3/3	38
Figure 18 : Modèle d'apprentissage divergent-convergent (3)	39
Figure 19 : Extrait d'un plan de travail du projet : Villages of Loreto Bay (Time Line and Scope Matrix)	40
Figure 20 : Diagramme du PCI inspiré par Busby et Reed (3, 4)	40
Figure 21 : Approche du PCI inspiré par Busby et Reed 1/3 (3, 4)	41
Figure 22 : Approche du PCI inspiré par Busby et Reed 2/3 (3, 4)	42
Figure 23 : Approche du PCI inspiré par Busby et Reed 3/3 (3, 4)	43
Figure 24 : Arrangements contractuels-Imprévisibilité	46
Figure 25 : Modèle de la conception inspirée de Darses 97 (32)	52
Figure 26 : Processus au début de la conception de l'analyse énergétique (46)	55



MONSIEUR
YVES FORTÉ, ING.

Le Centre d'études et de recherche pour l'avancement de la construction au Québec (CERACQ) s'est donné comme mission de faire avancer les façons de faire dans l'industrie de la construction et du bâtiment par la recherche de bonnes pratiques ici ou à l'étranger.

Ce *Guide de conception intégrée* est un exemple typique du type de projets que le CERACQ accepte de financer en vue de diffuser ensuite l'information recueillie au plus grand nombre. L'information contenue dans ce guide a été recueillie pour aider notre industrie et tous ses intervenants en leur permettant de se comparer ou d'avancer dans leur démarche. Le CERACQ ne s'implique que dans des dossiers qui peuvent ainsi aider notre industrie à progresser dans un environnement québécois, canadien mais aussi mondial de plus en plus compétitif.

Le CERACQ est un organisme à but non lucratif, administré par un conseil d'administration composé de membres individuels représentatifs de l'ensemble de l'industrie du bâtiment. Fondé en 1987, il gère un fonds de près de 1 million de dollars, constitué à la création de l'organisation par une vaste campagne de financement menée auprès de divers partenaires de l'industrie de la construction et du bâtiment. Une saine gestion de cet actif, et des placements diversifiés, garantissent la préservation du capital. Seule une partie des intérêts générés chaque année est réinvestie

dans des projets soumis à l'analyse de l'ensemble du conseil d'administration, votés et jugés aptes à faire avancer notre industrie. Un droit de diffusion des résultats des études et projets menés est toujours exigé.

Le CERACQ n'aurait pu réussir tout le chemin parcouru sans la complicité et le savoir-faire de plusieurs partenaires qui nous ont accompagnés dans notre démarche.

Dans le présent dossier, et dans plusieurs autres réalisés au cours des dix dernières années, le professeur Daniel Forgues a été la bougie d'allumage qui nous a aidés à identifier les préoccupations de notre industrie. *Ce Guide de conception intégrée* de ce que nous pouvons réaliser et de ce qui nous motive à continuer notre mission.

Merci au MITAC qui a également soutenu ce projet et permis sa réalisation.

Bonne lecture mais surtout bonne utilisation; c'est la raison d'être du CERACQ

Yves Forté, ing.,
Président

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Yves Forté'.

Introduction : Guide de PCI

GRIDD & CERACQ

La société demande de plus en plus à l'industrie de construire dans une perspective de durabilité (5-7). Ainsi, un virage important doit être orchestré dans la façon de concevoir et de construire des bâtiments éco-énergétiques (8). À ce propos, l'adoption de la conception intégrée (CI) est une voie reconnue dans l'évolution des pratiques de l'industrie de la construction ainsi qu'une bonne opportunité de mieux intégrer les aspects environnementaux et énergétiques (5). Cependant il n'existe pas, à proprement dit, de normes ou de guides de la pratique concernant la CI au Québec. C'est pourquoi le Centre d'Études et de Recherches pour l'Avancement de la Construction au Québec (CERACQ) a contribué à travers une bourse MITACS au financement de ce guide de conception intégrée en partenariat avec le Groupe de Recherche en Intégration et Développement Durable (GRIDD). L'objectif de ce guide de CI est de faciliter la transition des pratiques de la construction vers une approche de conception centrée sur la réduction de l'empreinte écologique du cadre bâti. Le guide contient cinq sections qui décrivent les pratiques de conception intégrée (CI), leurs applications et bénéfices, ainsi que leur modalité d'application dans l'industrie québécoise.

1) La première section traite du contexte québécois et donne un portrait global des pratiques traditionnelles et ses problématiques reliées à la complexité de l'industrie, notamment le processus linéaire et fragmenté de conception qui conduit à des solutions sous-optimales. L'objectif de cette section est de présenter les différences entre la conception conventionnelle et celle du PCI.

- 2) La deuxième section traite des principes et des bénéfices du processus de conception intégrée (PCI) afin d'assurer sa conduite et d'optimiser ses retombées. Cette section présente la justification du PCI en démontrant ses principaux apports.
- 3) La troisième section présente la contribution des outils et des technologies ainsi que leurs implications dans un PCI. À cet effet, cette section présente un survol des outils collaboratifs, des outils technologiques et ceux des technologies de l'information et de la communication (TIC).
- 4) La quatrième section traite des approches de conception intégrée (PCI) dérivées des rares guides développés par l'industrie et adaptés au contexte québécois. Elles ont été élaborées à partir de recherches, d'entrevues semi-dirigées et d'une recension des écrits sur le sujet. Elles permettent d'établir les paramètres indispensables à la conduite d'un projet en CI et fournissent des arguments pour en justifier l'adoption. Cette section présente certaines approches du PCI, basées sur les meilleures pratiques et la maturité de l'industrie face au processus.
- 5) La dernière section contient du matériel supplémentaire en appui au guide pour faciliter la conduite du processus, son application et son intégration. Elle représente enfin une feuille de route simplifiée.

SECTION 1 : Contexte de l'industrie de la construction

Approche traditionnelle et intégrée

Contexte de la pratique actuelle

L'industrie de la construction fait face à un défi de taille, tant dans la méthode de réalisation de projet que dans les relations entre les intervenants et acteurs afin de répondre au concept de développement durable (5-7). Cette industrie est l'une des plus polluantes. En effet, le cycle de vie d'un bâtiment, de la conception à la mise en opération, représente au Canada près de 30 % de la consommation d'énergie, 38 % des émissions de gaz à effet de serre et 40 % des sources de déchets à travers le monde (9). Ainsi, les besoins de conception de bâtiment écologique sont de plus en plus criants. Un virage important doit être établi, afin de tendre vers la durabilité des projets.

Le problème avec les pratiques traditionnelles de coordination entre les architectes et les ingénieurs pour la conception est qu'elles ne sont pas adaptées à cette nouvelle réalité de penser le cadre bâti de façon holistique dans une perspective d'optimisation continue pour en réduire l'empreinte écologique. Ces pratiques ne mettent pas l'accent sur la collaboration et la multidisciplinarité des équipes de conception, principe essentiel dans un contexte de projet durable. En ce sens, le processus de conception traditionnel se concentre sur l'optimisation de la conception par discipline, ce qui réduit les opportunités de synergie dans le choix des assemblages et des systèmes. Sans ces réflexions, les professionnels créent des solutions conceptuelles considérées comme sous-optimales. C'est pour cette raison qu'on s'intéresse pour la réalisation des bâtiments durables à une nouvelle approche de conception adaptée à ce besoin d'optimisation continue, le processus de conception intégrée (PCI).

Pratique traditionnelle type (4) :

1) Programme fonctionnel et technique (PFT) :

L'architecte ou autre spécialiste discute avec le propriétaire du programme de construction et détermine les espaces nécessaires, leurs superficies et leurs fonctions.

2) Conception schématique :

L'architecte produit une série de croquis et d'esquisses jusqu'au moment où le propriétaire donne son approbation. L'architecte finalise la conception schématique.

3) Développement de la conception :

Les dessins et le PFT sont envoyés aux ingénieurs des systèmes mécanique, électrique, plomberie et incendie; à l'ingénieur civil et structure, ainsi qu'à l'architecte paysagiste. Chaque discipline conçoit et optimise chacun de leur côté leur système selon les règles de l'art.

4) Coordination des solutions conceptuelles :

L'architecte coordonne l'assemblage des solutions conceptuelles et s'assure que les composantes concordent de manière cohérente. Par exemple, l'architecte s'assure que les plans de tuyauterie, de conduits de ventilation et de structure ne se chevauchent pas et s'intègrent à l'ensemble de l'enveloppe.

5) Documents de construction et appels d'offre :

Tout d'abord, l'architecte produit les plans et devis préliminaires. Par la suite, l'estimation des coûts est établie. Le montant estimé doit respecter le budget du client, et donc, les professionnels ont souvent recours à l'ingénierie de la valeur qui se traduit par la réduction d'éléments conceptuels attribués à la durabilité du projet. Lorsque le budget du client est respecté, l'architecte produit les documents de construction tels que les plans et devis pour soumission.

Empreinte écologique (1, 2) :

Selon l'économiste Williams E. REES : « L'empreinte écologique est la surface correspondante de terre productive et d'écosystèmes aquatiques nécessaires à produire les ressources utilisées et à assimiler les déchets produits pour une population définie, à un niveau de vie spécifié. » Autrement dit, c'est la mesure de la pression exercée par l'être humain sur la nature.

Relation contractuelle

Pour créer un contexte favorable au PCI, il faut une certaine latitude dans les relations entre les intervenants et acteurs. Cette flexibilité est essentielle pour favoriser l'implication de ceux-ci afin de répondre aux problèmes de conception durable avec les contraintes de coût, de temps et de qualité. Cependant, les codes de déontologie professionnels qui régissent les pratiques, ainsi que les contrats normatifs utilisés au Québec pour la réalisation de projet, encouragent une conception linéaire et fragmentée, instaurant une rigidité dans les relations entre les parties prenantes. À cet effet, certains modes de réalisation sont plus favorables que d'autres à la collaboration et à l'innovation. Le mode de gérance de construction, le "design-build" ainsi que le clé-en-main favorisent l'apport en amont du constructeur et parfois des opérateurs autour de la table de conception. Ces modes de réalisation créent un environnement favorable à la collaboration entre les parties prenantes indispensable à la création de solutions optimales.

Obstacles du processus traditionnel

Le but du PCI est de briser la principale barrière à la conception de bâtiments performants, soit une organisation de la conception et de la construction fragmentée et linéaire. Cette dernière amène les professionnels à travailler en silo et réduit les opportunités de synergie d'équipe entre les intervenants impliqués. La division du travail en lots par spécialité, empêche d'établir clairement les interrelations entre les assemblages et les systèmes, ce qui nuit à l'optimisation des solutions au niveau des systèmes et des composantes. Aussi, les frontières culturelles et organisationnelles qu'engendre cette formule ont tendance à réduire la communication et la collaboration entre l'ensemble des parties prenantes (10) et par le fait même, elles restreignent l'atteinte d'efficacité et d'innovation dans un processus de conception (11). La fragmentation est donc un obstacle à la synergie d'équipe, tandis que le travail séquentiel est plutôt un obstacle dans la synergie des systèmes.

D'ailleurs, ces facteurs se résument souvent à une diminution de la valeur attendue du bâtiment en termes de durabilité et de performance des mesures de conception sélectionnées (12). En effet, l'atteinte des objectifs de performance est généralement réduite (12), due en partie au partage limité des hypothèses et des décisions de conception entre les professionnels dans le processus de conception classique (3). Par ailleurs, non seulement la valeur du bâtiment est affectée, mais les besoins fonctionnels et techniques du client sont parfois négligés (4). Certains autres problèmes de l'approche traditionnelle sont reconnus, notamment ceux présentés dans l'encadré « Problèmes de l'approche séquentielle » ici-bas (13).

Problèmes reconnus de l'approche séquentielle :

- Manque d'itérations dans le processus;
- Manque de considération des contraintes dans l'ensemble du cycle de vie du projet;
- Les frontières culturelles et organisationnelles;
- Travail en silo affectant la synergie entre les divers intervenants;
- Partage limité des hypothèses et des décisions de conception ;
- Adoption de mesures sous-optimales.



Définition de la conception intégrée

La conception intégrée est une approche remettant en cause le fondement même des pratiques traditionnelles de conception. Elle exige d'abandonner la pratique de coordination des lots de travail de chacune des disciplines et de s'engager dans un processus de conception collaborative et multidisciplinaire. Le processus de conception n'est plus linéaire. Il utilise des boucles d'itérations axées sur l'analyse de problèmes et l'optimisation des solutions de conception (voir la figure 1) (12, 14). Ainsi, la conception intégrée s'appuie sur quatre principes : 1) la collaboration continue entre les intervenants (consultants et autres parties prenantes), 2) les itérations en amont, 3) l'innovation et 4) la prise de décisions orientées par des objectifs de performance. La définition formelle du PCI présentée dans l'encadré ici-bas est dérivée de celles proposées par iISBE (15), Busby (3) et Reed (4).



Figure 1 : Processus itératif inspiré de Task 23 (16)

Définition du processus de conception intégrée :

Nous avons retenu cette définition dans le présent guide. « Le processus de conception intégrée (PCI) est une méthode pour réaliser des bâtiments de haute performance qui contribuent à un cadre bâti durable. Il s'agit d'un processus de collaboration qui couvre le cycle de vie complet (conception, construction, exploitation et occupation d'un bâtiment). Le PCI est conçu pour aider le client et autres intervenants à rencontrer plus efficacement et avec une meilleure efficacité leurs buts et objectifs fonctionnels, environnementaux et économiques clairement définis et innovants. Le PCI nécessite une équipe de conception multidisciplinaire qui comprend ou acquiert les compétences nécessaires pour résoudre tous les problèmes de conception découlant des objectifs. Le PCI résulte d'un ensemble synergique de stratégies de système de construction, agissant sur différentes thématiques (énergie, eau, matériaux, l'habitat humain et naturel), afin de réaliser des solutions intégrées et optimales. »

Itération : « La conception est développée progressivement, permettant à l'équipe de profiter de ce qui a été appris au cours de versions antérieures de la conception. À chaque itération, des modifications sont apportées, de nouveaux aspects sont ajoutés et l'équipe évalue les progrès accomplis par rapport à leur vision et leurs objectifs (17) »

« Seules la synergie et la collaboration entre les professionnels permettent de créer des systèmes qui se soutiennent entre eux et d'optimiser les mesures sélectionnées (9) »

GUIDES DE PCI :

- Sustainability Solutions Group. « Integrated design process facilitation resource guide », p. 78.
<http://www.sustainabilitysolutions.ca/sites/default/files/SSG%20IDP%20Facilitation%20Resource%20Guide.pdf>
- Relations, British Columbia Buildings Corporation Ministry of Finance and Corporate. 2001. Guide to Value Analysis and the Integrated Green Design Process. British Columbia Buildings Corporation Ministry of Finance and Corporate Relations, 34 p.
http://www.tboake.com/sustain_casestudies/RAIC_201/Support/6-1.pdf
- Zimmerman, Alex. 2006. Guide sur le processus de conception intégrée. Société canadienne d'hypothèques et de logement. 18 p.
http://192.197.69.107/fr/prin/coco/toenha/peinar/upload/Integrated_Design_GuideFRE.pdf
- Löhnert, Günter, Andreas Dalkowski et Werner Sutter. 2003. « Integrated Design Process, A Guideline for Sustainable and Solar-Optimised Building Design ». in Task 23, IEA : Berlin / Zug, 62 p.
http://archive.iea-shc.org/task23/publications/IDPGuide_internal.pdf

Historique du processus de conception intégrée

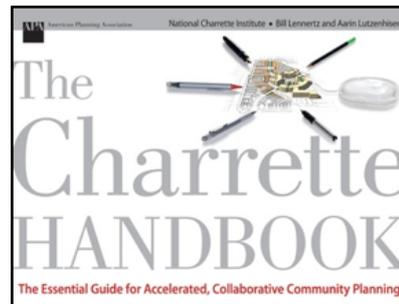
Le concept de PCI a été introduit au début des années 1990 dans le cadre du programme C-2000 de Ressources naturelles du Canada pour soutenir la conception de bâtiments commerciaux éco énergétiques (11). L'exigence du programme était une réduction de la consommation énergétique de 50% par rapport au code modèle national du bâtiment du Canada. Pour ce faire, l'accès à la subvention était conditionnel au respect d'une nouvelle organisation de la conception exigée par le programme et qualifiée de PCI. Le cœur du PCI était la conduite de charrettes de conception. C'est aussi dans ce contexte qu'a été introduit le rôle de facilitateur pour agir comme animateur dans le cadre de ces ateliers multidisciplinaires. Cependant, l'impact du programme a été malheureusement très limité, avec moins de 20 projets réalisés. La procédure gouvernant le PCI a toutefois été récupérée par le International Initiative for a Sustainable Built (iisBE) et intégré à l'outil d'étalonnage SBTools (voir Approche du processus de conception intégrée de Nils Larsson p.35). Elle a aussi été adoptée par Travaux Publics et Services Gouvernementaux Canada. C'est le Conseil du bâtiment durable (CBD) qui a popularisé avec sa norme LEED l'idée de la conception intégrée¹. Malheureusement, le concept n'était pas expliqué dans la norme. Le chapitre Cascadia du CBD a été un pionnier dans la production de guides pour décrire comment réaliser une conception intégrée, en supportant la production de trois documents clés. Le premier décrivant les principes de la CI de R.Cole, le second proposant différentes étapes (voir : Approche du processus de conception intégrée inspiré de Busby et Reed p.39) et le troisième portant sur le processus de facilitation durant les charrettes de L.Cole : « Integrated Design Process Facilitation Resource Guide » (17).

¹ La conception intégrée (CI) est à distinguer du PCI proposé par Larsson dans C2000 et SBTools.

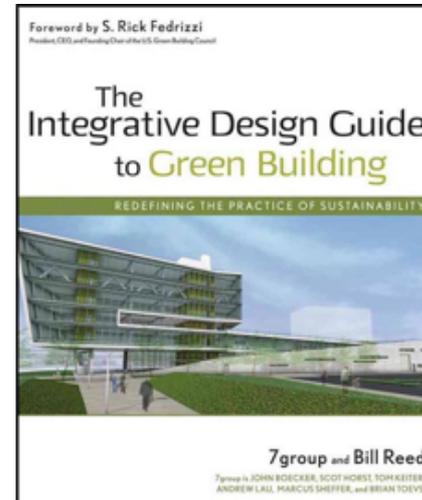
GUIDES DE PCI (Suite) :

- Larsson, Nils. 2004. « The integrated design process (IISBE) ». p. 7.
http://iisbe.org/down/gbc2005/Other_presentations/IDP_overview.pdf
- Busby, Perkins et Will. 2007. Roadmap for the Integrated design process Bc green building Roundtable Vancouver,, 87 p.
<http://www.greenspacencr.org/events/IDProadmap.pdf>
- Whole System Integration Process (WSIP). 2007. Institute for market transformation to sustainability, 18 p.
<http://www.delvingdeeper.org/pdfs/wsip.pdf>
- Manitoba Green Building Program: Building for a Greener Future. 2013. Manitoba Government, 84 p.
<http://www.gov.mb.ca/mit/greenbuilding/pdf/gbpmannual.pdf>

.....
Lennertz, Bill, et Aarin Lutzenhiser. 2006.
The Charrette Handbook. 188 p.



D'autres initiatives sont aussi à souligner au Canada, notamment au Manitoba avec « Manitoba Green Building Program: Building for a Greener Future» et aux États-Unis, par le National Institute of Building Science avec leur « Whole Systems Integrated Process Guide » (WSIP Guide) pour orienter et normaliser le travail collaboratif en conception intégrée (CI) (18). La norme Integrative Process (IP)[®] - ANSI Consensus National Standard Guide[®] - Design and Construction of Sustainable Buildings and Communities, publiée en 2012 propose une démarche selon laquelle le principe de l'approche classique de réduction des impacts est insuffisante, considérant que la consommation des ressources a dépassé la capacité de la planète. Elle propose plutôt d'adopter une approche axée sur une conception régénérative, afin de réparer les interventions humaines qui ont altéré les écosystèmes. Les livres présentés en bas de page correspondent à des ouvrages complémentaires afin d'approfondir les connaissances en PCI.



.....
Boecker, John, Scot Horst, Tom Keiter,
Andrew Lau, Marcus Sheffer, Brian
Toevs et Bill Reed. 2009. The Integra-
tive Design Guide to Green Building:
Redefining the Practice of Sustainabi-
lity. New Jersey, Canada: John Wiley
& Sons, Inc., 397 p.

Processus itératif

Le processus itératif vise à s'assurer que les décisions prises reflètent les connaissances collectives de l'équipe, que les interactions entre les différents éléments et systèmes sont prises en compte dans une vision holistique (globale) du bâtiment, et que les solutions passent par les étapes nécessaires à l'optimisation de celles-ci (17). Comme le montre la figure 1 à la page 4, les itérations sont représentées par des boucles continues. Tout d'abord, il y a une première itération réalisée pour aligner les objectifs préétablis avec les problèmes spécifiques à résoudre (énergie, eau, matériaux, habitat). Par la suite, les parties prenantes et les consultants-spécialistes interviennent et contribuent aux idées conceptuelles en fonction de leurs expertises et connaissances. À ce stade, les intervenants et les acteurs sont en mode de résolution de problèmes et explorent les possibilités. Finalement, une dernière itération s'effectue lors de la prise de décision. Ce processus itératif continu est répétitif durant toute la phase de conception.

Approche intégrée versus traditionnelle

Selon les informations présentées dans le tableau 1, on constate que le processus de conception intégrée (PCI) et le processus de conception traditionnelle (PCT) sont très différents l'un de l'autre. La distinction entre les deux processus se situe au niveau de l'optimisation des solutions de conception, d'une part afin de réduire l'inefficacité des bâtiments tant dans la réalisation que dans les opérations et d'autre part, afin d'améliorer la qualité de vie des occupants. La majorité des décisions influenceront la performance et le bien-être des occupants se prennent au début de la conception. Dès lors, il est dès lors essentiel que les acteurs-clés dans la planification et la construction du projet soient parties prenantes dès le début de ce processus. Ceci implique la participation de l'ensemble de l'équipe et des parties prenantes dès le début du processus de conception. En plus du PCT qui vise généralement l'atteinte de solutions fonctionnelles selon un budget fixe, le PCI cherche en plus l'optimisation des solutions par l'atteinte d'une synergie d'équipe et des systèmes. Pour y

parvenir, l'équipe de conception doit considérer et comprendre l'interrelation des systèmes de manière globale et non isolée. La compréhension des systèmes et de leurs effets croisés (interrelations) est favorisée et facilitée par la participation d'un grand nombre d'intervenants et de quelques consultants-spécialistes lors d'ateliers de travail itératif (ateliers thématiques ou charrettes). Le PCI se caractérise par la résolution de problèmes de conception en amont afin d'obtenir une conception optimale considérant le cycle de vie complet du bâtiment à l'opposé du PCT qui se définit simplement par la conception fonctionnelle.

Tableau 1 : Caractéristiques du PCI et du processus traditionnel inspiré de Busby (3)

Processus de conception intégrée (PCI)	Processus de conception traditionnelle (PCT)
Participation de l'ensemble de l'équipe dès le début.	Participation seulement des membres essentiels (cloisonnement).
Le temps et l'énergie investie tôt en amont de la conception.	Moins de temps et d'énergie en amont de la conception. Peu de collaboration.
Prise de décision influencée par un grand nombre d'intervenants (acteurs).	Un grand nombre de décisions prises par peu d'intervenants (acteurs).
Processus itératif.	Processus linéaire.
Considérer les systèmes comme un ensemble.	Considérer les systèmes isolément.
Permet l'atteinte de solutions optimales.	Permet l'atteinte de solutions fonctionnelles.
Cherche la synergie (équipe, systèmes).	Possibilité de synergies quasi-inexistante.
Considère le coût global du cycle de vie.	L'accent sur les coûts initiaux sans considérer les coûts d'opération.
Processus continu. Intervient jusqu'à la post-occupation.	Processus terminé lors de la construction.

Conception Intégrée : coopérative, collaborative et participative

Une première caractéristique du processus de conception intégrée (PCI) est l'implication en amont d'un cercle plus large d'experts et d'intervenants de domaines variés tels que : simulation énergétique, gestion des eaux, décontamination des sols, réglementation, aménagement urbain, écologie, etc. Une seconde caractéristique est la participation de l'ensemble de ces intervenants avec les représentants des futurs occupants dans le but de réaliser des synergies dans la recherche de solutions innovantes. La conduite de travail d'équipe doit donc tenir compte de plusieurs parties prenantes ayant une culture, des compétences et une expertise multiples (14). Ainsi, à travers un PCI, les membres de l'équipe de conception sont amenés à travailler sous différentes structures telles que celles présentées dans le tableau 2. Lors du processus de conception, les acteurs et intervenants devront travailler dans des contextes différents (collaboratif, coopératif et participatif) durant les charrettes définies dans la section 2. **Le travail participatif** facilite l'obtention d'un consensus et la validation des choix conceptuels avec toutes les parties prenantes du projet, tandis que **le travail collaboratif** se restreint à l'équipe de conception intégrée afin d'effectuer et la résolution des problèmes et la prise de décision. Pour ce faire, entre chaque prise de décision, **le travail coopératif** prend place afin de partager chaque solution proposée par l'équipe. Ceci se fait habituellement en sous-groupes dans des ateliers thématiques ou individuellement selon les disciplines attribuées pour travailler sur les aspects spécifiques tel que : l'efficacité énergétique, la gestion des eaux, l'urbanisme et la réglementation du site, etc. Contrairement à la collaboration, la coopération représente une conception distribuée

et une mise en commun à l'aide d'un facilitateur. Par contre, **le travail coopératif** dans le processus itératif revient toujours sous une base collaborative pour la mise en commun et la prise de décision finale. Comme le montre le tableau 2, le processus traditionnel linéaire attribue à une seule personne la responsabilité de la conception. Autrement dit, il s'agit de coordination tout simplement.

La coordination en PCT/PCI :

« Parfois certains professionnels pensent faire de la conception intégrée, mais ils n'en font pas réellement car ils restent la plupart du temps dans le processus de coordination. Ainsi, chaque professionnel réalise leur travail individuellement. Dans ces cas, c'était plus de la coordination que de la conception intégrée ce qui s'attribue beaucoup plus aux pratiques traditionnelle. » **Jacques Lagacé**

Tableau 2 : Distinctions entre les différentes situations de conception inspirée de Ben Rajeb (19)

	Concevoir seul (en silo) Processus linéaire (traditionnel, PCT)		Concevoir ensemble Processus intégré (conception intégrée, PCI)	
Acteur(s)	Conception	C. Collaborative (Co-conception)	C. Coopérative (Conception distribuée)	C. Participative
Fonction (officielle)	Architecte	Architectes, Ingénieurs, Spécialiste	Architectes, Ingénieurs, Spécialiste	Architectes, Ingénieurs, Spécialiste, Utilisateurs
Rôle (acteur de la conception)	Le concepteur	Un groupe de concepteur (s)	Plusieurs concepteurs (s), Un coordinateur	Le Concepteur (L'ensemble)
Validation (choix de la conception)	Le concepteur	Un groupe de concepteur (s)	Le coordinateur	Consensus (L'ensemble)

Cycle de vie du bâtiment

Lors de l'établissement des stratégies de conception, les clients omettent souvent les coûts d'opération et de maintenance dans leur prise de décision. Pourtant, la répartition des coûts du bâtiment sur son cycle de vie (figure 2) démontre clairement l'impact de ceux-ci et l'importance de considérer ces coûts très tôt dans la prise de décision. Les études préliminaires, la conception ainsi que la construction représentent respectivement seulement 3%, 2% et 5 % du coût global, tandis que le coût d'opération, d'entretien et maintenance représente environ 75 % de ces coûts.(14) Alors, investir en amont pour réduire les coûts d'opération, d'entretien et de maintenance d'un bâtiment devient très intéressant pour un client. La difficulté est que les budgets de construction et de gestion de l'équipement sont habituellement séparés, ce qui réduit l'opportunité d'introduire des systèmes plus performants mais plus coûteux. Pourtant, concevoir un projet avec une vision globale implique l'intégration des phases de construction et d'opération dans les réflexions et les prises de décision. D'ailleurs, considérer l'évaluation de cycle de vie et l'analyse du coût global permet de générer un levier considérable sur la rentabilité en capital des solutions, le retour sur l'investissement (RI) ou le délai de récupération actualisé (DRA). À cette fin, les éléments typiques du PCI soutiennent le RI.

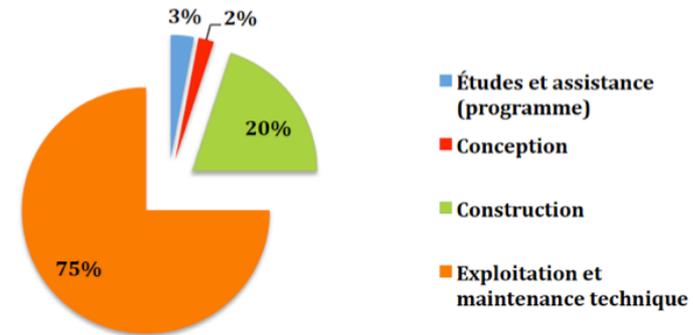


Figure 2 : Répartition des coûts de construction (21)

Évaluation du cycle de vie :

« Une compilation et une évaluation des intrants et extrants, ainsi que des impacts potentiels sur l'environnement d'un système de produits au cours de son cycle de vie » (**Norme internationale : Référence no ISO 14040 : 1997(F)**)

« L'évaluation du coût global est une méthode qui a été développée en réaction aux méthodes de comptabilité traditionnelles. Elle permet un calcul plus exact des coûts de production et permet de rendre les coûts environnementaux plus explicites et visibles .(20)

Analyse du coût global :

Méthode d'analyse économique qui ramène en valeur actuelle la somme des coûts d'investissement, d'exploitation et de maintenance sur une période déterminée dans le but optimiser le retour sur l'investissement (RI) ou le délai de récupération actualisé (DRA) selon les objectifs du client (22, 23).

Éléments typiques du PCI :

- Les objectifs de performance et les stratégies;
- La réduction des charges de chauffage et de climatisation;
- L'optimisation à l'aide de simulation de la performance via la synergie des systèmes, et par l'utilisation d'énergie renouvelable ou de solutions passives;
- L'itération entre alternatives pour obtenir le meilleur développement conceptuel;
- Évaluation du cycle de vie et analyse du coût global.

SECTION 2 : Processus de conception intégrée (PCI)

Les principes et les bénéfices du PCI

Le levier du cycle de vie

L'important levier que procure le cycle de vie s'explique par les impacts de la relation effort/effet selon les phases du projet. Ceci est bien illustré à la figure 3 qui montre les caractéristiques attribuées à la réalisation de projet de construction. Ces caractéristiques sont : la capacité de l'équipe à influencer les coûts et les éléments fonctionnels, (courbe 1) ainsi que les coûts de modifications de conception (courbe 2). Dans le mode traditionnel, les efforts et les ressources sont majoritairement consommés lors de la production de la documentation de construction (courbe 3). L'effort investi en amont pour définir la solution en amont est nettement insuffisant. Les décisions se prennent donc sur des hypothèses fréquemment erronées, entraînant une série d'actions correctives durant tout le projet (24). Par conséquent, ceci affecte la prise de décision à cause du manque d'information en amont. Contrairement au processus de conception traditionnelle (PCT), la conception intégrée concentre les efforts plus tôt dans le processus (courbe 4). D'ailleurs, c'est en amont de la conception que l'équipe a le plus d'influence afin de créer la meilleure valeur. Ainsi, l'avantage du processus de conception intégrée, comparativement au processus traditionnel, est qu'il permet de proposer des solutions complètes et ce en début de projet pour la prise de décision tôt dans le processus, (courbe 1) ainsi que d'optimiser la solution en amont à moindre coût (courbe 2). Dès lors dans le PCI, lorsque l'équipe de conception entame les documents de construction (DC), la conception devrait être optimale, réaliste et finale (4).

« Enfin pour Zimmerman (2004), dans un PCI, le processus de décision est de meilleure qualité. De plus, bien que l'équipe de projet passe plus de temps sur les phases de design conceptuel et de design préliminaire, le PCI permet aux ingénieurs de réduire le temps passé à la révision et à la correction de leurs concepts élaborés sur de mauvaises décisions initiales, comme c'est le cas avec le processus de conception traditionnelle linéaire (11). »

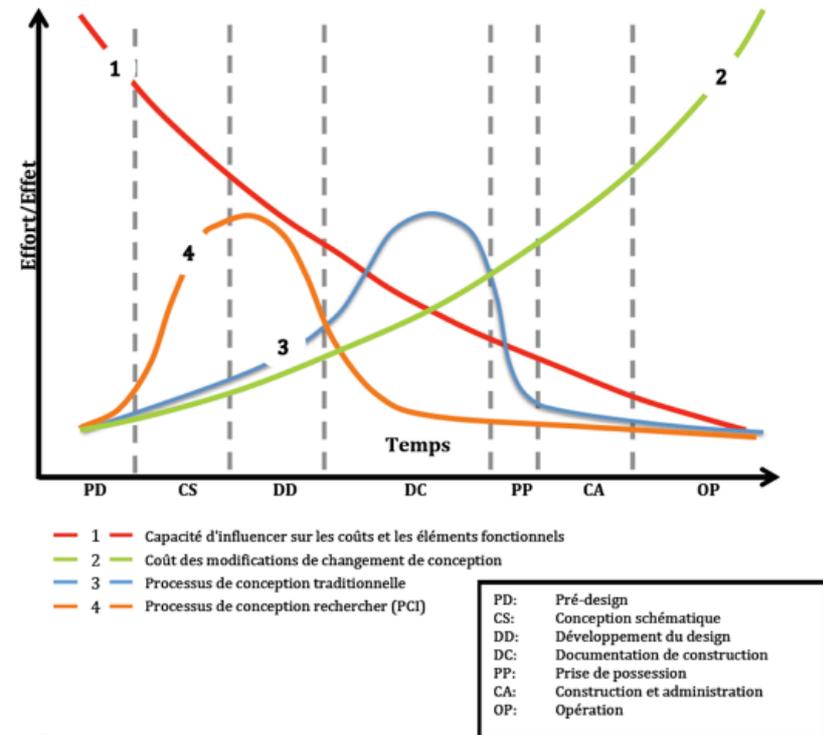


Figure 3 : Impacts (effort/effet) des décisions prises en fonction du cycle de vie (25)

Boucles de rétroaction

Tout au long du cycle de vie du bâtiment, les itérations sont complétées par plusieurs boucles de rétroactions pour assurer la validité des solutions proposées et ajuster les paramètres du projet au besoin. Le processus de conception intégrée est évolutif et peut bénéficier des boucles de rétroactions qui visent à amplifier les aspects positifs ou d'atténuer les aspects négatifs des solutions conceptuelles. La rétroaction en conception traditionnelle se limite souvent aux points de contrôle imposés par le client pour l'approbation des livrables et l'autorisation des paiements, tandis qu'en conception intégrée elle vise à questionner l'adéquation des solutions par rapport aux objectifs dans le but de stimuler la recherche continue d'optimisation des solutions (4). Une autre perspective de la rétroaction est celle de l'évaluation post-occupation comme le montre la figure 6, l'évaluation post-occupation (EPO) prend en considération les occupants afin de mieux comprendre comment les systèmes conçus performant. Ainsi l'EPO, nous informe sur l'impact de la conception sur la performance des opérations, du maintien et de l'entretien du parc immobilier ainsi que sur la qualité de vie des occupants. Elle est une voie de rétroaction que les clients-propriétaires peuvent utiliser pour l'optimisation continue du processus de conception, de la performance et de la durabilité des projets. Autrement dit, ces mécanismes de rétroactions permettent de rendre le processus décisionnel plus agile et plus performant ainsi que de réduire le gaspillage causé par des décisions tardives, ce qui nous permet d'aborder les futurs efforts de conception plus systématiquement et intentionnellement (4).

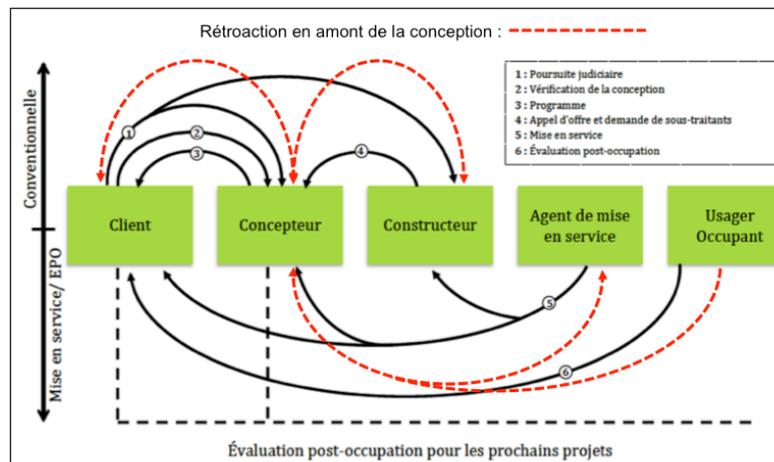


Figure 4 : Boucles de rétroactions conventionnelles et globales (4)

Évaluation (EPO)

L'évaluation post-occupation permet une rétroaction globale sur l'interrelation des systèmes et des méthodes de construction et d'opération basée sur la performance réelle mesurée en cours d'opération (voir figure 6). L'EPO consiste à recueillir des informations sur la manière dont les systèmes se comportent et comment les occupants interagissent avec les caractéristiques du bâtiment : condition intérieure, espace, matériaux et assemblages. Dans la pratique, seule la performance est mesurée en examinant des facteurs tels que le coût relié à la consommation d'énergie et de maintenance (« mise en service » et « mise en service améliorée»). Cependant, certaines organisations utilisent aussi l'EPO pour mesurer la satisfaction des occupants. Elle est un ingrédient essentiel dans une stratégie d'amélioration continue du processus et des méthodes de conception intégrées.

Pratique de mesure et vérification (M&V)

Les professionnels en mesurage et vérification utilisent l'expression "monitoring" à cet effet (30). Le « monitoring » consiste en l'observation de l'usage de l'énergie pour les actions de prédiction, de budgétisation et de diagnostic : un mesurage de la consommation d'énergie et une analyse de son utilisation (30). Dans le plan de mesure et vérification (M&V) (4), on compare la consommation réelle avec celle planifiée pour établir la quantité d'énergie réellement économisée. Contrairement à la pratique de M&V qui nous informe sur un différentiel d'énergie consommée, l'évaluation post-occupation (EPO) informe les acteurs et les intervenants sur les impacts des stratégies utilisées en plus du différentiel d'énergie consommée (efficacité énergétique, ombrage, ensoleillement, radiation, vue, etc.) pour un niveau de confort ciblé. Ainsi, l'application de M&V comparée à l'EPO génère une minime partie de l'information que les concepteurs et autres intervenants doivent acquérir dans leur apprentissage pour mieux comprendre les implications de leur décision conceptuelle sur le bâtiment en opération. Pour appuyer l'EPO, le Center for Building Performance and Diagnostics aux États-Unis, en a déterminé les principes et les lignes directrices (voir encadré de droite).

Documents sur le M&V pertinents (26) :

- PIMVP (Protocole international de Mesure et de Vérification de la Performance énergétique);
- Directive 14 de l'ASHRAE;
- Guide *US DOE FEMP M&V*;
- Guide California Energy Efficiency Evaluation Protocols : Technical, Methodological, and Reporting Requirements for Evaluation.

Principes et lignes directrices de l'EPO (4) :

- 1) Aller au-delà des définitions du développement durable pour justifier la performance des matériaux et des assemblages;
- 2) Comprendre les coûts d'acquisition pour justifier la performance des composants et des systèmes de construction;
- 3) Économies de coûts de la gestion des installations;
- 4) Économies de coûts de la productivité individuelle;
- 5) Économies de coûts via le rapport coûts/bénéfices;
- 6) Réduction des coûts de la santé (travailleur, occupant, communauté);
- 7) Renouvellement de l'espace (bureau locatif) : économies de coûts des désabonnements;
- 8) Accès à l'environnement naturel : lumière naturelle et la ventilation naturelle;
- 9) Équipement à haute performance;
- 10) Intégration de systèmes innovants.



² Pour plus d'information sur le M&V voir les différents documents dans l'encadré ici-bas.

Méthodes d'évaluation de bâtiment durable (MEBD)

Les MEBD sont plus que de simples outils d'évaluation écologique. Elles permettent aux intervenants d'établir des cibles de performance alignant les objectifs et les stratégies de conception avec les principes de développement durable. La méthode d'évaluation prédominante au Canada et au Québec est le système de certification Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) (27). Ces systèmes d'évaluation, (en anglais « benchmarking »), définissent la performance environnementale des bâtiments à l'aide d'exigences référentielles et de listes de vérification. Les cibles de performance convenues par l'équipe de projet peuvent s'appuyer sur ces exigences et être vérifiées à l'aide des listes. Cependant, les exigences présentes dans les systèmes d'évaluation réfèrent souvent à des exigences règlementaires qui correspondent à une pratique minimale acceptable(27). Par exemple, dans la catégorie performance énergétique minimale de l'outil d'évaluation LEED, le code modèle national de l'énergie pour les bâtiments (CMNÉB) et les normes de l'American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) (28) sont utilisés dans les voies optionnelles (option 1,2,3) à l'atteinte de performance. Par conséquent, le client et les professionnels sont tentés dans ces systèmes de rechercher d'abord les points les moins coûteux plutôt que les solutions optimales. À cet effet, les professionnels peuvent être tentés d'utiliser les listes de contrôle sans considérer les effets croisés entre les systèmes ce qui nuit à l'optimisation et à l'atteinte des résultats escomptés. Autrement dit, les équipes de conception élaborent des concepts non cohérents, ne contribuant plus à la durabilité du projet. Pour ces raisons, les professionnels qui ont fait de la construction durable leur spécialité prêchent pour l'utilisation des systèmes d'évaluation comme de simples outils d'aide à la conception plutôt que comme cibles environnementales (17). Le risque attribué à ces systèmes basés principalement sur l'étalonnage réside dans la pratique qu'en font les professionnels.

MEBD & Certification

En résumé, dans le cadre d'un PCI, les systèmes d'évaluation peuvent aider à guider le choix des cibles de performance dans un langage commun pour toutes les parties prenantes, mais utilisés comme liste de contrôle dès le début du projet, ils risquent de nuire au processus créatif car ils poussent à rechercher les solutions en fonction des éléments les moins coûteux de la liste et non de manière synergique. Il est préférable au début du projet de fixer des objectifs environnementaux ou de développement durable et utiliser la liste de contrôle LEED pour valider la pertinence des choix plus tard dans la conception(17). La valeur des MEBD réside dans la vérification que les cibles soient respectées dans le détail des solutions développées dans les documents de construction (plan et devis).

« Sur tous les projets sur lesquels je travaille, je leur dis : "lâchez-moi la liste d'épicerie et parlez-moi de développement durable, parlez-moi de conception intégrée puis parlez-moi d'architecture, mais je ne veux pas voir de liste d'épicerie". La liste doit arriver tard dans le processus pour laisser place à la création et l'innovation dans un contexte de développement durable. Pensez développement durable (DD), pensez conception, et LEED va fonctionner s'il a à fonctionner!" La liste des crédits LEED n'est qu'un rappel des choses à faire dans un bâtiment durable.»

Joël Courchesne

Bénéfices d'une pratique adéquate du PCI :

- Synergie d'équipe/ synergie des systèmes / création d'innovation;
- Amélioration de la performance et réalisation de solutions durables;
- Meilleures perspectives et alternatives;
- Meilleur ajustement au milieu;
- Atténuation des risques conceptuel;
- Évaluation du cycle de vie et analyse du coût global.

La gestion du PCI : Planification et organisation

Charrette de conception

Une charrette est une concentration des efforts créatifs d'acteurs et d'intervenants qui permet d'aborder et de résoudre des problèmes complexes de façon synergique à l'intérieur d'une session intensive de travail. Ainsi, la charrette de conception est une rencontre qui vise à réunir des synergies multidisciplinaires, telles les parties prenantes influentes, l'équipe de conception intégrée et les consultants-spécialistes pour résoudre ces problèmes. Les rencontres sont habituellement de quelques heures à quelques jours, très ciblées, et utilisent une approche collaborative pour créer des solutions innovantes. Pour ce faire, le facilitateur se sert d'une planification stratégique pour surmonter le risque de chaos dans un environnement complexe. De cette manière, les participants sont invités à parvenir efficacement à une entente de collaboration pour des objectifs précis, ainsi que des stratégies et des priorités particulières au projet. Le nombre de charrettes pour un projet peut varier de 3 à 7 et plus, tout dépendamment de la complexité du projet et du degré d'engagement au PCI.

L'organisation de charrette

En guise d'introduction aux charrettes, le gestionnaire de projet, le facilitateur ou l'architecte convoque les membres de l'équipe de projet incluant les expertises requises pour établir les bases d'un programme de charrettes. L'élaboration d'un programme de charrettes est primordiale pour chercher l'efficacité du temps alloué en atelier et maximiser les contributions des participants selon la nature des charrettes. Ainsi, le succès d'une charrette exige une organisation et une logistique favorisant la collaboration et la participation de chaque intervenant invité. Chaque charrette doit être

soigneusement planifiée, les objectifs et résultats attendus prédéfinis, un agenda décrivant les activités, les intrants à produire et les responsabilités assignées partagé et endossé par les membres de l'équipe de conception intégrée. Il faut s'assurer que les bons intervenants et les bonnes informations soient disponibles et il faut s'assurer que chacune des séances rencontrent les objectifs et livrent les résultats attendus. Dans les encadrés à la page 13 sont présentés les aspects clés pour faire un bon programme de charrette. Le guide de facilitation de L. Cole fournit une description détaillée de la planification et la conduite des charrettes (17).

Cibles de performance

Dans le meilleur des cas, les cibles correspondent aux objectifs à rencontrer par rapport aux grands ensembles du développement durable : économique, environnemental et social. L'élaboration des cibles se fait en début de projet lors de la phase exploratoire afin de générer les priorités, les valeurs fondamentales internes individuelles et collectives, les objectifs de performance de l'équipe en lien avec les exigences du client (Programme fonctionnel et technique). Le choix des cibles peut débuter avec le développement d'une vision commune, notamment à l'intérieur d'un atelier de « visioning ». L'équipe de projet dispose d'outils de développement de la vision, par exemple des ateliers techniques, des visites dans le quartier, des conférences, des présentations visuelles et des lectures (29). Dans le même ordre d'idée, le « The Touchstones Exercices » est l'un des exercices connu et utilisé pour établir les cibles de durabilité du projet (Voir figure 4). Cet exercice permet la réflexion sur les enjeux environnementaux autour des besoins fonctionnels et techniques énoncés dans le PFT avant même d'entamer la conception. Le visioning s'amorce avec le questionnement à travers un remue-méninge sur les valeurs de l'équipe en utilisant, par exemple, le prisme des cinq impératifs clés environnementaux soit : les changements climatiques, l'eau potable, la destruction des ressources, la destruction de l'habitat et la pollution, et les toxines (4).

...

...

Par ailleurs, comme il est mentionné dans la section des méthodes d'évaluation de bâtiment durable (MEBD), on peut choisir comme cible divers niveaux de performance dépendant de l'engagement du client et de l'équipe à rechercher les solutions les plus durables. Par exemple, 30 % d'économies d'énergie selon la réglementation de l'ASHRAE procure 10 points pour la certification LEED Canada nouvelle construction. Le cumulatif du pointage des cibles atteintes résulte d'un niveau de performance LEED (Performance LEED Canada 2009 : Certifié (40-49 pts.); Argent (50-59 pts.); Or (60-79 pts.); Platine (80 pts. et plus)).

EXERCICE DE "TOUCHSTONES"

Nom du projet:

	Éléments/enjeux (Valeur/Aspiration)	# de vote
1	L'efficacité de l'énergie et des ressources	56
2	Obtenir la certification LEED Platine	52
3	Établir des connexions catalyseurs pour la circulation des gens du quartier	44
4	Beau point de repère, de rencontre	43
5	Espace vert	40
6	Meilleure condition de vie pour les visiteurs/résidents/employés(Qualité de vie)	40
7	Facilité l'accès et la vie des piétons	38
8	Conception/participation/partenerariat inclusive pour la communauté	37
9	Lieu sûr et sécurisé	35
10	Le bâtiment comme un outil d'enseignement pour la durabilité	32
11	Inspirer le développement responsable	28
12	Esthétique visuel du paysage urbain	24
13	Production d'énergie renouvelable	1

Figure 5 : Exemple : Exercice "Touchstones" (4)

1) Éléments de planification et d'organisation de charrette :

- Établir les objectifs, les stratégies et les mesures (OSM);
- Analyser les parties prenantes potentielles et évaluer la complexité du projet;
- Établir un plan de contenu thématique (Liste des enjeux et liste des parties prenantes);
- Établir les règles de conduite des charrettes (règles de prise de décision);
- Établir une feuille de route avec un programme de charrettes incluant le nombre, la séquence ainsi que les agendas spécifiques.

2) Éléments inclus dans la logistique :

- Outils de support à la collaboration;
- Le matériel, l'espace de travail et la nourriture;
- Temps de repos, de réflexion et d'échanges entre les intervenants;
- Transport de l'équipe;
- Lieu de charrette stimulant favorisant la synergie et la créativité.

3) Exemple de séquence des charrettes :

Phase exploratoire - Préparation et évaluation des alternatives :

- Réunion de planification (Charrette de préparation et d'évaluation);
- Charrette 1 : Établir et aligner les cibles et objectifs de performance;
 - o Exercice de visioning
- Charrette 2 : Développement des concepts alternatifs.

Phase de conception et de construction - Optimisation des alternatives :

- Charrette 3 : Développement des concepts schématique;
- Charrette 4 : Développement de la conception et de la documentation;
- Charrette 5 : Rétroaction et les leçons apprises

Tableau 3 : Exemple de feuille de route de charrette (29)

Activité / Phase	Phase 1 : Recherche, Éducation, Charrette préparatoire			Phase 2 : Charrette 1, 2, 3, 4 et 5		
	Mois 1	Mois 2	Mois 3	Mois 4	Mois 5	Mois 6
Rencontre de l'équipe de gestion de projet						
Sensibilisation des parties-prenantes						
Analyse et consolidation de l'information de projet						
Rencontre de démarrage de projet						
Entretiens avec les parties-prenantes						
Atelier technique						
Pré-charrette-préparation du projet						
Charrette					 	
Ajustement des stratégies et des concepts						
Rencontre publique – présentation du projet final						
Approbations du client et autres acteurs et intervenants						



Rencontre interne



Tâches permanentes

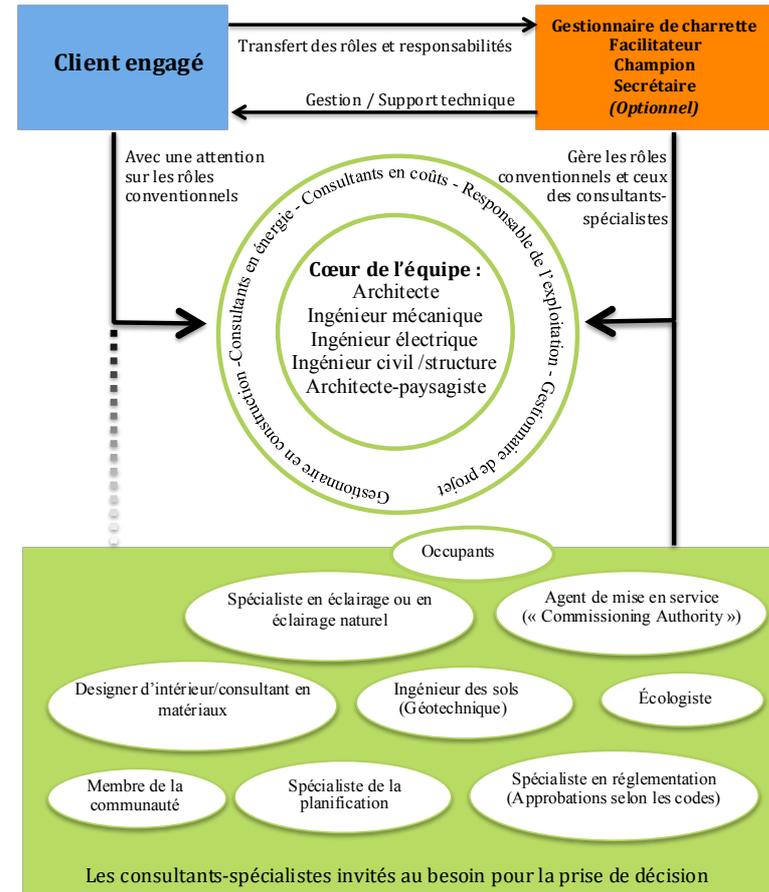


Rencontres publiques

Formation de l'équipe

La sélection d'une équipe intégrée dédiée à la conception de bâtiments à haute performance implique plusieurs particularités en ce qui concerne la structure de l'équipe, les compétences et les relations formelles ou informelles. Une exigence fondamentale est de former une équipe composée de membres ayant des compétences et des expertises selon les enjeux et les cibles du projet. Dans le meilleur des cas, les membres potentiels de l'équipe devraient également être sélectionnés en fonction de leur volonté, leur intérêt, leur engagement ainsi que leur complémentarité. Par ailleurs, l'engagement des parties prenantes varie en fonction de la difficulté de conception spécifique, le contexte du projet et la vision (17, 23). Pour bien réussir le travail collaboratif, la mobilisation de l'équipe doit correspondre aux quatre E « Everybody; Engaging; Everything; Early » (4). Ainsi, une culture de collaboration et une approche interdisciplinaire exigent que tous ceux qui ont une influence sur la direction du projet soient impliqués dès le début dans une atmosphère de confiance et de respect. Malgré la multidisciplinarité des compétences de chacun, il faut que les professionnels respectent non seulement leurs rôles et responsabilités respectifs, mais encore faut-il qu'ils développent des compétences transdisciplinaires pour être en mesure de remettre en question des idées proposées par les différentes expertises. Des recherches le démontrent, le choc des idées entre les perspectives de différentes spécialités est générateur de solutions innovatrices et permettent d'obtenir de meilleurs résultats. C'est pourquoi, il est conseillé de s'entourer d'un ingénieur mécanique et d'un spécialiste en modélisation énergétique dans le volet de l'efficacité énergétique du projet, au lieu d'avoir que l'ingénieur mécanique, puisque la conception mécanique et l'analyse de l'énergie sont des compétences complémentaires (30).

Figure 6 : Formation et interaction d'une équipe intégrée à travers un PCI (16)



Rôles et responsabilités

Client :

L'engagement du client face au PCI est le plus important des éléments. À cet effet, il se doit d'être informé et conscientisé sur le PCI et chercher avec le cœur de l'équipe l'innovation dans les solutions. La sélection de l'équipe est souvent sous sa responsabilité car il mandate les consultants. Le rôle premier du client est d'élaborer clairement ses préoccupations, ses exigences et ses attentes en matière de développement durable pour orienter l'équipe de conception dès le début du processus et se donner les moyens pour sélectionner les experts avec les profils correspondants à ses attentes (expertises, compétences et complémentarité). S'il veut maximiser les retombées du PCI, le client doit être prêt à accepter une remise en cause de certains éléments du programme fonctionnel et technique (PFT) pour favoriser la recherche de la compacité ou une disposition plus stratégique des espaces afin de profiter des solutions passives. Ainsi, par sa démonstration d'ouverture, il encourage les échanges et la recherche de solutions synergiques. Un facteur crucial de la performance de l'équipe est l'agilité dans la prise de décision. Pour ce faire, le client s'assure lors des charrettes et tout le long du processus d'avoir un représentant de son organisation ayant la délégation d'autorité nécessaire pour la prise de décisions et pour mobiliser les ressources internes clés (opérateurs, cadres intermédiaires) à participer au processus lorsque requis. Il est aussi essentiel pour le client d'encourager la participation active de ces derniers. Les usagers peuvent être d'excellentes sources de solutions innovatrices, notamment dans la réévaluation du PFT.



Gestionnaire de projet versus facilitateur :

Le gestionnaire de projet se trouve souvent responsable des rôles de gestion et de facilitation. Dans le cas contraire, le facilitateur sera responsable de la planification des charrettes. Ces derniers travaillent en étroite collaboration. (28). Dans la pratique habituelle, ces rôles sont distincts et ceux-ci sont accompagnés par un professionnel accrédité LEED (PA LEED). À ce sujet, il est suggéré que le client mandate une firme indépendante pour faire la gestion des volets LEED et de la facilitation avant même de mandater les consultants formant le cœur de l'équipe de conception comme il se fait dans l'Ouest canadien (voir figure 5, page 15). L'avantage est que ces firmes spécialisées proposent un cadre normalisé de PCI éprouvé. Au Québec c'est souvent la firme d'architecture mandatée pour la conception qui fournit les deux services, ce qui lui place dans une position dominante qui peut réduire le potentiel de synergie. Dans ce cas, il n'est pas recommandé que l'architecte concepteur agisse à titre de PA LEED ou de facilitateur puisqu'il devient juge et partie de la conception. Cela risque de freiner encore plus la créativité et l'innovation au sein de l'équipe intégrée due à l'influence prédominante de l'architecte dans le processus de prises de décision.

Professionnel accrédité (PA) LEED :

Le client exigera d'avoir un PA LEED lorsqu'il requiert une certification. Le PA LEED peut être un consultant externe ou un membre de l'agence d'architecture. Un modèle populaire dans l'Ouest est que la firme de consultation offre le service combiné d'un PA LEED et d'un facilitateur. Il n'est pas souhaitable que le PA LEED agisse comme facilitateur, ce rôle d'assurance qualité est peu compatible avec celui de catalyseur de la dynamique d'équipe.

Les rôles et responsabilités du PA LEED se doivent donc d'être bien déterminés pour assurer la qualité du travail du professionnel et éliminer l'ambiguïté au sein des membres de l'équipe. L'ambiguïté dans les rôles attribués peut causer des conflits entre les professionnels. Souvent l'architecte, le gestionnaire de projet, le propriétaire ou le client ont tendance à prendre une partie du rôle de facilitateur. C'est l'une des raisons pour lesquelles les rôles doivent être clairement établis. Autrement, les professionnels en conception intégrée peuvent devenir confus dans le chevauchement interdisciplinaire ce qui se traduit par une diminution de l'engagement qui nuit au processus de conception intégrée (PCI).

Facilitateur :

Le rôle de facilitation est important afin de générer et de maintenir la synergie d'équipe. D'ailleurs, le facilitateur doit faciliter : la collaboration, le partage de l'information, la communication et le respect au sein de l'équipe. Son principal rôle est de s'assurer du bon déroulement du PCI en réunissant les gens autour d'un objectif commun dans une ambiance de laquelle émerge des solutions innovantes et créatives. Pour ce faire, il doit jauger les personnalités de chacun, comprendre les différentes vues inhérentes à chacune des spécialités, encourager les participants et s'assurer que tous participent. Dans la pratique courante, il existe deux types de facilitateur. Il y a le facilitateur fort qui agit aussi comme un champion (optionnel) et le facilitateur neutre qui facilite les interactions entre les intervenants. Le facilitateur peut agir également à titre de gestionnaire de certification LEED, mais le risque d'utiliser le système d'étalonnage comme liste d'épicerie dans ce cas est très élevé.

Champion (Optionnel) :

Son rôle et sa responsabilité sont de porter la vision du développement durable du projet. Il doit être un passionné de la construction écologique. Autrement dit, le champion est un chef d'orchestre multidisciplinaire capable de cibler les opportunités, les risques et d'orienter les professionnels vers les choix conceptuels de façon désintéressé. D'ailleurs, le champion doit

être sensible à l'information partagée par le cœur de l'équipe, être capable de mobiliser, de trancher et de guider à travers les réflexions de l'équipe intégrée lors de la prise de décision. À cet effet, il doit apprécier l'information et voir les impacts potentiels sur la durabilité du projet et des risques encourus de chaque direction innovante explorée. Dans la pratique, le champion provient de l'organisation du client ou de la firme externe agissant comme le représentant du client. Donc le champion ou le facilitateur fort peut se voir attribuer différents rôles. Le rôle et les responsabilités du facilitateur peuvent ressembler à ceux du champion, au sens où ils mobilisent et guident l'équipe à travers le processus de conception intégrée.

Rôles possibles du champion :

- Facilitateur fort;
- Architecte;
- Représentant du client.

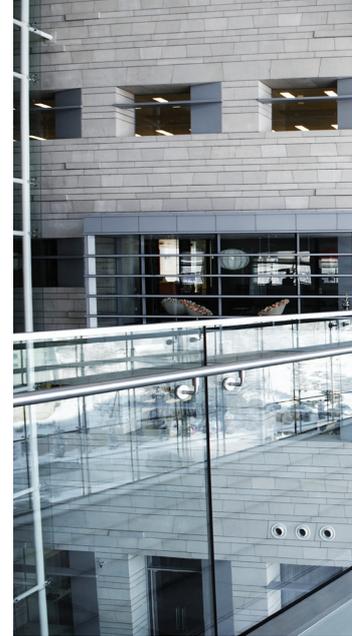
Professionnels :

L'un des facteurs critiques de succès du PCI est l'ouverture et l'engagement communs du client et des professionnels à trouver la solution la plus durable à l'intérieur des contraintes du budget et du programme. Le PCI demande un changement d'attitude important des professionnels. Ces derniers doivent accepter que d'autres parties prenantes, experts ou occupants, puissent remettre en question les solutions qu'ils mettent de l'avant, et aussi de sortir du confort de leur spécialités pour faire de même avec les autres disciplines ou avec les représentants du client. Par exemple, l'architecte doit considérer les idées des ingénieurs qui affectent ses choix de conception et maîtriser les concepts de base de la science du bâtiment afin de remettre en question les solutions proposées par les ingénieurs. Par conséquent, les professionnels doivent développer un langage commun, et ce, via une vision partagée établie en début de processus. Aussi, chaque professionnel doit focaliser sur les choix conceptuels les plus prometteurs et accepter l'itération du processus, c'est-à-dire d'envisager plusieurs essais avant d'obtenir un résultat optimal.

Consultants-spécialistes (experts) :

Les rôles et responsabilités des experts ou des consultants-spécialistes sont de participer à la résolution de problèmes lors des charrettes pour orienter le cœur de l'équipe vers les meilleures solutions. La question est de déterminer quelles expertises doivent être requises quand et pour quelle fin. Les cibles et objectifs de durabilité sont un bon point de départ pour faire ces choix. Si la performance énergétique est l'objectif dominant, un expert en simulation sera essentiel pour valider les propositions des professionnels. La combinaison avec un expert en coût pour évaluer le coût-bénéfices des solutions est aussi recommandée. Ce rôle peut être donné au gérant de construction s'il est intégré à l'équipe dès la conception. Aussi, il faut s'assurer que le contexte soit favorable pour valoriser la contribution de ces experts. Divers autres spécialistes peuvent être greffés au projet au besoin sur des aspects spécifiques comme l'éclairage naturel, l'analyse du cycle de vie ou autres. Pour ce faire, le choix d'experts se base entre autres sur la réputation et la notoriété des personnes mandatées pour assurer un climat de confiance et de respect entre l'équipe de conception, les invités et leur interprétation des résultats. Par ailleurs, la présence de certains experts assure une cohérence à l'atteinte des cibles et objectifs puisqu'ils représentent les principales contraintes d'un projet telles qu'un économiste de coûts, un professionnel accrédité LEED (PA LEED) et un modeler énergétique. Ceux-ci peuvent aider à l'alignement de l'équipe vers l'atteinte des objectifs par une validation ou une vérification de la valeur des options ou des solutions proposées. Ainsi, ils facilitent et orientent la recherche et l'analyse essentiel en PCI.

Voici des exemples de spécialistes que certains projets ont requis : consultant en milieux humides, un acousticien, un spécialiste en muséologie, un spécialiste scénographie, etc. Les consultants-spécialistes les plus couramment demandés se retrouvent à la figure 5, page 15.



Constructeur et opérateur :

L'implication des constructeurs et des opérateurs est importante dans la conception d'un bâtiment. De leur participation peut émerger des bonnes idées et permettre la conception d'un bâtiment optimal à moindre coût, facile à réaliser et à opérer, tenant compte du passage des travaux à la mise en service. Aussi, le fait de les impliquer augmente sensiblement leur adhésion aux solutions préconisées et offrira une meilleure garantie de leur collaboration pour faire de la mise en service un succès. Leur implication permet aussi d'obtenir une meilleure information pour l'équipe de concepteurs pour l'évaluation de cycle de vie et l'analyse du coût global. Encore ici, une participation des opérateurs avec la collaboration d'un économiste de coûts facilitera la préparation de l'analyse du coût global pour valider les choix affectant les coûts d'opération et d'entretien. L'apport de ces deux intervenants réunis facilite la prise de décision en questionnant les valeurs des options ou solutions par la mise en commun de leur expertise de gestion d'immeuble et d'estimation des coûts.



Résumé - Rôles et responsabilités :

Comme il a été démontré dans la présente section, le PCI apporte en amont de la conception une équipe multidisciplinaire ce qui complexifie la structure de l'équipe et les relations entre les professionnels. Plusieurs rôles et responsabilités s'ajoutent à l'équipe traditionnelle de conception. Parmi ceux-ci, on retrouve le PA LEED, le facilitateur (gestionnaire de charrette), le champion (optionnel) ainsi que de nombreux intervenants. Les rôles et responsabilités entre le PA LEED, le facilitateur et le champion s'entrecroisent et peuvent créer une certaine ambiguïté. Conséquemment, ceux-ci doivent être définis de manière distincte et complémentaire et ces rôles doivent être bien expliqués à l'ensemble de l'équipe. Une charte de projet comprenant une matrice de responsabilités est un bon outil pour le faire. En outre, le nombre accru d'intervenants autour d'une même table impose une analyse et une recherche préparatoire avant de sélectionner les membres de l'équipe. Ainsi, le gestionnaire de projet ou de charrette a la responsabilité d'identifier les besoins en ressources selon les exigences et les objectifs du client. La formation de l'équipe doit considérer la compétence, la complémentarité des expertises et l'attitude. Lors du travail en charrette, le facilitateur doit s'assurer que les professionnels ne forment pas un sous-groupe dans l'ensemble du groupe (aussi connu sous le terme de « in-group »). Ce phénomène nuit à la collaboration et les synergies dans l'équipe. Il est causé entre autres du fait qu'il est difficile pour les professionnels de briser le patron de comportement de la pratique traditionnelle, avec le risque que l'architecte domine le processus de conception et le rôle du client soit relégué à l'acceptation des solutions proposées ce qui limite les échanges (mauvaise communication) entre les participants. Donc, à travers cette section, nous pouvons comprendre l'importance de l'équipe multidisciplinaire à travers le processus de conception intégrée (PCI). En d'autres termes, l'équipe de conception intégrée se définit par son interdisciplinarité, son ouverture, son écoute, son engagement et sa participation vers la réalisation de bâtiments innovants et durables.

Le PCI et les outils

Globalement, les outils servent à soutenir les aspects essentiels de la collaboration et appuient le processus de conception intégrée (PCI). Il existe plusieurs groupes d'outils dont ceux utilisés pour aligner le corps professionnel sur le PCI, ceux pour faciliter la visualisation des projets et les outils des technologies de l'information et de la communication (TIC). Ces groupes d'outils sont utilisés afin de favoriser l'interaction entre les membres de l'équipe multidisciplinaire grâce à l'amélioration de la communication (31), du partage des connaissances et de la compréhension de la portée et des objectifs du projet (32). Le PCI implique une synergie d'équipe, mais aussi des outils de modélisation et de simulation qui supportent une synergie des systèmes (15).

Outils de gestion et processus

Les outils de gestion et de suivi et contrôle des processus sont simples mais très pertinents pour assurer la finalité de la conception dans le respect des demandes du client et des contraintes du projet. Les feuilles de route, les agendas, les listes de vérification et les minutes de réunion sont tous des outils essentiels à la bonne conduite du PCI. Ceux-ci contribuent à l'aspect de continuité et d'alignement des objectifs de performance et servent à planifier et suivre la production des intrants et des extrants pour supporter le PCI. Un autre outil utile est la production de cartes heuristiques ou conceptuelles qui permettent de représenter les liens logiques entre les différentes idées ou concepts étudiés. Plusieurs logiciels facilitent la production de ces cartes.

Continuité (Assurance qualité) :

Il est suggéré que toutes les modifications, les changements de concept ou systèmes ainsi que toutes les prises de décisions soient notées dans un rapport de suivi des changements itératifs durant le processus de conception intégrée, et ce, dans toutes les charrettes. Ces rapports ou notations de continuité permettent d'assurer la bonne pratique du processus intégré du fait qu'ils gardent en mémoire le cheminement itératif parcouru par l'équipe (réflexion, consultation, la négociation et la prise de décision).

Exemple d'outils :

- La méthode SMART est souvent utilisée dans la gestion de projet au stade de la définition des objectifs afin d'évaluer leurs compatibilités avec le projet.

Définition de SMART :

- ✓ S = Spécifique
 - ✓ M = Mesurable
 - ✓ A = Atteignable
 - ✓ R = Réaliste
 - ✓ T = "Temporel" (inscrit dans le temps)
- La liste de « Touchstones » est une autre bonne méthode. Elle est utilisée afin de faciliter l'établissement un consensus au sein de l'équipe de conception dans l'élaboration des exigences de projet du propriétaire (« Owner's Project requirements » (OPR)) et dans la définition des cibles de base de conception (« Basis of Design » (BOD)) (4).
 - Certaines certifications comme la certification LEED Canada proposent leur propre liste afin de procéder à la vérification et validation des stratégies de conception durable. Ces documents servent, entre autres, à effectuer une analyse de faisabilité LEED.

SECTION 3 : Outils et technologies de soutien

Collaboration-Modélisation-Simulation

Outils collaboratifs

Dans le cadre d'un PCI, l'équipe de conception est formée de plusieurs intervenants ayant leurs propres façons d'interagir. Ainsi, chaque individu a un médium avec lequel il est plus à l'aise de s'exprimer. Alors les outils collaboratifs viennent faciliter les interactions entre les intervenants dans le but d'obtenir leur meilleur apport lors des charrettes. Pour ce faire, le facilitateur peut avoir recours à des outils mécaniques (tableaux blancs, papier, crayons, post-it, etc.) ou informatiques (tableaux interactifs, télévotants, tablettes, etc.), ou une combinaison des deux. A ces outils s'ajoutent des techniques afin de faciliter le processus, la dynamique et la participation de l'équipe, ainsi que l'idéation et la créativité dans le groupe. Le guide de Lindsey Coles : « The Integrated Design Process Facilitation Ressource Guide » (17) est une excellente source pour en connaître plus sur ces techniques.

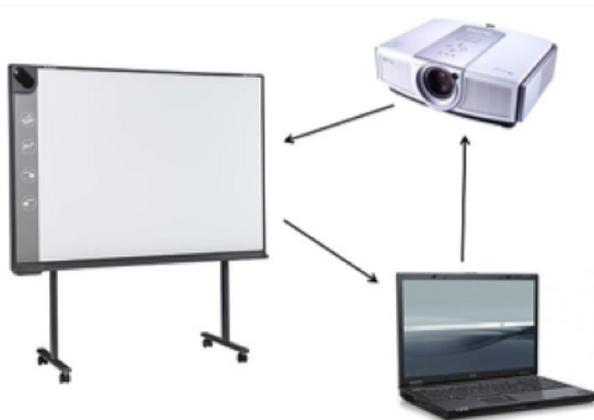


Figure 7 : Partage de contenu d'un tableau interactif

Tableau interactif :

Cette technologie aide à créer un environnement collaboratif avec la flexibilité nécessaire pour maximiser l'efficacité des activités de charrette. Le tableau favorise la participation des intervenants via de nombreuses possibilités d'activités interactives et d'évaluation numérique par le biais, notamment du couplage technologique du tableau interactif avec des télévotants. Les participants peuvent contribuer aux idées de façon plus efficace à travers les interfaces du tableau interactif comme l'illustre la figure 7. Cet outil permet également une collaboration intuitive de l'équipe de conception par le visionnement et le partage de contenu informatique tel que des courriers électroniques, des maquettes numériques, échancier numérique, etc. (voir figure 7). Ce type de tableau facilite grandement la communication, le partage de l'information et la collaboration et peut être utilisé dans le cadre des activités d'idéation et de créativité. Pour ces raisons, le laboratoire du GRIDD est équipé de ces équipements.

Le télévotant :

Le logiciel des télévotants permet de valider rapidement les préférences au niveau des choix offerts par une rétroaction immédiate des participants lors d'une charrette. Efficace et rapide, il permet de recueillir les opinions des parties prenantes à l'aide de questions à choix multiples de manière anonyme et d'afficher les résultats sous forme graphique (histogramme ou autres). Ce système permet à la fois de savoir ce que les participants pensent réellement et d'observer les tendances.

Techniques de synergie pour stimuler la créativité :

- Check-in
- Brise-glace
- « Open forum »
- World Café
- Prise de décision
- Six chapeaux de réflexion
- « Brainstorming »
- Cartographie des consensus

Technologies de l'information et de communication (TIC)

Le but de l'utilisation des TIC est de faciliter ou de supporter l'analyse et d'aider la prise de décision. Les maquettes numériques, des logiciels de simulation ou d'analyse de coûts et parfois même des télévotants permettent l'évaluation ou la validation des options de conception et notamment la synergie des systèmes et permettent une prise de décision éclairée. Les logiciels d'analyse sont essentiels pour concevoir un bâtiment à haute performance et ce, avec un surcoût en capital moindre et des coûts d'exploitation réduits(15). On recommande de faire l'évaluation des options selon deux à trois critères dont la performance, les coûts (capital et global), ou une analyse du cycle de vie (Voir l'approche de Larsson p.35). Pour ce faire, l'industrie peut s'appuyer sur une panoplie de logiciels de modélisation et de simulation.

Logiciels de modélisation et de simulation

Dans les outils de modélisation et de simulation, on retrouve plusieurs types de logiciels permettant d'analyser et d'optimiser l'interaction entre de nombreux systèmes, sous-systèmes et composantes (tableau 4). Parmi ceux-ci, on retrouve les fonctionnalités suivantes : modélisation énergétique (enveloppe, CVCA, etc.), simulation de lumière naturelle et d'éclairage, analyse du coût global, analyse de cycle de vie (ACV), calcul de l'émission de GES, analyse de CFD, (Étude de la dynamique des fluides) ainsi que la comparaison de scénarios pour un bâtiment des systèmes ou sous-systèmes (4, 33). Les logiciels les plus complets ont été surlignés en bleu dans le tableau 4. Les plus utilisés sont eQuest, EE4, SIMEB, Open Studio, Design Builder et Athéna (ACV). Il existe d'autres types de logiciels gratuits comme Sketchup et Radiance qui peuvent être utilisés pour évaluer l'ensoleillement ou l'apport en éclairage naturel. Néanmoins, dans tout type de logiciel, il faut s'assurer d'avoir les connaissances nécessaires en science du bâtiment et en mécanique (voir tableau 4, échelle de 1 à 5) et une bonne dose d'expérience pour procéder à une bonne simulation et interpréter les résultats adéquatement. Autrement dit, ces outils demandent des connaissances telles que la simulation énergétique, les processus thermiques et connaître les limites des outils afin d'en tirer les bonnes conclusions et les bénéfices recherchés (34).

« Nous utilisons une panoplie de logiciels selon les besoins de conception et les problèmes à résoudre, mais au début de la conception, l'outil le plus efficace demeure le dessin à la main levée. Nous avons réalisé que l'opération de logiciels, aussi performants soient-ils, ralentit notre démarche créative initiale qui vise essentiellement à saisir les opportunités à notre portée pour ajouter de la valeur au projet. Lorsque les idées principales sont sur papier et que nous sommes en mesure d'obtenir l'adhésion des intervenants clés, principalement le client, nous sommes prêts à mettre à l'appui les différents logiciels pour pousser plus loin ces idées et optimiser le rapport qualité/prix. »

Normand Hudon

Tableau 4 : Fonctionnalités et logiciels (33)

Logiciel	SIMEB	eQuest	Design Builder	TRNSYS	Ecotect Analysis	TRACE 700	IES	ESP-r	Open Studio
Général									
Type de logiciel: Simplifié, Complet, Spécialisé	S	C	C	Sp	S	S	C	C, Sp	S
Niveau de connaissance en science du bâtiment et en mécanique (1 faible, 2 élevé)	2	3	3	5	2	2	3	5	2
Fonctionnalités									
Modélisation énergétique (CVAC)	x	x	x	x		x	x	x	x
Simulation d'éclairage naturelle	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Analyse du coût global		x					x		
Analyse de cycle de vie (LCA)							x		
Calcul de l'émission de GES			x		x		x	x	
Analyse CFD (Étude de la dynamique des fluides)			x				x	x	
Comparaison de bâtiment et/ ou d'un système	x	x				x	x		

Contributions des outils à l'atteinte des objectifs de performance :

- *Fournir un soutien au processus de prise de décision du projet (PCI);*
- *Établir les analyses croisées et mieux interpréter les données;*
- *Ajuster les composantes du bâtiment pour en maximiser la performance;*
- *Élaborer des stratégies de conception écoénergétique;*
- *Visualiser et comparer diverses solutions de conception;*

Critères de sélection des outils :

- *Ergonomie et gestion de l'interface;*
- *Interopérabilité avec les bases de données des logiciels de conception;*
- *Capacité de simuler une construction détaillée et complexe avec précision;*
- *Intégration avec le processus de conception.*

Exemples d'usage du BIM :

- *Programmation*
- *Analyse du site*
- *Planification de l'échéancier du chantier*
- *Estimation des coûts*
- *Simulations*
- *Modélisation des conditions existantes*
- *Conception*
- *Revue de conception et production de dessin*

L'application des TIC supporte le développement d'environnements virtuels intégrés, ce qui permet aux membres de l'équipe d'être plus créatifs et innovants (14). Cependant, l'utilisation de TIC comme les outils de simulation et le « Building Information Modeling » (BIM) dans le contexte d'une charrette de conception demande une préparation soignée pour éviter les pertes de temps dans la manipulation des logiciels et la recherche des données.

Building Information Modeling (BIM) :

Le BIM permet de visualiser, de modéliser et de simuler en 3D sur une maquette numérique. Le BIM est d'abord et avant tout un processus itératif et intégré de conception. Les technologies associées au BIM facilitent la résolution de problèmes complexes, notamment ceux reliés à la coordination de la mécanique, de l'électricité et de la plomberie (MEP) (10). Ce processus permet donc l'optimisation et l'intégration des fonctionnalités de conception (35). Le but du BIM est d'intégrer l'information des intervenants et experts qui travaillent traditionnellement dans différentes phases de construction, c'est-à-dire la conception, la construction et l'opération (36). Autrement dit, il peut être utilisé à la fois pour la coordination, la simulation, l'estimation des coûts et la gestion des équipements (37). L'implication du BIM dans le processus de conception intégrée dépend de son usage. Selon le CIC Penn State, il y a près de 35 usages différents du BIM. Il est donc important d'élaborer un plan de gestion BIM afin de déterminer les usages utilisés et leurs spécifications techniques pour la création de la maquette numérique (37). Certains de ces usages sont présentés dans l'encadré de gauche.

Conditions fondamentales pour réussir un processus de conception intégrée (PCI)

La compétence et la motivation

La motivation et la compétence contribuent à teinter le projet des valeurs de l'équipe de conception. Alors, l'esprit d'équipe devient l'esprit du projet (4). La qualité d'un projet est la responsabilité individuelle et collective des acteurs impliqués.

Confiance et respect

La confiance et le respect entre les membres d'une équipe sont essentiels pour créer le niveau de collaboration et d'engagement requis pour un PCI réussi.

Conflits d'objectifs

Les conflits d'objectifs concernent les intentions de conception qui peuvent se contredire et nuire à la réalisation de la performance recherchée en raison de la complexité d'un projet. Par exemple, l'éclairage naturel pourrait augmenter la charge de climatisation en été et aller à l'encontre d'une réduction de la consommation énergétique. Un exercice de *visioning* lors de l'établissement des cibles et des objectifs, une communication efficace, ainsi qu'un échange d'information continu lors du développement des concepts peuvent minimiser le risque de conflits entre les solutions proposées selon chacune des disciplines. Cela pourrait perturber grandement l'atteinte des objectifs, étant donné que les objectifs individuels ne sont pas totalement alignés avec les objectifs du projet.



Le partage des informations

Le partage efficace de l'information vise à ce que la bonne information parvienne à la personne appropriée au bon moment. Ainsi, les décisions critiques peuvent être prises rapidement sans trop impacter le processus de conception.

Alignement des objectifs de performance avec l'équipe :

L'efficacité de l'ensemble du projet dépend de la capacité de l'équipe de conception à concentrer ses efforts sur les buts et les objectifs de performance afin d'éviter de réaliser un concept non cohérent dans les interrelations entre les systèmes. L'équipe doit travailler ensemble vers des objectifs communs afin d'établir une cohésion des choix de conception (14). Les objectifs sont définis à partir de cibles de performance déterminées par le client et le cœur de l'équipe de conception lors de la charrette de préparation selon les valeurs de l'ensemble de l'équipe intégrée et les exigences et les attentes du client présent dans le programme préliminaire.

SECTION 4 : La structure du PCI actuelle et proposée

Maturité et approches

Cette section est le résultat de plusieurs recherches, analyses et itérations afin d'identifier les pratiques courantes au Québec et d'en évaluer le taux de maturité comparativement à ce qui se fait ailleurs. Cela a permis d'établir une échelle de maturité de 1 à 5³ et de présenter les différentes méthodes et procédés pour réaliser des bâtiments durables, c'est-à-dire moins énergivores et plus respectueux de l'environnement.

Niveaux de maturité 1 à 5

Les niveaux de maturité illustrés dans le tableau 5 (voir page suivante) tracent un portrait global sur l'avancée de la PCI au Québec à travers les pratiques courantes. Ce tableau présente sommairement les applications et les modalités du PCI selon les niveaux de maturité. Le niveau 1 de maturité (initial) s'avère être une mauvaise compréhension du PCI car elle ne permet pas d'établir des solutions optimales. Ce niveau correspond à un processus traditionnel basé sur la coordination. Le niveau 2 (Discipliné), commence à intégrer certains principes de PCI comme la collaboration entre les acteurs et intervenants du projet à travers un plan de projet dans le but d'aligner les objectifs de conception (plan de charrettes). Par contre, le principe de continuité et de cycle de vie est absent dans le processus et ne tient pas compte de l'implication du constructeur. Les niveaux 3 et 4 (ajusté et géré

quantitativement), représentent ce qui se fait de mieux en conception intégrée (CI) au Québec. Toutefois, il ne tient pas compte de la mise en service et des opérations dans la plupart des cas, ce qui est primordial pour obtenir un bâtiment optimal en tenant compte son cycle de vie. Au niveau 4, la notion de performance est prise en compte, mais l'optimisation des relations entre les systèmes est absente. Le niveau 5 (Optimisation) correspond aux meilleures pratiques de la conception intégrée, puisqu'il tient compte de la synergie des systèmes pour l'efficacité énergétique des bâtiments et de la réduction de ses impacts environnementaux. En plus, cette maturité cherche l'optimisation et l'évolution constante du processus. Ainsi, la rétroaction nécessaire en PCI est incluse dans ce niveau de maturité tel que l'évaluation post-occupation (EPO).

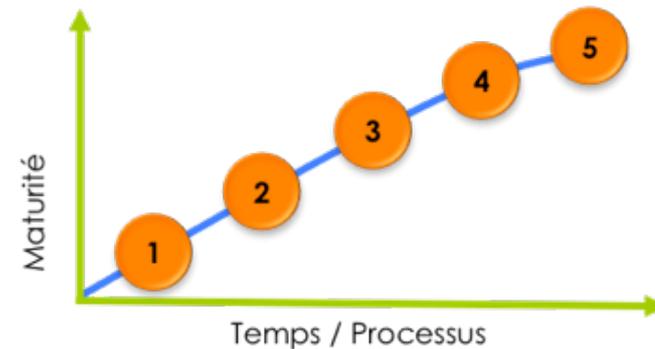


Figure 8 : Maturité en fonction du temps et du niveau de processus

³ Voir la figure 8 à la page 27, la figure 9 de la page 29, ainsi que le tableau 5 à la page 28.

Tableau 5 : Les 5 niveaux référentiels internes de maturité en PCI inspirés du modèle de Louis-René Champoux

Niveau de maturité	Description	Processus
1) Initial	Pas de grand pilier directionnel, aucune façon de faire ou standard ne sont établis.	<ul style="list-style-type: none"> • Alignement des objectifs de performance au lancement du projet. L'atteinte des résultats repose sur l'engagement et la bonne volonté des professionnels et non sur l'application disciplinée de bonnes pratiques du PCI.
2) Discipliné	Une discipline est établie pour chaque projet et se matérialise essentiellement par des plans de projet.	<ul style="list-style-type: none"> • L'alignement des objectifs de performance au lancement du projet est suivi à travers quelques charrettes; • La planification du processus est établie : la gestion des exigences, le suivi de projet, l'utilisation de métriques tels que LEED Canada, l'assurance qualité avec la simulation énergétique finale.
3) Ajusté	Standardisation adéquate du processus de conception intégrée, une capitalisation centralisée et une maîtrise du référentiel interne.	<ul style="list-style-type: none"> • Le processus de conception intégrée implique d'autres parties prenantes, comme le constructeur, essentiel à l'intégration de la construction dans la phase de conception; • La prise de décision est mieux organisée pour faire place à l'intégration par le biais de la collaboration; • L'expression des besoins du client est mieux établie. Ceux-ci sont atteints par une meilleure structuration du processus au niveau des charrettes (programme de charrette); • Meilleur suivi et contrôle.
4) Gérer quantitativement	Les projets sont pilotés sur la base de mesures quantitatives de l'atteinte des objectifs.	<ul style="list-style-type: none"> • Performance du PCI et gestion quantitative de l'atteinte des cibles de performance grâce à plusieurs simulations. Spécifiquement, l'utilisation du BIM à l'aide de l'interopérabilité de logiciel de simulation.
5) Optimisation	Les processus sont optimisés en continu afin d'anticiper les évolutions prévues.	<ul style="list-style-type: none"> • Innovation à travers le processus conception intégrée (PCI). Le client cherche à innover avec l'équipe de conception; • Les intervenants et les acteurs cherchent à définir un développement durable au sens large; • Optimisation continue en conception et construction du bâtiment dans son ensemble : énergie, environnement (eau, habitat humain et naturel); • Application de l'évaluation post-occupation afin de faire évoluer PCI.

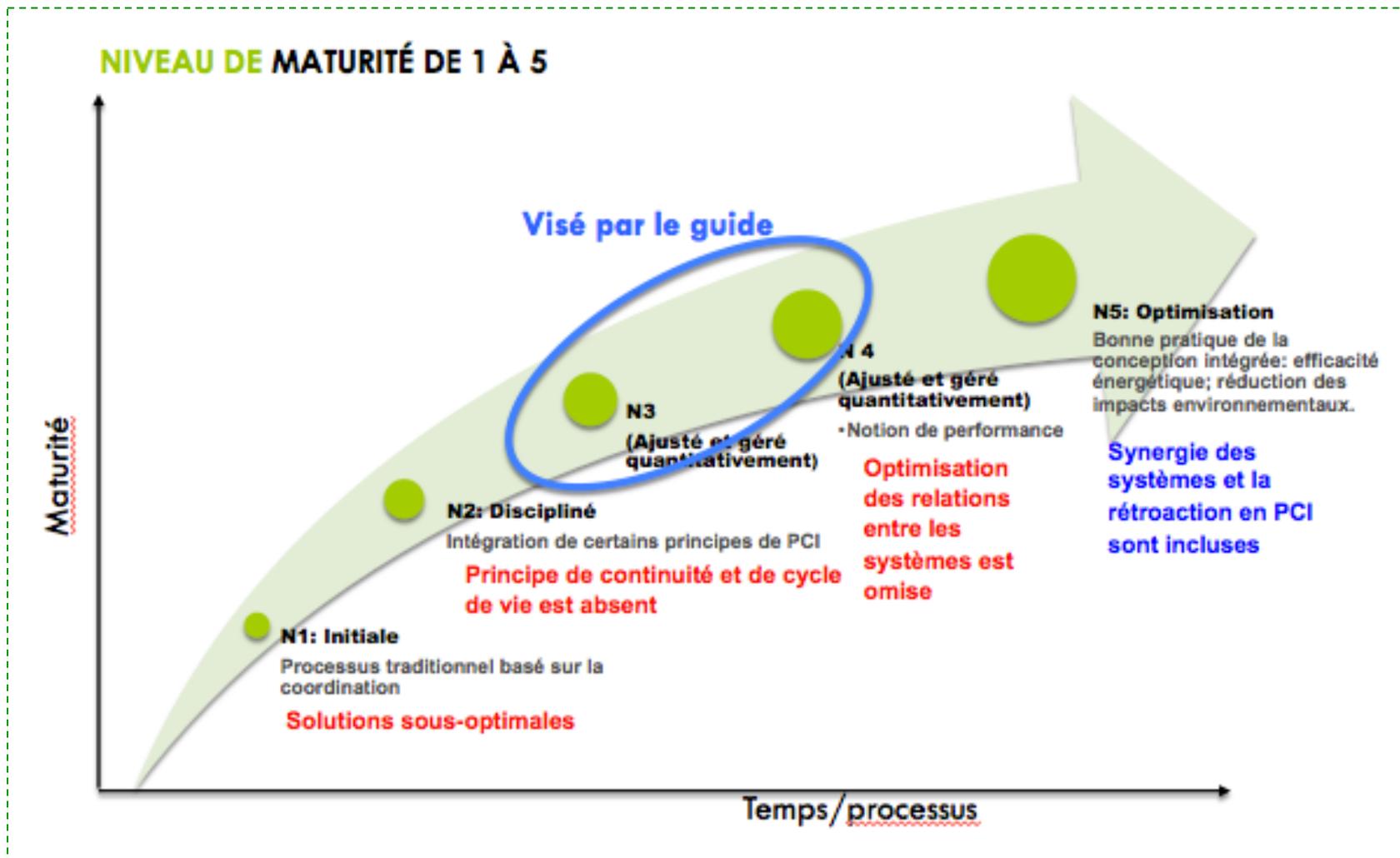


Figure 9 : Description sommaire de la maturité en fonction du temps et du niveau de processus

Approches du processus de conception intégrée au Québec

Approches du PCI au Québec

Par l'entremise de nos recherches, un constat a pu être établi sur les différentes pratiques de la conception intégrée au Québec. Ces différentes approches s'appuient habituellement sur le système d'étalonnage LEED Canada afin d'établir les stratégies de durabilité qui correspondent aux trois ensembles stratégiques présentés à la figure 10, soit : les mesures passives, les énergies renouvelables et le mesurage et vérification (M&V) des équipements. Contrairement aux approches de Larsson (voir pp. 35 à 38) et de Reed (voir pp. 39 à 43) qui visent une approche intégrative ou l'utilisation de l'étalonnage à chacune des phases de conception pour une optimisation continue de la performance, celles utilisées au Québec se limitent souvent à une optimisation de la conception à l'aide d'un processus traditionnel. Ainsi, un effort considérable doit être fait pour s'approprier les bonnes pratiques intégratives de ces derniers. En ce sens, les organisations doivent comprendre les structures existantes pour gravir la courbe de maturité et adopter graduellement les meilleures pratiques du PCI. L'application de la conception intégrée devrait inclure l'aspect énergétique, environnemental et humain. En ce sens, une approche idéale du PCI pourrait intégrer les pratiques de Larsson et de Reed et Busby.

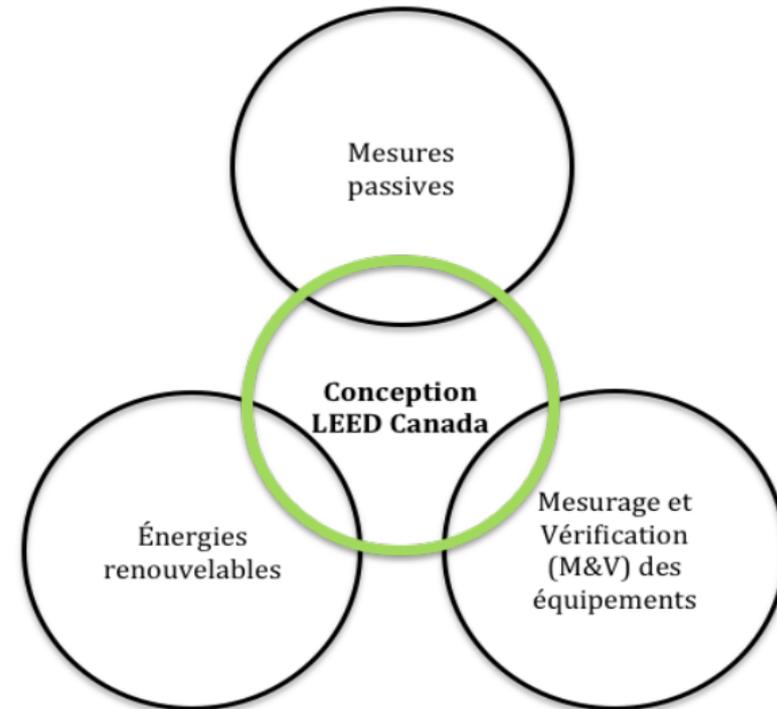


Figure 10 : Diagramme du PCI au Québec inspiré des recherches

Approches proposées du processus de conception intégrée au Québec

Cette section suggère une approche pour les trois premiers niveaux.

Approche 1 (maturité 1)

La première approche observée au Québec n'est ni plus ni moins qu'un processus de conception traditionnelle avec une charrette au début pour aligner les professionnels vers des cibles de performance. À cet effet, il n'y a pas d'optimisation mais une meilleure coordination puisque la synergie essentielle au PCI ne peut être réalisée dans de telles conditions.

Approche 2 (maturité 2)

Elle s'appuie sur cinq charrettes dont une qui porte sur la préparation. Elles comportent : 1) Planification et logistique de charrette; 2) l'alignement des attentes et objectifs du client; 3) l'exploration des concepts; 4) l'évaluation, l'analyse et le développement des solutions synergiques entre les mesures passives et les systèmes (efficacité énergétique des solutions); et 5) l'intégration du constructeur en appui à la vérification, l'optimisation et la validation des concepts lors de la conception détaillée⁴. Dans cette approche, la séquence et la disposition des charrettes sont imbriquées dans le mode traditionnel de conception, ce qui peut limiter la recherche des interrelations entre les systèmes et les sous-systèmes.

Approche 3 (maturité 3)

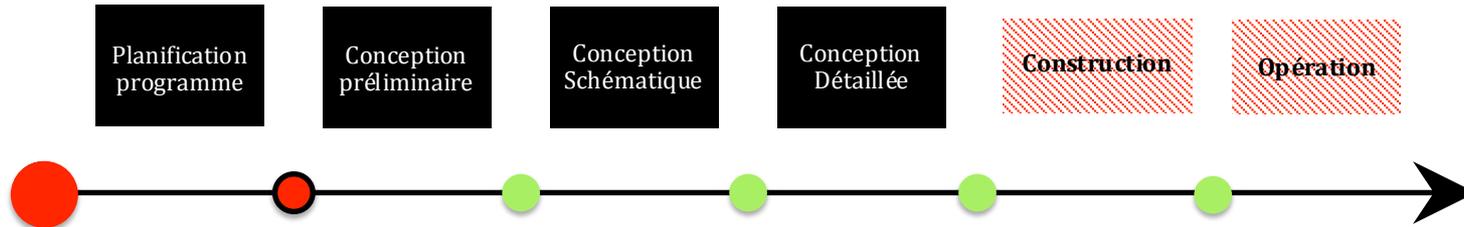
Elle consiste à l'application du PCI soutenue par une certaine connaissance et intention du client face au PCI. Cette approche s'appuie sur trois charrettes dont une préparatoire. Elles comportent : 1) Planification et logistique de charrette; 2) l'évaluation et l'analyse des mesures passives et 3) l'évaluation et l'analyse des systèmes et équipements orientés vers l'économie d'énergie. Cette approche est fondée sur l'alignement des solutions sur les attentes et les objectifs du client, l'optimisation par itération continue des systèmes et sous-systèmes, ainsi que sur l'intégration du constructeur et parfois de l'opérateur. L'optimisation des interrelations entre les mesures passives et les systèmes passe par des ateliers thématiques afin d'évaluer et d'analyser les paramètres intrants de celle-ci. Ainsi, les interrelations entre la volumétrie, l'orientation, l'ensoleillement et les vues sont décidées distinctement des équipements. Autrement dit, cette approche met l'emphase sur l'analyse et la recherche de synergies entre les systèmes afin d'optimiser les solutions.

À cet effet, il est pertinent d'encourager l'intégration de la simulation dans le processus de conception, notamment dans le cadre d'une approche méthodologique visant l'optimisation de la performance énergétique, un aspect auquel s'intéresse le Bureau de l'efficacité et de l'innovation énergétiques (BEIE).

Les approches du PCI au Québec montrent une certaine évolution. À cet effet, la troisième pratique illustrée à la page 34 correspond à une pratique acceptable pour atteindre une durabilité satisfaisante dans un contexte actuel. Elle permettra à l'organisation d'atteindre une meilleure maturité afin d'obtenir de meilleur résultat à l'avenir.

⁴ La « conception détaillée » est une phase de conception aussi nommée « développement de la conception ».

Approche du PCI 1 au Québec :



Charrette 1 (Durée ½ à 1 jour) :

Alignement des attentes et objectifs du client :

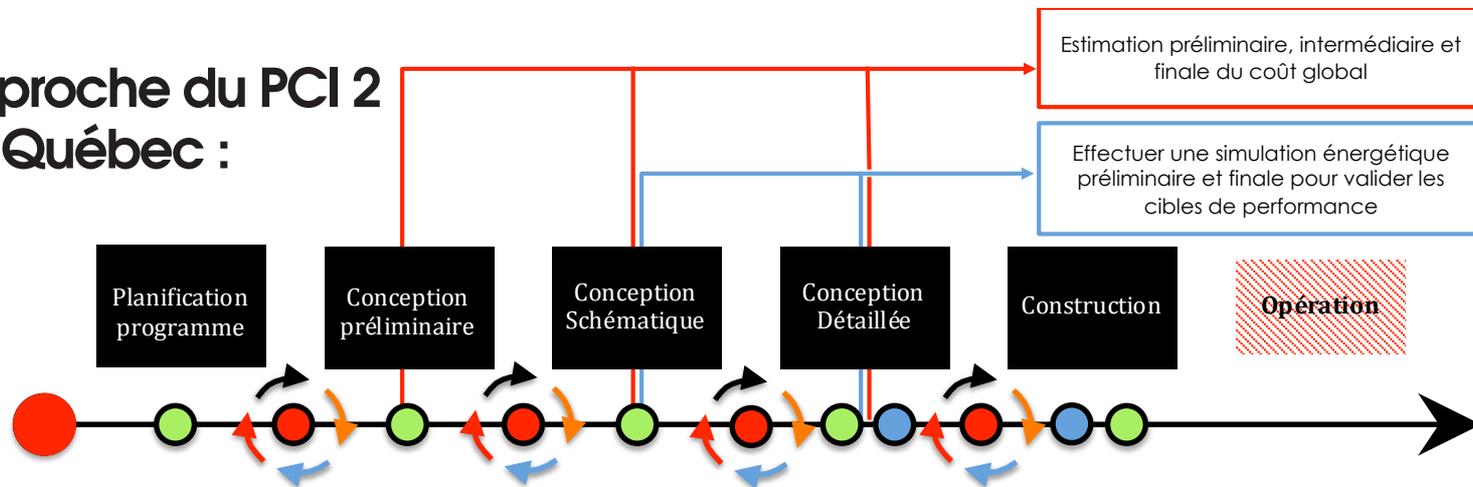
- Obtenir les objectifs, les attentes et les demandes du client ;
- Clarifier les objectifs du programme fonctionnel et établir les cibles de performances ;
- Définir le niveau de certification LEED à atteindre seulement si le client l'exige ;
- Générer des stratégies potentielles pour atteindre les cibles de performance ;
- Déterminer la magnitude des impacts sur les coûts des stratégies potentielles proposées ;
- Déterminer les rôles et responsabilités, les livrables et les experts selon les prises de décisions ;
- Initier la documentation des exigences de projet du client ;
- Établir un agenda comprenant les objectifs, les intrants requis ainsi que ceux qui en sont responsables, les options à étudier et les résultats attendus.
- Évaluation par le groupe de l'efficacité et l'efficience dans la conduite de l'atelier à la fin

Description :

La perception du PCI au Québec se limite trop souvent à un ou plusieurs ateliers d'une journée ou moins, qualifié de charrettes. Ces ateliers consistent fréquemment en de la coordination et des présentations au client. La feuille de route des ateliers se concentre sur la liste de contrôle de LEED et non sur un exercice d'optimisation multidisciplinaire à la recherche de solutions innovantes. Malgré les bénéfices d'une réduction des erreurs et omissions par une meilleure coordination, on perd ainsi une opportunité d'optimiser les solutions de conception et d'atteindre une synergie des systèmes à l'aide de l'évaluation de cycle de vie, l'analyse du coût global, l'analyse de la valeur du bâtiment ou l'intégration du constructeur et de l'agent de mise en service en amont du processus. Ainsi, la synergie d'équipe et la synergie des systèmes ne peuvent pas être atteintes et on obtient souvent des bâtiments moins performants, moins innovants et moins durables.

Figure 11 : Approche 1 du PCI au Québec inspiré des recherches de l'auteur

Approche du PCI 2 au Québec :



Charrette 1 (Durée : ½ à 1 jour) :

Alignement des attentes et objectifs du client

- Établir un agenda de charrette 1 comprenant les objectifs, les intrants requis ainsi que ceux qui en sont responsables, les options à étudier et les résultats attendus ;
- Introduire les participants et l'ensemble du PCI ;
- Obtenir les objectifs, les attentes et les demandes du client ;
- Clarifier les objectifs du programme (PFT) et les cibles de performance ;
- Établir une référence conventionnelle pour évaluer la performance ;
- Générer des stratégies potentielles pour atteindre les cibles de performance ;
- Évaluer par le groupe l'efficacité et l'efficience dans la conduite de l'atelier.

Charrette 2 (Durée : 1 jour) :

Exploration du concept du bâtiment et du site

- Établir l'agenda de la charrette 2 ;
- Générer les alternatives du concept final du bâtiment et du site :
 - Explorer la forme du bâtiment versus sa consommation d'énergie, le confort des occupants, le potentiel du site : la densité, l'exploitation des vues, l'orientation et l'adéquation de la forme avec le contexte du projet (aspect bioclimatique, communautaire, réglementaire, etc.) ;
 - Développer et évaluer les alternatives selon le site et la configuration du bâtiment, en fonction des explorations.
- Évaluer par le groupe l'efficacité et l'efficience dans la conduite de l'atelier.

Charrette 3 (Durée : 1 à 3 jours) :

Lancement de la conception schématique

- Établir l'agenda de la charrette 3 ;
- Développer le concept selon le site et la configuration du bâtiment, en fonction des évaluations des alternatives. Produire l'esquisse ;
- Évaluer le potentiel réel d'atteindre les cibles de performance ;
- Explorer les systèmes d'éclairage, de CVCA et les systèmes d'énergie renouvelable (panneau photovoltaïque, système de stockage d'énergie, géothermie, etc.) ;
- Identifier les systèmes qui demandent une analyse approfondie des coûts, incluant les coûts de cycle de vie. Estimation intermédiaire ;
- Évaluer par le groupe l'efficacité et l'efficience dans la conduite de l'atelier.

Charrette 4 (Durée : 1 jour à 2 jours) :

Conception détaillée

- Établir l'agenda de la charrette 4 ;
- Intégrer l'entrepreneur ou le constructeur ;
- Évaluer la synergie des systèmes via la performance énergétique ;
- Identifier et analyser les composants de systèmes qui requièrent une analyse de coût approfondie ;
- Procéder au choix des systèmes, des équipements et des matériaux (enveloppe) ;
- Estimer le coût intégré global.
- Évaluer par le groupe l'efficacité et l'efficience dans la conduite de l'atelier.

Figure 12 : Approche 2 du PCI au Québec inspiré des recherches de l'auteur

Approche du PCI 3 au Québec :

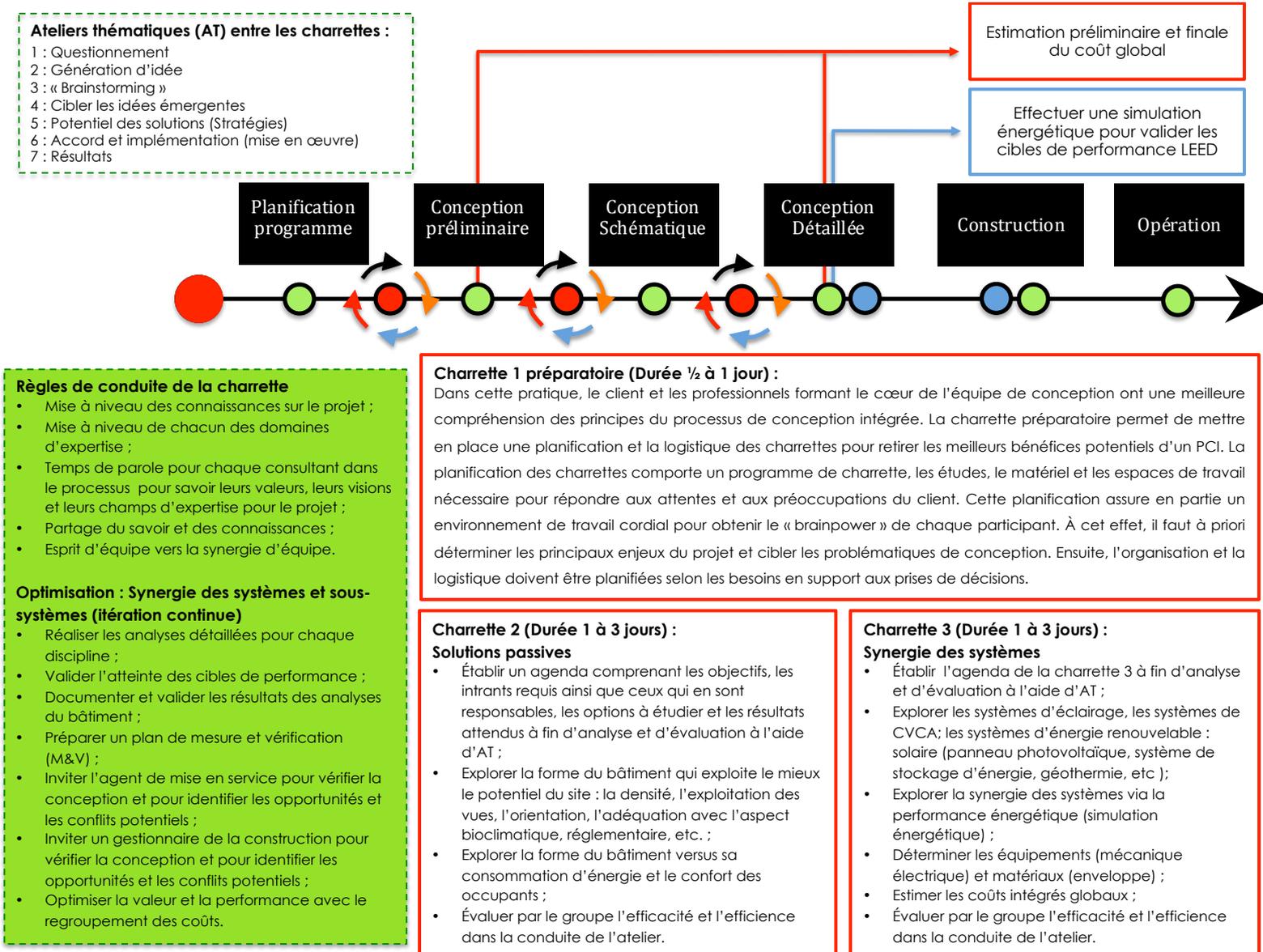


Figure 13 : Approche 3 du PCI au Québec inspiré des recherches de l'auteur

Approche proposée du processus de conception intégrée de Nils Larsson

Approche du PCI de Nils Larsson (maturité 4)

Cette approche est structurée selon les composantes et les systèmes du bâtiment tels que présentés à la figure 14 et est centrée sur la maximisation de la performance énergétique. Elle décrit une méthode systématique qui présente une description formelle des tâches et responsabilités des intervenants principaux à travers le chemin critique du processus de conception intégrée. Autrement dit, Larsson présente une synthèse des jalons du processus de conception intégrée et des charrettes. Cette approche structure l'intégration et l'optimisation des systèmes via : 1) l'exploration d'alternatives; 2) l'analyse de la performance énergétique; 3) le développement des options; 4) le choix des options (analyse et validation) ; et 5) l'intégration des choix conceptuels dans les documents de construction. Dans l'approche de Larsson, le choix des options est basé sur l'analyse énergétique, l'évaluation de la performance des systèmes, l'analyse du coût global et l'évaluation du cycle de vie afin d'introduire la performance énergétique et les impacts environnementaux dans la prise de décision. La représentation graphique de l'approche de Nils Larsson, présentée aux pages 35 à 38, correspond à une très bonne pratique. Par contre, elle est très technique et ne considère pas une vision élargie du développement durable comme le fait l'approche de Reed.

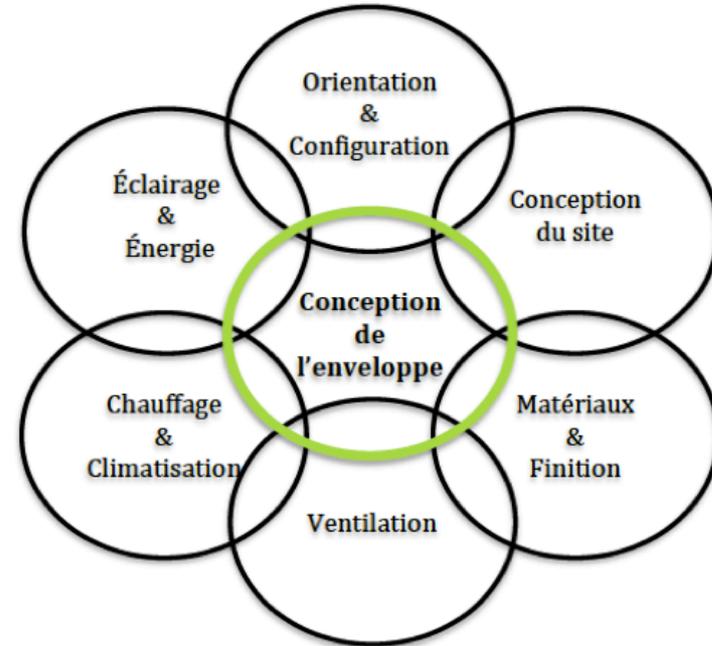


Figure 14 : Diagramme du PCI inspiré par Larsson (38)

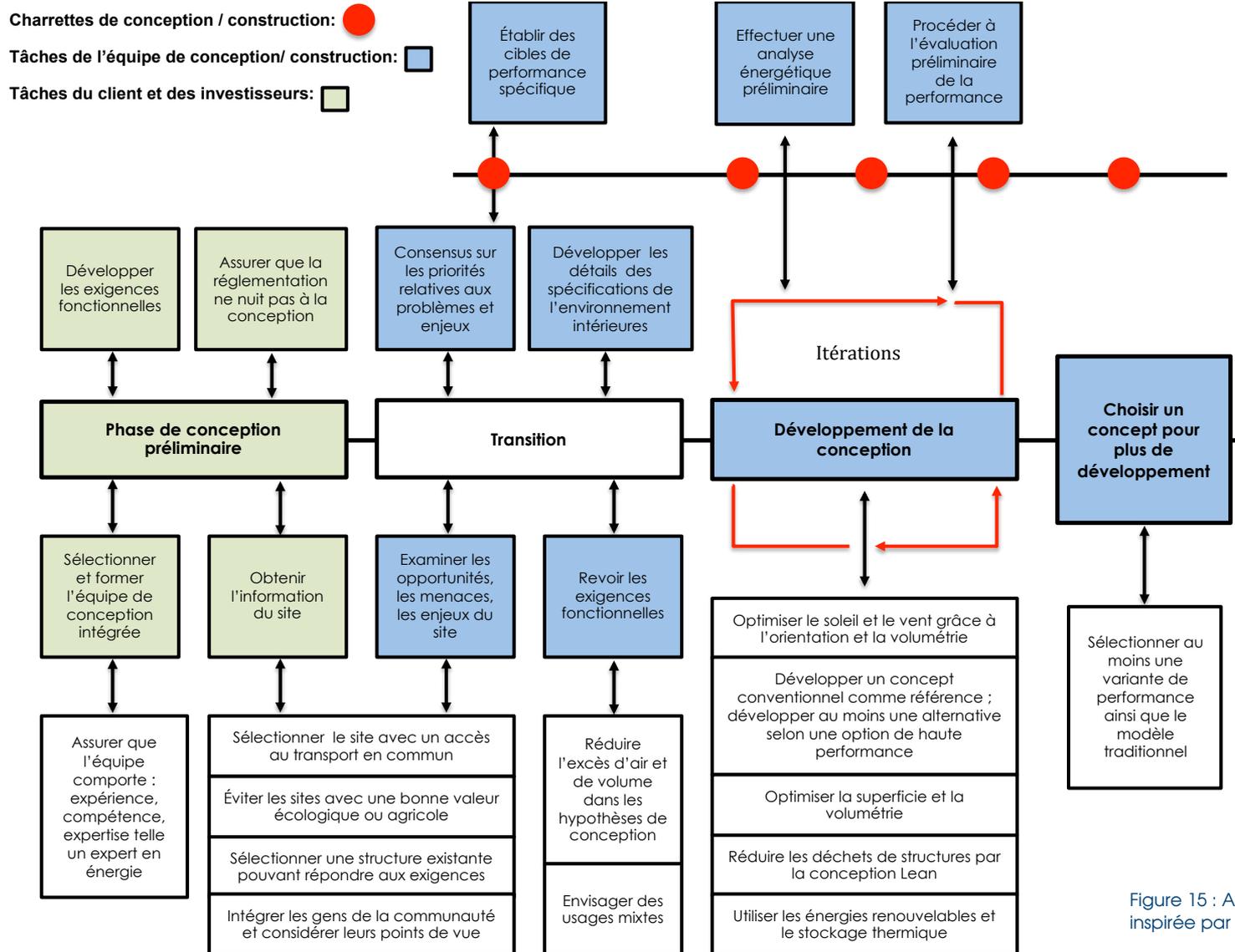


Figure 15 : Approche du PCI inspirée par Larsson 1/3

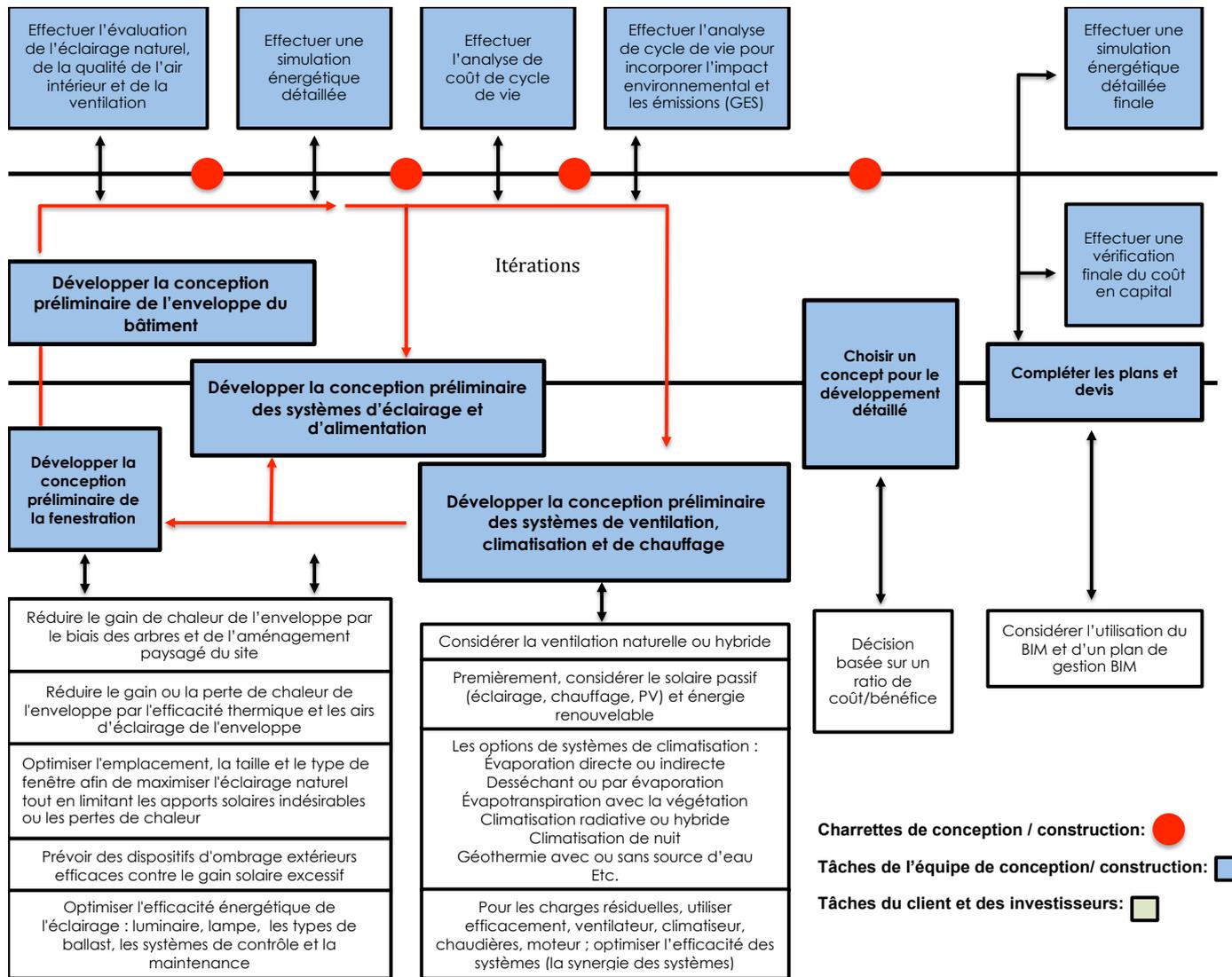


Figure 16 : Approche du PCI inspirée par Larsson 2/3

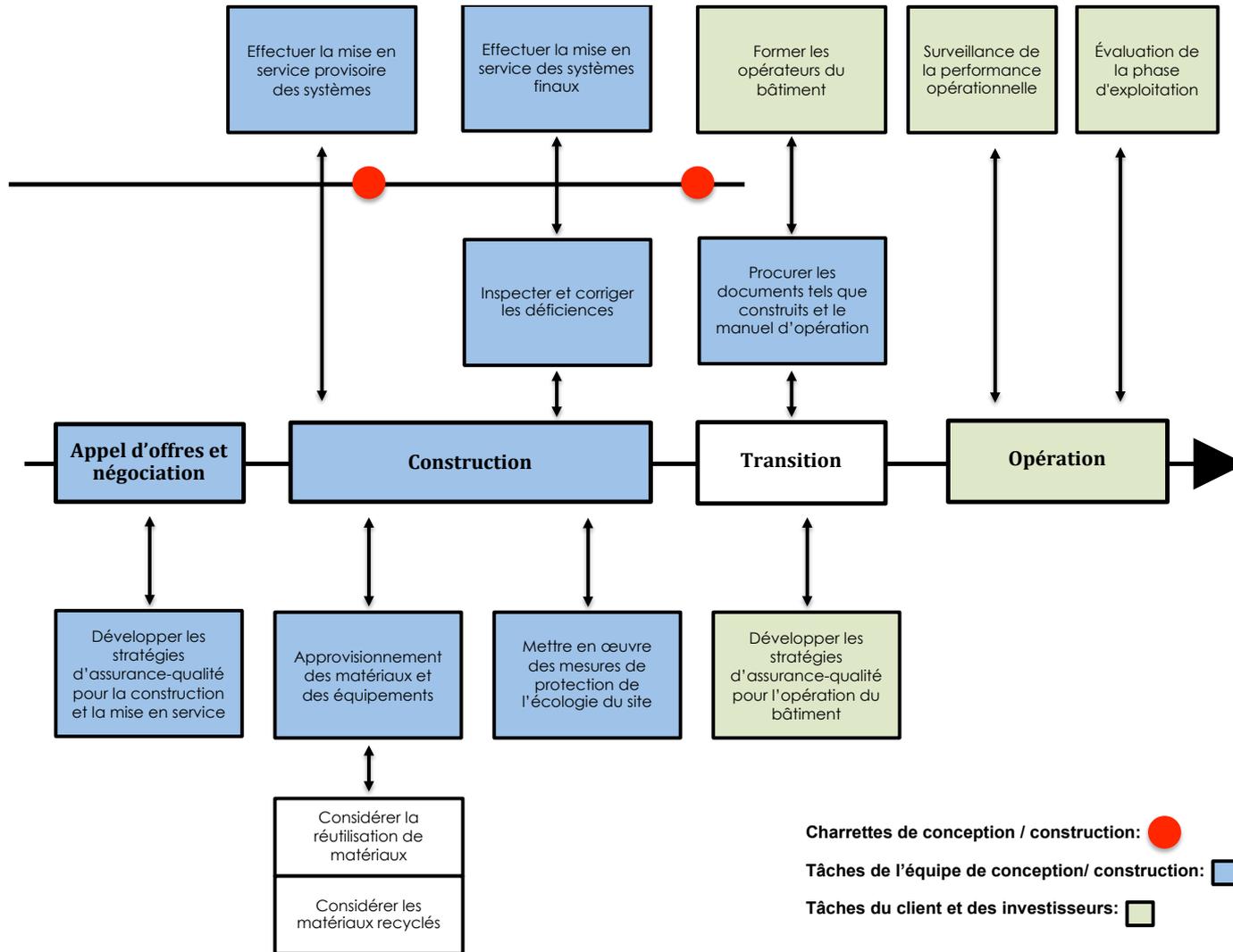


Figure 17 : Approche du PCI inspirée par Larsson 3/3

Approche du processus de conception intégrée inspirée de Busby et Reed

Approche du PCI inspirée de Busby et Reed (maturité 5)

Cette approche propose une conception de bâtiments écologiques qui vise la restauration ou la régénération d'écosystèmes. Elle considère des ensembles beaucoup plus larges qui exigent un niveau de maturité élevé à l'équipe de conception intégrée. Busby et Reed apportent une vision plus flexible que celle de Larsson. Elle comporte deux différences fondamentales avec celle de Larsson. L'approche de Larsson impose une séquence pour l'optimisation, tandis que Reed suggère que l'équipe développe et s'entende sur un plan de travail décrivant la séquence et les rôles et les responsabilités pour l'optimisation (voir figure 19). Un élément-clé dans l'approche Busby et Reed, est le modèle d'apprentissage divergent-convergent utilisé pour amener le groupe de conception à innover (voir figure 18). Il vise à stimuler la génération d'idées innovantes et les synergies lors de la prise de décision. Ainsi, dans la zone des pensées divergentes, les individus explorent (individuellement ou en petits groupes) diverses possibilités et identifient des solutions potentielles lors d'ateliers thématiques. Ensuite, la zone des pensées convergentes, vise à analyser les diverses possibilités et leurs contradictions pour les faire converger vers les propositions les plus prometteuses à travers les charrettes de conception, et ce, dans le processus itératif de recherche et analyse. Par ailleurs, les thématiques à la figure 19 illustrent les ensembles considérés dans les séances thématiques de remue-méninges. Ces thématiques s'intègrent progressivement dans l'ensemble du cycle de vie du bâtiment. Cette approche comporte : 1) l'intégration d'ensembles et de systèmes; 2) les activités et tâches de charrettes; l'intégration des parties prenantes importantes; 3) l'effort d'itération; 4) le processus d'apprentissage divergent-convergent; et 5) le mode de travail de l'équipe. Par conséquent, cette approche cible les principes d'une bonne pratique de conception intégrée et holistique du bâtiment en symbiose avec son environnement.

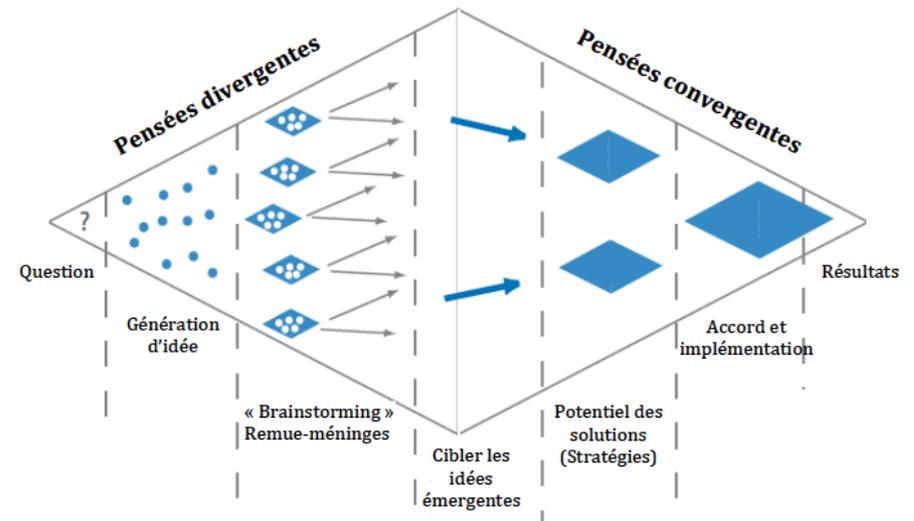


Figure 18 : Modèle d'apprentissage divergent-convergent (3)

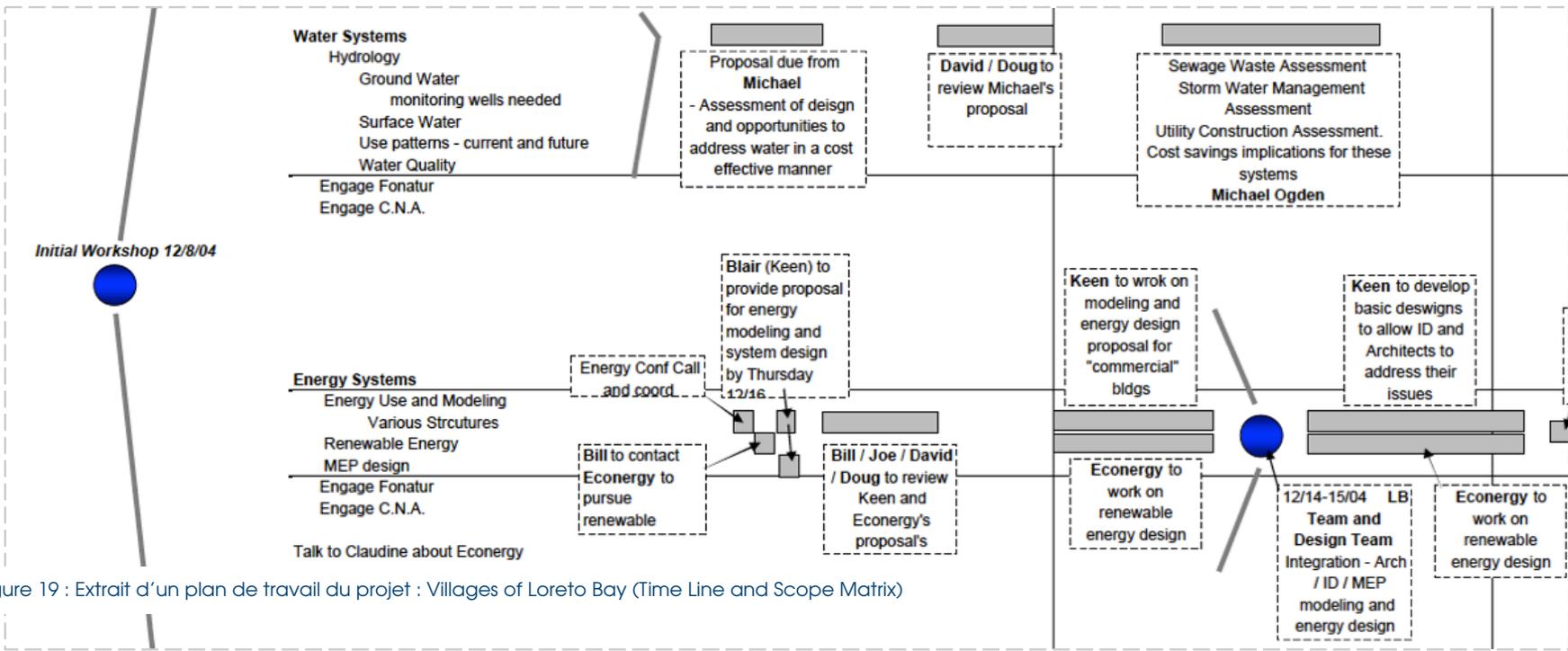


Figure 19 : Extrait d'un plan de travail du projet : Villages of Loreto Bay (Time Line and Scope Matrix)

Plan de travail :

Le plan correspond au flux de travail des activités thématiques des ateliers et charrettes. Il est représenté sous la forme d'un diagramme de Gantt incluant les effectifs, leurs rôles et responsabilités, la période et la durée des activités ainsi que les marges de temps permettant une certaine flexibilité. Ce type d'échéancier est relié aux problématiques, aux sujets de réflexions qui guident la prise de décision dans le processus de conception intégrée. Contrairement à l'approche de Larsson qui impose un processus, ce plan de travail est préparé (feuille de route) en collégialité par les parties prenantes. La figure 19 montre un exemple précis de ce qu'un flux de travail peut représenter. On peut observer dans cette figure comment les tâches et les activités peuvent être reliées aux thématiques de l'eau et de l'énergie à travers un schéma similaire à un diagramme de Gantt. D'autres thématiques sont abordées dans ces plans de travail tels que ceux présentés à la figure 19. À travers ces thématiques, les jalons suivants sont souvent considérés : le plan de charrette, la recherche et la collecte de données, l'évaluation des données, les systèmes passifs et technologiques, l'itération et la réévaluation ainsi que les présentations aux parties prenantes.

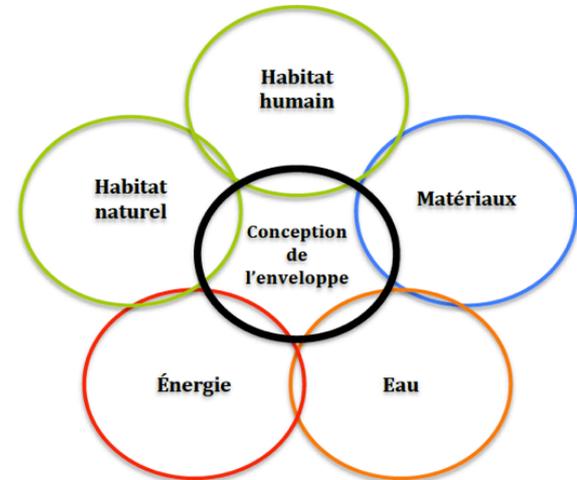
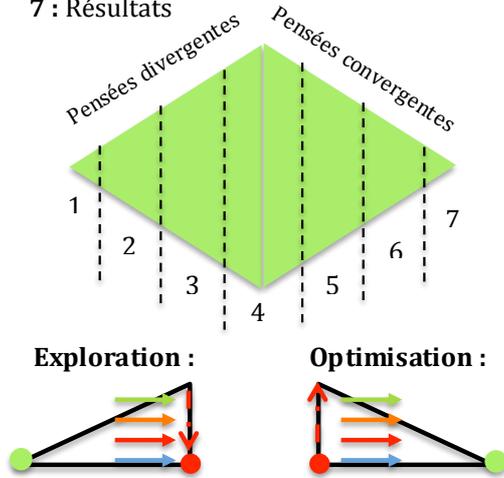


Figure 20 : Diagramme du PCI inspiré par Busby et Reed (3, 4)

Légende :

- 1 : Questionnement
- 2 : Génération d'idée
- 3 : « Brainstorming »
- 4 : Cibler les idées émergentes
- 5 : Potentiel des solutions (Stratégies)
- 6 : Accord et implémentation
- 7 : Résultats



Itérations selon les 4 sous-systèmes :

- : L'habitat
- : L'eau
- : L'énergie
- : Les matériaux

Équipe de travail (Coopération) : ●

Charrette de conception (Collaboration) : ●

Intégration des constructeurs : ●

Agent de mise en service : ●

Client et le cœur de l'équipe de conception : ●

Client engagé, participant et ouvert : ○

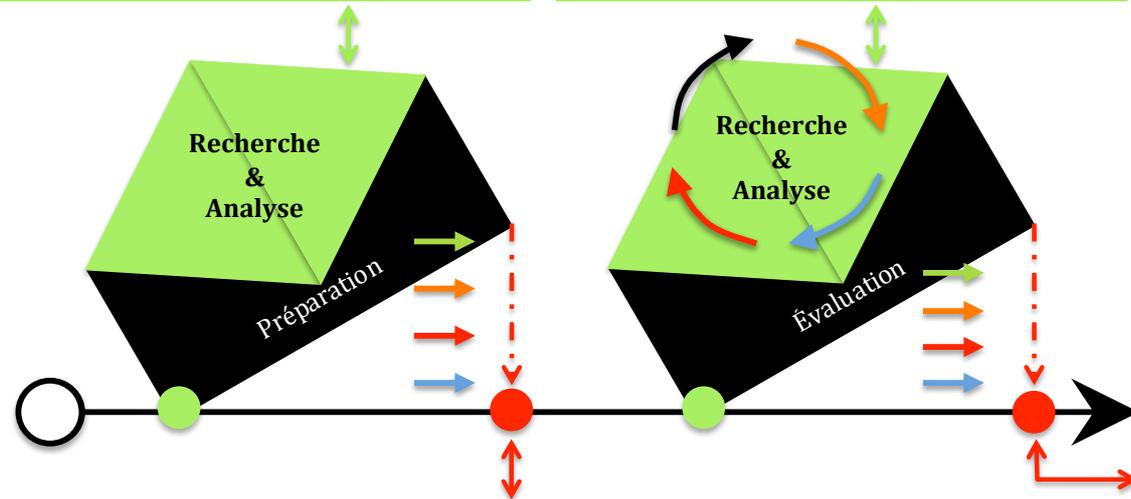
Préparation de la proposition:

- Établir la portée et l'agenda de la charrette 1 ;
- Sélectionner le site et évaluer les options ;
- Identifier les conditions bioclimatiques de base et effectuer une analyse préliminaire ;
- Identifier les parties prenantes clés ;
- Développer les exigences fonctionnelles initiales ;
- Sélectionner le système de notation et de mesure des cibles de performance ;
- Préparer un cadre d'estimation des coûts intégré ;
- Développer la Feuille de route du processus (PCI) ;
- Préparer l'agenda pour la charrette 1.

Première itération de la proposition:

Évaluation des stratégies potentielles

- Confirmer la portée et le besoin d'expertise ;
- Explorer l'ensemble des opportunités ;
- Identifier les solutions les plus prometteuses ;
- Évaluer le concept selon les cibles de performance ;
- Valider le programme (PFT) en fonction des cibles ;
- Faire l'estimation des coûts par composantes ;
- Développer la feuille de route du (PCI) ;
- Préparer l'agenda pour la charrette 2.



Charrette 1 (Durée : 1 jour) :

Alignement de la proposition, attentes et objectifs du client :

- Introduire les participants et l'ensemble du processus de conception intégrée (PCI) ;
- Valider les objectifs, les attentes et les demandes du client (Exercice de Touchstones) ;
- Clarifier les exigences du programme fonctionnel et établir les cibles de performance ;
- Établir les méthodes d'évaluation, les principes, les métriques, les références ;
- Générer des stratégies potentielles pour atteindre les cibles de performance ;
- Déterminer la magnitude des impacts sur les coûts des stratégies potentielles proposées ;
- Déterminer les rôles et responsabilités, les livrables et les spécialistes selon les prises de décisions ;
- Initier la documentation des exigences de projet du client ;
- Documenter toutes les décisions et les réflexions lors de la charrette ;
- Réajuster la feuille de route du PCI et distribuer le rapport de la charrette 1.

Figure 21 :
Approche du PCI
inspiré par Busby et
Reed 1/3 (3, 4)

Charrette 2 (Durée : 1 à 2 jours) :

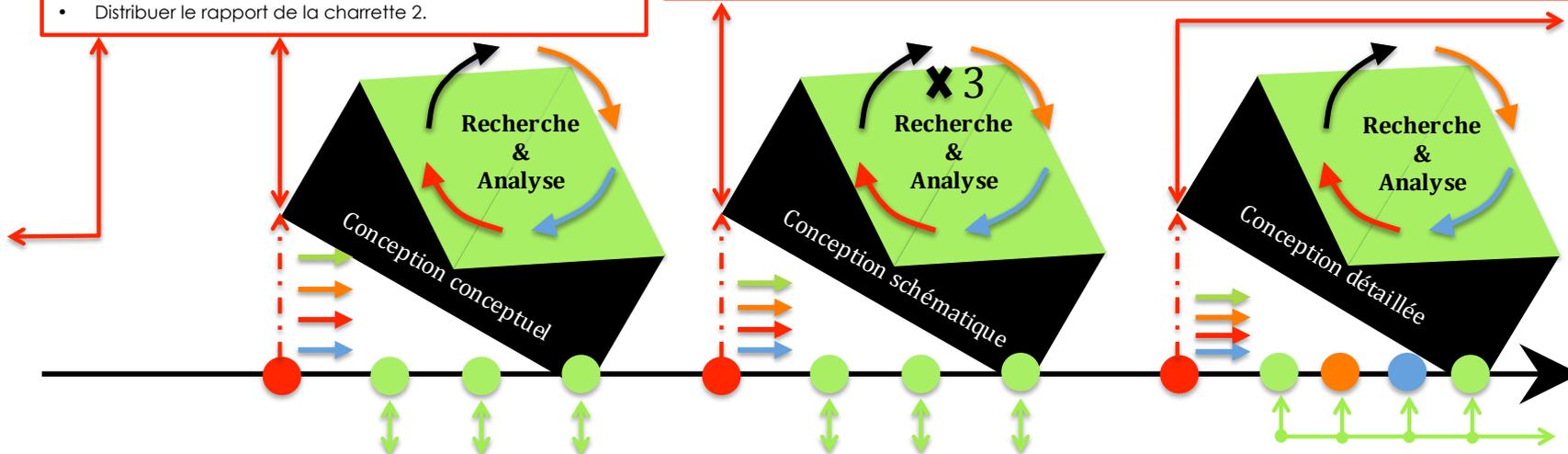
Exploration du concept :

- Évaluer et analyser les 4 sous-systèmes ;
- Générer le concept du bâtiment et du site à l'aide de :
 - L'exercice de Touchstones et les principes établis ;
 - Les forces et faiblesses du site ;
 - La communauté et les bassins versants ;
 - Le programme fonctionnel et technique ;
- Confirmer les alignements (Exercice de Touchstones) :
 - De l'équipe et du client ;
 - Des ressources financières et humaines (Expert) ;
 - Les valeurs et objectifs ;
- Ajuster et documenter, les cibles de performance, les coûts, le PFT, la feuille de route du PCI ;
- Distribuer le rapport de la charrette 2.

Charrette 3 (Durée : 1 à 3 jours) :

Lancement de la conception schématique :

- Présenter les informations supports qui proviennent de la phase d'exploration ;
- Développer le concept selon le site et la configuration du bâtiment, en fonction des interrelations résultantes de l'évaluation et de l'analyse des 4 sous-systèmes lors de la charrette 2.
- Évaluer le potentiel réel d'atteindre les cibles de performance ;
- Identifier les systèmes qui demandent une analyse approfondie des coûts, incluant les coûts de cycle de vie ;
- Identifier les ajustements et mettre à jour le PFT et les objectifs de base de conception (OBC) ;
- Documenter les changements et ajustement des cibles de performance ;
- Ajuster et documenter, les cibles de performance, les coûts, le PFT, la feuille de route du PCI ;
- Distribuer le rapport de la charrette 3.



Expérimenter les idées du concept avec le PFT et les principes qui guident des 4 sous-systèmes (Exploration des disciplines, plusieurs petites équipes disciplinaires):

- Assembler les résultats ;
- Amener les analyses à des conclusions raisonnables ;
- Confirmer les méthodes d'évaluation, les principes, les métriques, les références ;
- Développer la base du concept ;
- Étiqueter un prix pour chaque stratégie et sous-système ;
- Ajuster la feuille de route du processus (PCI) ;
- Préparer l'agenda pour la charrette 3.

Conception schématique, 3 itérations par des rencontres d'équipe ou conférence :

- Développer la forme du Bâtiment à partir de l'esquisse produite dans la charrette 3 ;
- Procéder à plusieurs itérations à travers des rencontres d'équipe pour intégrer les 4 sous-systèmes avec la forme ;
- Optimiser les solutions ;
- Tester la performance du bâtiment ;
- Évaluer les résultats avec les cibles de performance ;
- Ajuster le PFT et les OBC ;
- Raffiner le regroupement des coûts intégrés ;
- Ajuster la feuille de route du processus (PCI) ;
- Préparer l'agenda pour la charrette 4.

Figure 22 :
Approche du PCI
inspiré par Busby et
Reed 2/3 (3, 4)

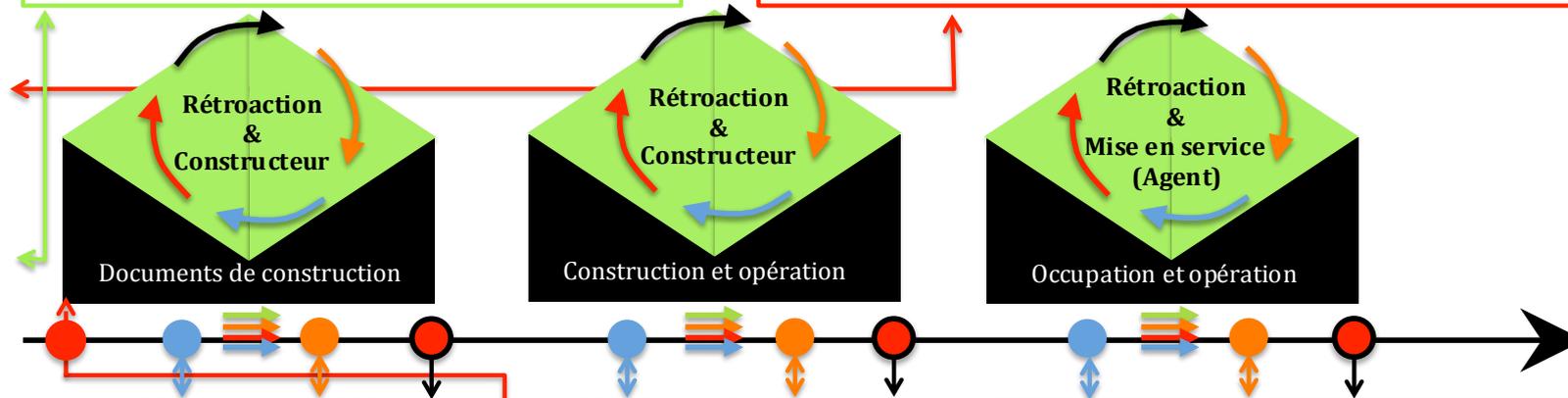
Optimisation : Synergie des systèmes et sous-systèmes (itération continue)

- Engager les analyses détaillées pour chaque discipline ;
- Valider l'atteinte des cibles de performance ;
- Documenter les résultats des analyses du bâtiment ;
- Préparer une ébauche du plan de « mesure et vérification » (M&V) ;
- Inviter l'agent de mise en service pour vérifier la conception et pour identifier les opportunités et les conflits potentiels ;
- Identifier les systèmes à être mise en service et faire une liste ;
- Préparer le plan préliminaire de mise en service ;
- Optimiser la valeur et la performance avec le regroupement des coûts.

Charrette 4 (Durée : 1 à 3 jours) :

Conception détaillée

- Présenter les solutions du concept schématique ;
- Vérifier que les cibles de performance atteignent les objectifs des sous-systèmes ;
- Vérifier que le concept schématique respecte les exigences et les objectifs du PFT ;
- Concevoir la forme, la configuration, les systèmes intégrés selon la prise de décision ;
- Identifier et analyser les coûts des composants et des systèmes qui requièrent un approfondissement au niveau de l'intégration des coûts ;
- Optimiser la conception, la synergie des systèmes ;
- Identifier les opportunités M&V pour une meilleure rétroaction de la performance ;
- Vérifier les éléments du PFT et des OBC qui demandent un réajustement ;
- Développer le regroupement des coûts intégrés ;
- Ajuster la feuille de route du processus (PCI) ;
- Préparer l'agenda pour la charrette 5.



La conception est terminée :

- Compléter les documents d'appels d'offres en cohésion avec les cibles et les 4 sous-systèmes ;
- Finaliser les calculs de performance pour valider la conception finale et la documenter ;
- Revoir l'implication des coûts avec le constructeur et finaliser l'estimation des coûts ;
- Planifier le suivi et contrôle qualité des documents de constructions ;
- Produire le plan final de M&V ;
- Réviser les dessins et spécification pour assurer la cohésion entre les plans et devis et le PFT et les OBC.

Appel d'offres et construction :

- Assurer la compréhension du constructeur et des sous-traitants : de l'intégration du projet, de leur rôle et responsabilité sur l'intégrité du projet ;
- Sélectionner les soumissions selon les critères de performance ;
- Coordonner l'installation des systèmes avec le constructeur ;
- Incorporer les opérations dans la planification de la construction ;
- Documenter les résultats de performance du bâtiment ;
- Vérifier la formation des opérateurs ;
- Préparer le rapport final de mise en service et le manuel des systèmes.

Charrette 5 (Durée : 1 à 3 jours) :

Documents de construction -Vérification et contrôle qualité

- Vérifier l'achèvement des documents des cibles de performance ;
- Présenter et vérifier la performance intégrée du projet ;
- Identifier quelles spécifications doivent être modifiées pour bien documenter la performance du bâtiment ;
- Vérifier les coûts et leurs impacts finaux avec l'analyse de coûts ;
- Vérifier le plan de mise en service pour l'alignement des OBC et de la phase d'appels d'offres, construction et opération ;
- Documenter les cibles finales de performance ;
- Vérifier le plan de mesure et vérification (M&V) ;
- Procéder à une mise à jour du PFT, des OBC et du plan de mise en service selon les réflexions et les décisions prises durant la charrette 5.

Figure 23 : Approche du PCI inspiré par Busby et Reed 3/3 (3, 4)

SECTION 5 :

Matériel complémentaire :

Conception intégrée - Charrette & Processus

La section 5 présente une version simplifiée des jalons et des éléments du chemin du processus de conception intégrée (PCI) à travers des charrettes de conception inspirées de celle de Busby et Reed présentée dans la section 4 du guide. Il s'agit d'une feuille de route sommaire pour une bonne pratique de la conception intégrée. Cette section énumère les activités typiques du PCI avec quelques explications supplémentaires pour détailler certains éléments, et ce, dans deux phases soient : la phase exploratoire (préparation et évaluation des alternatives) et la phase de conception (optimisation des alternatives). Celles-ci comportent 7 jalons à travers 5 charrettes de conception. Ces jalons représentent la séquence proposée des charrettes à la page 15 introduite dans un PCI (voir l'encadré de droite) Chaque jalon décrit les ressources et les éléments pertinents à une bonne conduite du PCI. À travers la feuille de route, on retrouve certains aspects sur la gestion de projet, la gestion de charrette, la simulation énergétique, les réunions, la prise de décision, etc.

Les 7 Jalons proposés - Charrette & Processus

Phase exploratoire - Préparation et évaluation des alternatives

- Jalon 1)** Recherche et analyse préparatoire
- Jalon 2)** Charrette préparatoire et d'évaluation
- Jalon 3)** Charrette 1 : Établir et aligner les cibles et objectifs de performance
- Jalon 4)** Charrette 2 : Développement des concepts alternatifs

Phase de conception - Optimisations des alternatives

- Jalon 5)** Charrette 3 : Développement des concepts schématiques
- Jalon 6)** Charrette 4 : Développement de la conception et de la documentation
- Jalon 7)** Charrette 5 : Rétroaction et leçons apprises



Phase exploratoire - Préparation et évaluation des alternatives

La phase exploratoire permet de préparer et d'évaluer toutes les possibilités de solutions conceptuelles à l'aide d'un programme fonctionnel et technique (PFT) flexible, de l'impact environnemental et énergétique, ainsi que de l'intégration du projet dans le contexte. À ce moment du processus de conception intégrée, les professionnels cherchent à questionner le PFT (est-il optimisé?), à comprendre l'environnement du projet et les possibilités de bénéficier des ressources externes, passives ou renouvelables⁵ et comprendre la façon dont les systèmes peuvent interagir les uns avec les autres sur le plan conceptuel. Les jalons 1 à 3 sont les étapes à suivre dans cette phase.

Phase de conception - Optimisation des alternatives

La phase de conception permet l'optimisation des solutions par le biais des itérations. À cette étape, l'itération prend tout son sens puisque l'équipe de conception devra développer des solutions de conception optimisées et intégrées des systèmes et sous-systèmes : électrique, mécanique, structure, génie civil, énergie, matériaux, eau, flore, faune, communauté, etc. Ainsi, l'équipe de conception devra rechercher la conception la plus optimale soutenue par la recherche et l'analyse, l'apport de consultants spécialistes, l'utilisation d'outils de simulation et de références pour valider l'atteinte des cibles et objectifs de performance préétablis. L'équipe cherche à trouver l'efficacité dans les interrelations entre les systèmes et sous-systèmes selon les objectifs, les stratégies et mesures (OSM) et le programme fonctionnel et technique. Par ailleurs, la participation du constructeur ainsi que l'expert en modélisation énergétique deviennent très pertinente à cette phase. Les jalons 4 à 7 sont les étapes à suivre dans cette phase.

Mode d'approvisionnement en conception intégrée

Le mode d'approvisionnement en conception intégrée (CI) doit favoriser la collaboration et l'innovation dans un climat de confiance. Selon le cadre d'approvisionnement (39) (voir tableau 6), le mode d'approvisionnement se divise en trois formes soit : intégrée, fractionnée et négociée. Les formes intégrée et fractionnée sont d'ordre transactionnel, tandis que la forme négociée peut être d'ordre transactionnel ou relationnel. Le contrat transactionnel représente un accord ponctuel suivi d'une relation développée durant l'atteinte des engagements contractuels (40). À cet effet, toutes modifications et amendements augmentent les coûts de projet. Toutefois, les ententes de nature transactionnelle peuvent nuire à la collaboration et à l'innovation dû au transfert en aval des risques liés aux incertitudes du projet (44). À l'opposé, le contrat relationnel se développe en tenant compte de l'imprévisible (41) (voir figure 23). Ce type de contrat est basé sur la reconnaissance et la recherche de bénéfices mutuels entre les parties (13). Celui-ci implique des relations importantes entre les parties grâce notamment à des partenariats ou à des alliances (42). Axé sur la confiance, le partage des objectifs, des risques et des récompenses, le contrat relationnel s'avère plus favorable au travail collaboratif (43)

Par conséquent, les modes les plus favorables à l'établissement de la CI sont la forme intégrée ou négociée. Le plus souvent au Québec, la forme intégrée se retrouve dans le « Design-build » et le partenariat public-privé (PPP) et la forme négociée se retrouve en gérance de construction. Le mode de gérance de construction et le « Design-build » favorisent l'apport en amont du constructeur et parfois des opérateurs autour de la table de conception.

⁵ Les ressources externes correspondent aux éléments primaires : géothermie, récupération des eaux de pluie, ventilation et éclairage naturel, etc.

Malgré les avantages de ces modes d'approvisionnement pour le PCI, il reste que la forme la plus répandue au Québec est l'approvisionnement fractionné. Dans ce dernier cas, il est essentiel lors d'appels d'offres de discuter avec les soumissionnaires des questions du développement durable du projet et de s'assurer leur compréhension du projet intégré, des composantes et des systèmes. La compréhension des constructeurs et opérateurs des interrelations entre les systèmes permet d'assurer la mise en service des solutions telles que conçues et d'obtenir les résultats attendus. Sans cette sensibilisation, les spécialistes de la construction auront tendance à exécuter les travaux selon les règles de l'art, c'est-à-dire d'une manière conventionnelle. Par exemple, les problèmes de CVAC sont parfois reliés à une mauvaise étanchéité de l'enveloppe du bâtiment due à la non-conformité de l'assemblage des composantes (fenestration et systèmes muraux). Cette situation crée souvent des installations fonctionnelles moins performantes aux documents de construction (plans et devis, dessins d'atelier, plans de mise en service, etc.). Quand il s'agit de bâtiments performants, la mise en service est primordiale, car les systèmes doivent être bien installés et intégrés (45).

Tableau 6 : Cadres d'approvisionnement (39)

Forme d'approvisionnement	Explication	Exemples
Intégrée	Il existe un seul contrat pour la conception, la construction et quelquefois le financement	<ul style="list-style-type: none"> • Conception- construction (design-build) • BOT, DBOT, DBOOT et autres • Partenariat Public-Privé
Fractionnée	Les professionnels et les constructeurs ont des contrats séparés qui sont souvent de natures forfaitaires	<ul style="list-style-type: none"> • Construction traditionnelle (design-bid-build) • Entrepreneur-gérant • Concours
Négociée	Le client et l'équipe de projet sont liés par une ou des ententes axées sur la collaboration	<ul style="list-style-type: none"> • Gérance de construction (avec aviseur, à semi-risque, à risque) • Partenariat (« partnership »)

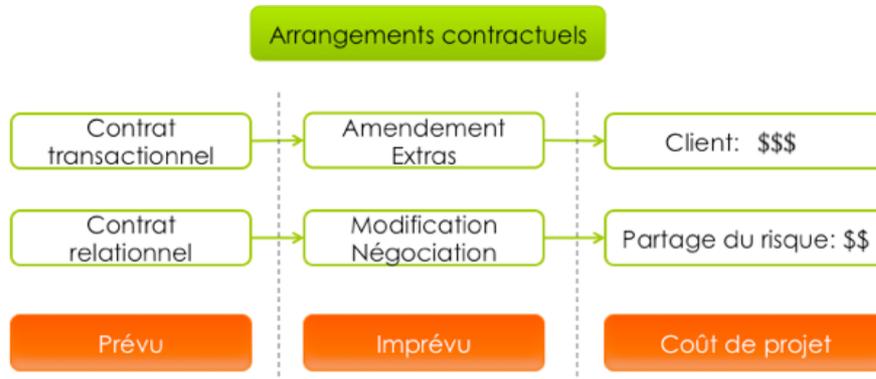


Figure 24 - Arrangements contractuels-Imprévisibilité

Les 7 Jalons proposés - Charrette & Processus

Phase exploratoire - Préparation et évaluation des alternatives

Jalon 1) Recherche et analyse préparatoire :

Participants : Cœur de l'équipe + Client

1.1 Recherche d'information pour se familiariser avec la nature du projet avant le commencement des charrettes et du processus de conception intégrée. Ci-dessous, y sont présentés les éléments du projet, c'est-à-dire le site et le contexte local.

1) Site :

- Localisation et orientation (occupation voisine et concept)
- Condition bioclimatique : air, eau, faune, flore, vent, ensoleillement etc.

2) Contexte local :

- Vocation du projet (Mission)
- Communauté (Qualité de vie et sécurité)
- Historique du quartier (culturelle)
- Politique
- Économique
- Environnemental
- Énergétique
- Transport (circulation)
- Logement
- Parties prenantes

Responsable : Le gestionnaire de projet, le PA LEED et les professionnels (Arch. & Ing.).

Jalon 2) Charrette préparatoire et d'évaluation

Participants : Cœur de l'équipe + Client

2.1 Évaluation du contexte et détermination des OSM

Document sur les objectifs, stratégies et mesures (OSM) :

- 1) L'équipe de gestion de projet détermine les objectifs selon les données de recherches et d'analyse;
- 2) L'équipe élabore les cibles de performance;
- 3) L'équipe énumère les stratégies pour atteindre chaque objectif et cible, ainsi que les mesures pour y parvenir;
- 4) Les exigences de modélisation énergétique sont déterminées et comprises par le client ainsi que le cœur de l'équipe de conception;
- 5) La rédaction de la charte de projet.

Responsable : Rédaction du document par le secrétaire et validé auprès des parties prenantes pour obtenir un consensus entre les parties.

Charte de projet :

L'énoncé de projet doit contenir la mission, le contexte et les résultats escomptés du projet, et ce, en référence avec le document des OSM. Ce document sera utile lors de l'intégration des consultants-spécialistes lors des charrettes afin de faciliter et d'accélérer leur compréhension globale du projet. Les éléments clés de la charte de projet sont les suivants : le contexte du projet, la description, les problématiques à résoudre et les opportunités à saisir, les besoins et exigences, les rôles et responsabilités ainsi que ce qui est inclus et ce qui est exclu de la solution globale.

Responsables : Le client et le gestionnaire de projet

2.2 Identification et analyse des parties prenantes

- 1) Créer une liste d'intervenants qui doivent être impliqués
- 2) Créer une liste des points de vue des parties prenantes
- 3) Identifier les parties prenantes pour chaque point de vue
- 4) Déterminer le niveau d'intérêt et d'influence des parties prenantes (positif et négatif, direct et indirect)
- 5) Déterminer ce qui constitue un gain pour les parties prenantes
- 6) Indiquer le niveau de participation de chacune des parties prenantes
- 7) Assurer une répartition des types de parties prenantes
- 8) Analyser de la complexité du projet

Responsable : Le client, le gestionnaire de projet et les professionnels (Arch. & Ing.).

Analyse de la complexité du projet

Questionnement en fonction de différents aspects du projet tels que le budget, le temps, les approbations, le site, la politique, le transport et l'économie. Cette analyse permet d'envisager l'ensemble des problèmes de conception à résoudre. La connaissance du niveau de résolution de problèmes complexes permettra de déterminer selon les OSM et les exigences du client :

- Besoins en recherche et analyses nécessaires
- Nombre et durée des charrettes)
- Besoins d'expertises supplémentaires
- Feuille de route (planification des activités, résultats et parties prenantes)
- Plan de charrette (les rôles et responsabilités de chaque intervenant)

2.3 Formation de l'équipe de charrette

- Former une équipe multidisciplinaire, compétente, complémentaire et avec l'expertise pertinente aux attentes environnementales.

Note : voir : Formation de l'équipe, section 2, page 17.

Responsables : Le client, le gestionnaire de projet et le facilitateur.

2.4 Recherche et analyse croisées avec le plan de charrette

- Le plan de charrette contient les éléments ci-dessous :
 - o Activités, tâches, la durée et les responsabilités attribuées
 - o Rencontre, participants, atelier technique et charrette

Responsable : Le facilitateur.

Étape optionnelle

2.5 Analyse des forces, faiblesses, opportunités et menaces (FFOM)

- Outils de prises de décision (vote pondéré, matrice décisionnelle)

Définition de (FFOM)

Selon la Commission européenne, le FFOM est un outil d'analyse stratégique. Il combine l'étude des forces et des faiblesses d'une organisation, d'un territoire, d'un secteur, etc., avec celle des opportunités et des menaces de son environnement, afin d'aider à la définition d'une stratégie de développement. « Autrement dit, la matrice FFOM est un outil qui contribue à l'évaluation de la cohérence et de la pertinence d'une stratégie d'ensemble.

Responsables : Le client et les professionnels (Arch. & Ing.).

2.6 Les études de faisabilité du projet à l'aide de la matrice FFOM

Responsables : Le client et le gestionnaire de projet.

2.7 Rédaction du rapport de charrette préparatoire :

- Agenda de la charrette;
- Mission et les livrables du projet;
- Feuille de route;
- Analyse des parties prenantes;
- Analyse des forces, faiblesses, opportunités et menaces;
- Étude de faisabilité du projet;
- Section sur l'histoire de la communauté.

Responsable : Le facilitateur.

2.9 Programmation de la charrette

Responsable : Le facilitateur.

2.10 Prise de décision :

Le client et l'équipe de conception établissent les règles de prises de décision pour la durée complète des charrettes.

- Consensus avec droit de regard et autorisation du client.

Responsables : Le client, le gestionnaire de projet (PA LEED), le facilitateur et les professionnels.

Agenda

La feuille de route générale pour l'ensemble du projet s'accompagne d'un agenda pour chacune des charrettes afin de guider les professionnels. Ainsi, créer l'ordre du jour pour chacune des charrettes et définir pour chaque élément :

- Le sujet;
- L'objectif;
- Le demandeur, le présentateur; une estimation de la durée;
- Les documents de préparation;
- Description des outils et techniques qui seront utilisés.

Responsable : Le facilitateur.

Charrette – Faciliter les prises de décision :

- S'assurer que tous les participants soient présents et préparés.
- S'assurer de mettre en place un processus de résolution de problème adapté et optimal.
- Envoyer les documents pertinents aux participants (Avant la rencontre)
- Pendant la rencontre :
 - S'assurer que toutes les parties prenantes importantes soient présentes
 - Commencer par une mise en contexte et un partage d'information (factuel).
 - Tour de table pour un partage sommaire des points de vue de chaque participant
 - Application des approches et techniques appropriées
- S'assurer que les décisions influentes sur la direction du projet respectent les OSM.

2.11 Disposition de la salle pour chaque type de charrette

- Créer une atmosphère de collaboration selon les types d'activités qui doivent se produire lors de la conception.

Responsable : Le gestionnaire de projet ou le facilitateur.

Spécification du local

- Taille adéquate selon le nombre de participants
- Prises électriques
- Zone pour les ordinateurs et copieurs
- Espace mural adéquat pour l'affichage
- Zone centrale de conférence (assemblage de tables de conférence)
- Toilettes à proximité

Équipements et fournitures

- Surface d'exposition
- Table de service (aliments et breuvages)
- Tables mobiles – table pliantes (flexibilité de la disposition)
- Chevalets de présentation
- Chaises confortables
- Fenestration (luminosité naturelle, vue extérieure)
- Codes, lois et réglementation : énergie (Régie de l'énergie du Québec), bâtiment et municipal (CNB, RDB, PIIA⁶)
- Plan du site à l'échelle et plan de cadastre
- Études et rapports sur le site : sol, air, eau, faune, flore, condition bioclimatique et historique.

Jalon 3) Charrette 1 (visioning) : Établir et aligner les cibles et les objectifs de performance

Participants : Cœur de l'équipe + Client

3.1 Établir les cibles de performance pour évaluer la durabilité du projet

- Débuter l'itération afin d'élargir les horizons des membres de l'équipe pour évaluer plusieurs possibilités. On ne cherche pas à définir une seule solution.
- Explorer toutes les solutions possibles. Par le biais du travail préparatoire de l'équipe de gestion de projet, chaque membre de l'équipe de conception vient contribuer à l'élaboration des cibles et objectifs selon leurs valeurs. On cherche ensuite à obtenir un consensus.

Responsables : Le client, le gestionnaire de projet, le PA LEED, les professionnels (Arch. & Ing.), le facilitateur et champion.

Exercices sur la vision (« visioning »)

Ces exercices permettent d'établir une vision commune de l'ensemble du projet et la manière d'y parvenir. Ils facilitent l'élaboration des cibles de performance de la section 3.1. Ainsi, « The Thoughtstones exercices » présentés dans le guide aux pages 14 et 15 correspondent à un tel exercice. Le « visioning » permet d'initier :

- 1) Collaboration
- 2) Processus créatif
- 3) Documentation de l'exigence de projet du propriétaire (OPR)
 - Programme fonctionnel et technique flexible

Responsables : Gestionnaire de projet, facilitateur et champion.

⁶ Les plans d'implantation et d'intégration architecturale (PIIA)

Jalon 4) Charrette 2 : Développement des options

Participants : Cœur de l'équipe + Client + consultants-spécialistes

Le développement des options passe par un travail collaboratif où les participants à la charrette doivent atteindre le maximum de potentiel créatif. Elles se développent d'abord par l'exploration de solutions passives. Ainsi, on explore la forme du bâtiment qui exploite le mieux le potentiel du site versus sa consommation d'énergie et le confort des occupants. Ci-dessous, voici une séquence correspondant aux principes du modèle d'apprentissage divergent-convergent présenté à la page 39.

- 1) Discussions et réflexions sur les cibles et objectifs de performance établis lors de la charrette 1, ainsi que sur les OSM dans le but d'obtenir un consensus sur 3 approches conceptuelles.
- 2) Création d'un ensemble d'options à partir desquelles les membres de l'équipe de conception devront itérer et optimiser durant la conception intégrée.
- 3) Formation de sous-groupes de 3 à 4 personnes. Les sous-groupes explorent toute la gamme des alternatives.
- 4) Analyse critique et débat ouvert des approches conceptuelles. Cette analyse expose les forces et les faiblesses de chaque concept (90 min).
- 5) Les idées faibles sont éliminées. Les critiques positives, les bons éléments et les nouvelles idées sont conservés.
- 6) Formation de sous-groupes de 4 à 6 personnes dans le but d'obtenir 2 approches conceptuelles par itération. Les sous-groupes explorent un nouveau concept à partir des informations retirées de l'analyse critique et du débat ouvert.
- 7) Refaire les étapes 3 et 4



- 8) Les deux approches sont souvent fusionnées en une seule, en combinant les points forts de chaque concept.
- 9) Les interactions prometteuses entre les systèmes dans l'ensemble des solutions de rechange sont déterminées, évaluées, analysées par l'équipe de conception.
- 10) Les activités et techniques qui favorisent l'idéation et la créativité dans le groupe sont fortement suggérées lors de la charrette.

Responsables : Le client, le gestionnaire de projet, les professionnels (Arch. & Ing.) et consultants-spécialistes.

Responsables potentiels pour conduire la charrette :

- *Le gestionnaire de projet, le PA LEED*
- *Le facilitateur et le champion*

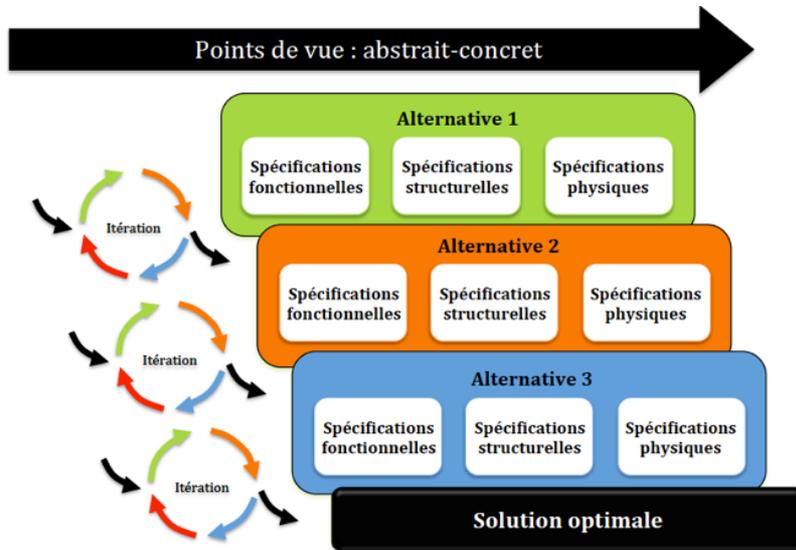


Figure 25 : Modèle de la conception inspirée de Darses 97 (32)

L'intégration architecturale et des systèmes

L'importance de la qualité et de l'intégration architecturale et des systèmes correspond entre autres à l'intégration de l'enveloppe avec les éléments structurels du bâtiment, la localisation, les éléments bioclimatiques et les systèmes de mécanique, électrique et de plomberie (MEP). Dans le cadre du processus de conception intégrée, différentes alternatives sont itérées à travers le processus créatif afin d'optimiser les solutions en un concept optimal. Les solutions retenues doivent correspondre à une intégration cohérente avec les cibles et les exigences énergétiques et environnementales du bâtiment. La figure 25 ci-dessus est une représentation simplifiée du processus créatif des alternatives lors d'un PCI avec l'évolution des points de vue et l'itération vers la solution optimale de conception.

Phase de conception - Optimisation des alternatives

Jalon 5) Charrette 3 : Développement des concepts schématiques

Participants : Équipe de conception intégrée + constructeur + expert énergétique + consultants-spécialistes

5.1 Synthèse du concept et validation avec les parties prenantes du concept

- Si possible, le constructeur et le professionnel expert en modélisation énergétique devraient être présents lors de la charrette.

Responsables : Le gestionnaire de projet, le PA LEED).

5.2 Prises de décision : Synergie des systèmes

- 1) Former des sous-groupes thématiques avec les consultants-spécialistes pour résoudre les problématiques et les enjeux de conception.
- 2) Pour chaque résolution de problèmes et enjeux, proposer des solutions schématiques qui considèrent l'ensemble des éléments de l'environnement du projet.
- 3) Trouver les relations synergiques entre les solutions schématiques.
- 4) Prises de décision sur les solutions schématiques à explorer et analyser.

Responsables : Le client, le gestionnaire de projet, le gestionnaire de construction, les professionnels (Arch. & Ing.) et consultants-spécialistes.

5.3 Recherche et analyse : intégration des découvertes entre les différentes disciplines (Travail coopératif)

Responsables : Le gestionnaire de projet et les professionnels (Arch. & Ing.).

5.4 Analyse du coût global

Responsable : Les consultants-spécialiste – Consultants en coûts.

5,5 Ajuster le programme fonctionnel et technique et documenter les impacts dus aux découvertes et prises de décision

Responsables : Le client et le gestionnaire de projet, le PA LEE).

Exigences de modélisation énergétique – intrants :

1) Données thermiques de l'enveloppe :

- Surface de plancher, de murs, de toit et de fenestration;
- Résistance thermique et le type de fenestration;
- Gains thermiques internes (personnes et équipements);
- Transfert de chaleur suivant les variations de température extérieure;
- Charges et l'horaire d'éclairage.

2) Données bioclimatiques et conditions d'intérieur

- Degrés-jours de chauffage et de refroidissement;
- Températures saisonnières;
- Débits et horaires de ventilation;
- Efficacité de la récupération de chaleur des CVCA;
- Hypothèses d'infiltration;
- Efficacité de la récupération d'énergie des CVCA et les paramètres de réduction d'énergie;
- Type d'équipement de CVCA, l'efficacité et les réglages.

Exigence de modélisation énergétique – Extrait : les résultats de modélisation attendus

Consommation d'énergie mensuelle et annuelle :

- ✓ Des équipements de CVCA
- ✓ De l'eau chaude sanitaire
- ✓ De l'éclairage intérieur et extérieur
- ✓ Des équipements fonctionnels et d'autres accessoires (exemple : ascenseurs)
- ✓ Des charges de chauffage et de refroidissement selon la composition de l'enveloppe pour chaque élément : murs, toits, fenêtres, infiltration, air de ventilation, éclairage naturel et artificiel, occupant, etc.

Note : Application des exigences de modélisation pour chaque alternative et modèle de référence mentionnées à la section : méthodes d'évaluation de bâtiment durable (MEBD). Il est important d'effectuer cette étape après que les stratégies de réduction de la charge aient été modélisées et convenues (modélisation de CVC fonctionnel) Et ce, pour chaque mesure d'efficacité énergétique.

Jalon 6) Charrette 4 : Développement de la conception et de la documentation

Participants : Équipe de conception intégrée + constructeur + expert énergétique + consultants-spécialistes

6.1 Valider les solutions schématiques avec les cibles de performance et les OSM

Responsables : Le client, le gestionnaire de projet (les professionnels (Arch. & Ing.) et le consultant en coûts, et en énergie.

Analyse de faisabilité

L'équipe de conception et les parties prenantes invitées à la charrette prennent un moment de réflexion pour analyser la faisabilité des solutions conceptuelles, l'arrimage avec les cibles de performance préétablies, le coût-bénéfice et leurs impacts potentiels. Cette rétroaction est essentielle pour optimiser le temps de conception en éliminant toute solution irréaliste. Lors de ce remue-méninge, d'autres idées peuvent être développées et intégrées au développement du concept.

6.2 Vérifier l'intégration des systèmes et sous-systèmes, comme un ensemble

Responsables : Le gestionnaire de projet, le PA LEED et les professionnels (Arch. & Ing.).

Intégration de l'ensemble

L'objectif est de s'assurer que les systèmes et les sous-systèmes clés correspondent à un tout cohérent et d'éliminer les failles potentielles dans le concept. On cherche à atteindre une synergie entre les systèmes et les sous-systèmes dans le but d'obtenir une solution réaliste et optimale. Pour ce faire, il faut que l'équipe de conception approfondisse sa compréhension des interactions entre les systèmes via des études, des analyses et des simulations. L'étude de faisabilité et de leurs impacts potentiels demandent l'implication d'experts et l'utilisation de rencontre ouverte afin de valider les choix de conception avec les parties prenantes. La participation des parties prenantes aux choix décisionnels permet de conserver leurs appuis aux solutions proposées.

6.3 Initier le plan de mise en service

Responsables : Le gestionnaire de projet, le PA LEED, les professionnels et l'agent de mise en service

Liste d'études et analyse potentielle :

- Étude des impacts des systèmes de traitement des eaux usées et des eaux pluviales intégrés sur le site;
- Analyse des stratégies d'équilibrage de l'eau;
- Analyse et simulation de l'éclairage naturel du projet;
- Analyse et simulation de la réduction des charges du bâtiment par une modélisation intégrée via l'interopérabilité des différents logiciels de simulation (BIM);
- Modélisation paramétrique de l'énergie avec l'orientation du bâtiment, l'enveloppe du bâtiment, l'éclairage et les options d'équipement de CVCA;
- Analyse des équipements de CVCA en fonction des exigences de réduction des charges et des objectifs de performance. Sélectionner un nombre restreint d'alternatives 2 à 3 équipements par fonction (ventilateur, pompe à chaleur, refroidisseur, chaudière);
- Étude des impacts des systèmes de CVCA sur les émissions et leur cycle de vie;
- Analyse des options de matériaux. Évaluer les grandes options tels la structure et les matériaux de l'enveloppe du bâtiment et leurs impacts sur l'environnement via l'évaluation du cycle de vie. Identifier et faire la liste préliminaire des systèmes qui devront être mis en service et préparer un plan préliminaire de mise en service (inclure toutes les versions et celle réajustée : PFT, OSM);
- Analyse du coût global sur une durée de vie de 30 ans.

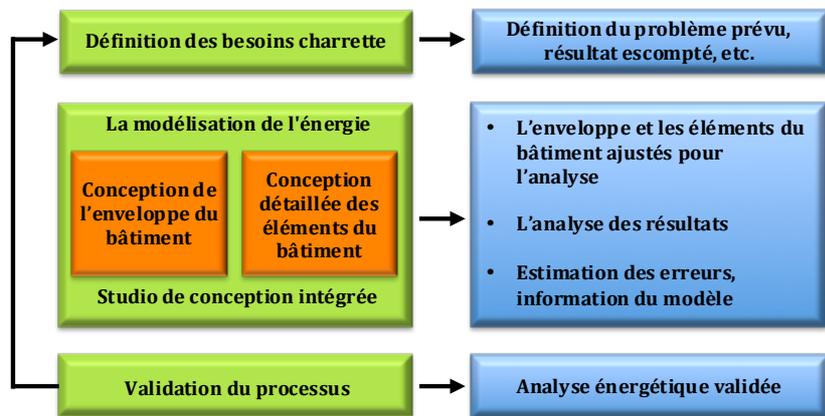


Figure 26 : Processus au début de la conception de l'analyse énergétique (46)

Méthode et processus simplifié de simulation

La procédure de simulation et d'analyse énergétique doit être planifiée et validée afin de pouvoir exercer un pouvoir décisionnel dans les choix de conception. Le processus ci-dessus à la figure 26 présente les éléments clés afin d'assurer une méthode de modélisation énergétique valide. Il est essentiel de bien définir les besoins de simulation dans le cadre d'un PCI, de déterminer les intrants et les extrants des simulations choisies et de valider le processus attribué à la cueillette des données, à l'analyse des résultats, aux marges d'erreurs potentielles et aux limites du modèle de simulation utilisé.

6.4 Recherche et analyse : Développement du concept (Optimisation)

À l'aide des différentes études et analyses, les professionnels peaufinent et ajustent leurs solutions, en collaboration avec chaque discipline, afin d'optimiser les interrelations entre les systèmes. Lors de la recherche et l'analyse, le constructeur et l'agent de mise en service sont invités à apporter leurs commentaires afin d'obtenir des solutions réalisables. La rétroaction de ces derniers évite au concepteur de créer des solutions non optimales.

Responsables : Le gestionnaire de projet, le PA LEE, les professionnels (Arch. & Ing.) et le consultant-spécialiste en énergie.

Pour assurer une optimisation cohérente dans le développement du concept, il est préférable d'appuyer celle-ci à l'aide d'un rapport de rétroaction, d'une révision des prises de décision avec approbation du client des mesures ainsi que de valider la faisabilité avec une analyse de coût.

- Rédaction d'un rapport de rétroaction (commentaire)
- Révision de l'équipe de conception de leur prise de décision (Rapport de charrette) et approbation du client

Responsables : Le gestionnaire de projet, le PA LEE, le gestionnaire de construction et l'agent de mise en service.

- Conclure l'analyse de coût selon les réajustements (Valeur d'ingénierie)

Responsables : Le client, le gestionnaire de projet, les professionnels (Arch. & Ing.) et le consultant-spécialiste en coûts.

Coûts et impacts financiers

Établir les coûts et les impacts financiers des solutions finales de conception selon les mesures individuelles et les interrelations entre elles. En procédant ainsi, il est possible de voir les effets croisés sur le coût global des mesures intégrées et de proposer des stratégies de réduction de coût tenant compte de l'ensemble du cycle de vie plutôt que seulement les coûts de capital. Il faut analyser les solutions et leurs effets, la performance du bâtiment et les gains durant la phase de l'opération, entretien et maintenance.

Jalon 7) Charrette 5 : Rétroaction et leçons apprises

Participants : Équipe de conception intégrée + constructeur + agent de mise en service + occupants

7.1 Constructeur, agent de mise en service et rétroaction

L'intégration du constructeur et de l'agent de mise en service assurent la conformité et la validité de chaque mesure, de chaque solution grâce à leur expertise. Leur implication permet d'obtenir des plans avec moins d'erreurs et d'omissions ce qui permet au client lors de l'appel d'offres d'avoir un coût se rapprochant du prix réel du projet avant le début de la construction. Ainsi, il y a une diminution des modifications et donc, un retour sur l'investissement assuré pour une performance ciblée.

Responsables : Le gestionnaire de projet, les professionnels (Arch. & Ing.), le gestionnaire de construction et l'agent de mise en service.

7.2 Débriefage de l'équipe de conception :

À la fin du processus de conception intégrée, la tenue d'une réunion de débriefage est conseillée pour clore la conception du projet et voir tout le travail effectué durant les cinq charrettes de conception. Suite à la réunion, un rapport des résultats devrait être rédigé afin d'évaluer le processus et la conduite des charrettes. L'équipe fait un survol des décisions et des stratégies utilisées selon les cibles de performance ainsi que les exigences et les attentes du client. Ce survol permet à l'équipe de souligner les aspects qui ont bien ou moins bien fonctionnés dans le projet, ainsi que d'explorer et de déterminer les raisons expliquant ces problèmes. Cet exercice passe également par une évaluation post-occupation (EPO) où l'équipe doit évaluer la satisfaction des occupants et partager les leçons apprises.

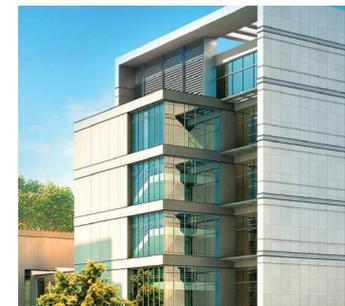
Buts du rapport :

- Évaluer l'efficacité de la charrette, clarifier les décisions prises et déterminer les directions à suivre pour la suite du projet.

Responsables : Le client, le gestionnaire de projet, le PA LEED, les professionnels (Arch. & Ing.), le gestionnaire de construction, l'agent de mise en service et les occupants.

Responsables potentiels pour la rédaction du rapport

- *Le gestionnaire de projet, le PA LEED, le gestionnaire de construction et l'agent de mise en service.*



CONCLUSION/RÉSUMÉ : FACTEURS CRITIQUES ET DE SUCCÈS

Tableau 7 : Facteurs critiques et de succès, principes et stratégies

Facteurs	Principes	Stratégies
Inclusion et collaboration	<ul style="list-style-type: none"> Engagement Participation Collaboration Communication et partage des idées 	Présence du facilitateur et du champion (optionnel) durant le processus de conception intégrée.
Intention du client	<ul style="list-style-type: none"> Engagement Participation Collaboration Communication et partage des idées 	L'intention du client est visible lors de l'élaboration de ses préoccupations, ses exigences et ses attentes en matière de développement durable pour orienter l'équipe de conception dès le début du processus.
Équipe multidisciplinaire	<ul style="list-style-type: none"> Engagement Expertises et compétences Complémentarité 	La formation de l'équipe se base sur les besoins du projet et les intentions du client dès le début du processus pour sélectionner les experts en conséquence (Expertises, compétences et complémentarité).
Équipe intégrée vers des cibles et objectifs clairs	<ul style="list-style-type: none"> Engagement Participation Consensus entre les intervenants 	Établir les cibles et objectifs dans une vision commune. Obtenir un consensus à l'aide d'activité de charrette tel que les activités de « visioning ».
Ouverture d'esprit et bonne écoute dans les échanges entre les acteurs et intervenants	<ul style="list-style-type: none"> Climat de respect et confiance Transparence du processus Apprentissage continu Communication et partage des idées 	Présence du facilitateur pour établir l'inclusion et la collaboration des professionnels pour le meilleur apport de chacun dû à la complémentarité de leurs savoirs et leurs expertises. Les membres de l'équipe apprennent de chacun à travers les différentes approches et points de vue lors de la résolution des problèmes de conception.
Rigueur et effort en recherche et analyse	<ul style="list-style-type: none"> Processus itératif, flexible et collaboratif Apprentissage continu Continuité et assurance qualité 	Processus itératif, la conception se développe progressivement. Le PCI doit répondre aux besoins, intérêts et aspirations de l'équipe et du contexte du projet. Pour ce faire, le gestionnaire utilise une feuille de route et agenda ajusté à chaque étape du processus.
Créativité et innovation	<ul style="list-style-type: none"> Synergie d'équipe Synergies des systèmes 	Favoriser la participation et la collaboration des membres de l'équipe et des spécialistes invités aux charrettes. Ainsi, ils doivent concevoir et tenir compte des contraintes du projet. Pour ce faire, la présence d'un PA LEED, d'un facilitateur, d'un économiste des coûts et d'un modeleur énergétique est une combinaison favorable.

Bibliographie

1. Boucher, I., Pierre Blais et Vivre en ville, Le bâtiment durable : Guide de bonnes pratiques sur la planification territoriale et le développement durable. 2010, ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire p. 89.
2. Rees.M.Wackemagel.P.Testamale, W.E., Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth 1998: New Society Publishers.
3. Busby, Perkins, and Will, Roadmap for the Integrated design process 2007, Bc green building Roundtable Vancouver,, p. 87.
4. Reed, B., et al., The Integrative Design Guide to Green Building: Redefining the Practice of Sustainability. 2009, New Jersey, Canada: John Wiley & Sons,Inc. 397.
5. Hansen, H.T.R. and M.-A.K. Plenge. The Integrated Design Process (IDP): a more holistic approach to sustainable architecture. in The 2005 World Sustainable Building Conference. 2005. Tokyo: Action for sustainability.
6. Lucuik, M., et al., Analyse de rentabilité pour les bâtiments écologiques au Canada. 2005, Industrie Canada. p. 64.
7. Gabriel, S., Étude de l'impact de l'émergence des projets de bâtiments écologiques sur le processus de livraison de projet de bâtiment, in Génie de la construction. 2013, École de technologie supérieure : Montréal, Québec. p. 299.
8. Bill Browning and al, High-performance commercial buildings a technology roadmap. 2012: p. 20.
9. Zimmerman, A., Guide sur le processus de conception intégrée. 2006, Société canadienne d'hypothèques et de logement. p. 18.
10. Dossick, C.S. and G. Neff, Messy talk and clean technology: communication, problem-solving and collaboration using Building Information Modelling. Engineering Project Organization Journal, 2011: p. 83-93.
11. Yoann, E., Évaluation d'un espace de travail collaboratif assisté par ordinateur pour la conception intégrée des bâtiments, in Génie de la construction. 2009, École de technologie supérieure : Montréal, Québec. p. 117.
12. Larsson, N., The integrated design process (IISBE). 2004: p.7.
13. Forgues, D. and L. Koskela, The influence of a collaborative procurement approach using integrated design in construction on project team performance. International Journal of Managing Projects in Business, 2009: p. 17.
14. Ibrahim, C.K.C., S.B. Costello, and S. Wilkinson, Key Practice Indicators of Team Integration in Construction Projects: A Review, in 2011 2nd International Conference on Construction and Project Management. 2011: The University of Auckland, New Zealand. p. 230-234.
15. Larsson, N., The Integrated Design Process: Report on a National Workshop held in Toronto in October 2001. 2002, Natural Resources Canada: Ottawa. p. 7.

Bibliographie

16. Löhnert, G., A. Dalkowski, and W. Sutter, Integrated Design Process, A Guideline for Sustainable and Solar-Optimised Building Design. 2003, in Task 23, IEA: Berlin / Zug. p. 62.
17. Coles, L., Integrated design process facilitation resource guide. 2002: p. 78.
18. Rossi, R.M., et al. The Integrated Design Process on Paper and In Practice : A Case Study. in In Proceeding of the 2009 ASC Region III Conference. 2009. Downers Grove, Illinois, October 21-24-2009,.
19. Rajeb, S.b., Modélisation de la collaboration distante dans les pratiques de conception architecturale : Caractérisation des opérations cognitives en conception collaborative instrumentée, in Architecture. 2012, Université Paris Est. p. 437.
20. Mulder, K.F., L'ingénieur et le développement durable. 2009. 243.
21. Brown, D.G., et al., Manuel Canadien de pratique de l'architecture. Vol. 1. 2009.
22. Forgues, D. and I. Iordanova, Les pratiques intégrées en construction au Québec : Constats et propositions. 2011, Agence de l'efficacité énergétique du Québec. p. 92.
23. Lagacé, K., Analyse de rentabilité de projets - GIA400 Note de cours - Cours 8. 2011. p. 54.
24. Lavallée, A., et al., Performance de la conception intégrée et intégration des technologies de l'information dans un contexte de travail multidisciplinaire. 2011 : p. 25.
25. Thomassen, M., BIM & Collaboration in the AEC Industry, in Mechanical and Manufacturing Engineering. 2011, Aalborg University: Denmark. p. 88.
26. Milot, J., Notions fondamentales de mesure et vérification. 2013 : École de technologie supérieure. p. 57.
27. Derghazarian, A., Les méthodes d'évaluation du bâtiment et du cadre bâti durable, in Centre universitaire de formation en environnement. 2011, Université de Sherbrooke. p. 103.
28. USGBC, LEED 2009 for New Construction and Major Renovation Rating System. 2009. USGBC: p. 88.
29. Lennertz, B. and A. Lutzenhiser, The Charrette Handbook. 2006. 188.
30. Anderson, k., Design Energy Simulation for Architects: Guide to 3D graphics. 2014.
31. Korkmaz, S., et al., Case studies: High-Performance Green Building Design Process Modeling and Integrated Use of Visualization Tools. JOURNAL OF ARCHITECTURAL ENGINEERING © ASCE, 2010: p. 37-45.
32. DOMINGUEZ, G.A.R., Caractérisation de l'activité de conception collaborative à distance : étude des effets de synchronisation cognitive, in Organisation Industrielle et Systèmes de Production. 2005, Institut National Polytechnique de Grenoble. p. 193.
33. Staub-French, S., et al., Building information modeling (BIM): "Best practices" Project report. 2011. p. 176.
34. Maile, T., M. Fischer, and V. Bazjanac, Building Energy Performance Simulation Tools - a Life-Cycle and Interoperable Perspective. 2007, Center for Integrated Facility Engineering (CIFE).; STANFORD UNIVERSITY. p. 43.

Bibliographie

35. Hiyama, K. and S. Kato. Analysis of influence on mechanical design process by BIM nalysis of influence on mechanical design process by BIM spread- consciousness survey to BIM by questionnaire of mechanical engineer. in 12th Conference of International Building Performance Simulation Association. 2011. Sydney
36. Sebastian, R., W. Haak, and E. Vos, BIM Application for Integrated Design and Engineering in Small- Scale Housing Development: A Pilot Project in The Netherlands, in Future Trends in Architectural Management. 2009: Tainan (Taiwan). p. 11.
37. Forgues, D. and I. Iordanova, BIM : initiation à l'implantation du Building Information Modeling. 2013, Contech Bâtiment. p. 169.
38. Relations, B.C.B.C.M.o.F.a.C., Guide to Value Analysis and the Integrated Green Design Process. 2001, British Columbia Buildings Corporation Ministry of Finance and Corporate Relations. p. 34.
39. Winch, G.M., Collaboration as an activity coordinating with pseudo-collective objects. Springer, 2002: p. 181-204.
40. Saadi, M., Implantation de l'approche relationnelle dans le domaine des services : Cas du secteur Bancaire, in Administration des affaires. 2009, Université du Québec à Montréal. p. 145.
41. Forgues, D. and J. Courchesne, La conception intégrée au Québec : Constats. 2008, Agence de l'efficacité énergétique du Québec. p. 184.
42. Bouthinon-Dumas, H., Les contrats relationnels et la théorie de l'imprévision. Revue Internationale de droit économique, 2001 : p. 339-373.
43. WALKER, D.H., K., Procurement Strategies - A Relationship-based Approach. 2003, Blackwell Science Ltd.: Oxford, UK.
44. Forgues, D. and I. Iordanova, Canevas de cadre CI-BIM : Version de paille. 2011, Agence de l'efficacité énergétique du Québec. p. 61.
45. Whole System Integration Process (WSIP). 2007, Institute for market transformation to sustainability. p. 18.
46. Belloni, K., J. Kojima, and I.P. Seppä, First International Conference on Improving Construction and Use through Integrated Design Solutions, in CIB IDS. 2009. p. 404.



Guide de conception intégrée – Version 2 en date du 23 juin 2015

CERACQ

1100, rue Notre-Dame Ouest | Montréal (Québec) H3C 1K3

Téléphone : (514) 608-1833 | Courriel : info@ceracq.ca | Site Web : ceracq.ca