

CONCEPTION INTEGREE DES BATIMENTS DURABLES

SUPPORT DE COURS

Enseignant : Ahmed Amine BOUCETTA

Sommaire :

- Introduction
- Présentation et chiffres significatifs
- Notions et définitions
 - * bâtiment
 - * développement durable
 - * empreinte carbone
 - * performance énergétique et environnementale
 - * conception intégrée
- Concevoir des bâtiments durables : objectifs
 - * préserver la nature et les ressources fossiles
 - * exploiter les ressources des énergies renouvelables
 - * optimiser la consommation sous toutes ses formes
 - * gérer les déchets et les rejets
- Anticiper la construction et l'exploitation du bâtiment
 - * définition du Processus de Conception Intégrée P.C.I.
- Fonctionnement du processus collaboratif
 - * concept, construction, fonctionnement et usage
 - * objectifs fonctionnels, environnementaux et financiers
 - * efficacité de l'équipe multidisciplinaire
 - Organisation,
 - Fonctionnement,
 - Définition et description du BIM,
 - Maquette numérique,
 - Simulations

INTRODUCTION

Histoire et Origines

Lorsque les hommes préhistoriques ont estimé nécessaire de s'abriter, de se protéger et de maîtriser leur rapport à la nature, en se donnant les moyens de s'abriter des intempéries, de se protéger des animaux sauvages, de stocker et préserver leur nourriture, de « coconner » leur progéniture,

La notion d'HABITAT est apparue.

Les logements préhistoriques tels que les cabanes, ou grottes, constituent en effet les premiers habitats écologiques de l'homme.

La nature était l'habitat, et vice-versa.

Depuis la promulgation de la Charte mondiale de la Nature en 1982 et la Déclaration de Rio de 1992 sur l'environnement et le développement, l'ensemble des peuples a pris conscience des enjeux relatifs à la protection de la Terre en tant que planète, et la Communauté internationale œuvre actuellement, au niveau de l'Organisation des Nations Unies (ONU) pour l'établissement d'un Pacte mondial pour l'environnement, texte international qui regrouperait les grands principes juridiques destinés à guider l'action environnementale à travers le monde.

L'adoption des Objectifs de Développement Durable et l'Accord de Paris, en 2015 avaient induit une nouvelle dynamique mondiale, allant dans le sens de la protection, de la régénération et de la conservation de l'environnement.

S'il est adopté, ce texte aurait la même valeur juridique, en termes de Droit International, que la Déclaration des droits de l'homme de 1948 et les deux Pactes de 1966 relatifs l'un aux droits civils et politiques l'autre aux droits sociaux, économiques et culturels.

Le **Pacte mondial pour l'environnement** aurait un fonctionnement transversal, en se basant sur ces autres textes pour en exploiter les acquis. Preuve que le respect de l'environnement s'implique dans tous les aspects de la vie.

De fait, toutes les activités humaines sont concernées par cette vision nouvelle dont l'objectif est de respecter les écosystèmes et d'optimiser la symbiose avec la Nature.

PRESENTATION et chiffres significatifs

(source ONU et PNUE, Programme des Nations Unies pour l'environnement))

Au niveau mondial, le bâtiment représente une grande part de l'économie (10% du PIB mondial en 2004 et 28% des emplois). Il modifie la nature en multipliant les espaces urbains et construits. Il a donc une influence non négligeable sur l'environnement (les sols, l'eau), et participe au réchauffement de la planète et aux changements climatiques.

D'après une étude du PNUD, le secteur de la construction est souvent appelé « **L'industrie des 40%** » :

- 40% de la totalité des ressources (matériel et énergie) sont utilisés pour la construction et l'exploitation des bâtiments ;
- 40% des émissions de CO2 proviennent de ce secteur ;
- 40% du total des déchets sont générés par la construction et la démolition.

En termes de consommation d'énergie, 38% sont consommés par ce secteur, répartis

comme suit :

- Production de matériaux de construction	11 %
- Transport lié à la construction	5 %
- Travaux de construction	1,3 %
- Usage intérieur	10 %
- Exploitation des bâtiments	10 %

La construction est destinée à héberger la population, il faut donc tenir compte de son accroissement exponentiel :

Elle est passée de 2 milliards en 1950 à 7,6 milliards en 2017,

Les prévisions moyennes de 2017 prévoient 8,6 milliards en 2030, 9,8 en 2050 et 11,2 en 2100. Noter qu'en 2011, on ne prévoyait que 10,1 milliards. Ce qui veut dire que l'accroissement est plus rapide que les prévisions !

NOTIONS ET DEFINITIONS

Bâtiment

Ce terme englobe les constructions de quelque nature que ce soit, habitations sous toutes leurs formes, usines, équipements collectifs, etc.

Ces divers bâtiments se construisent partout dans le monde, revêtent d'innombrables aspects et utilisent des techniques et des matériaux divers.

A travers l'appellation BTP, Bâtiment et Travaux Publics, le secteur de la construction englobe l'ensemble de l'activité de bâtiment, y compris les infrastructures et ouvrages d'art, ponts, ports, aéroports, stades, bassins, etc.

Développement durable

La **durabilité** est « la capacité d'un développement, d'un mode de production ou d'un système à répondre aux besoins présents (et locaux) sans empêcher les générations futures (ou les populations vivant ailleurs) de subvenir à leurs propres besoins ».

Pour assurer un développement réellement durable, le secteur de bâtiment doit garantir, pendant le déroulement de toutes les actions du processus de construction, et surtout après, pendant la durée d'exploitation, un impératif de respect de l'environnement, de la réduction de la consommation d'énergie et du traitement des rejets.

Ce sont des bâtiments dits « verts ».

Dès la décision prise pour le lancement du projet, ces bâtiments vont être réalisés suivant un processus intégré qui démarre dès la conception, ensuite interviendra la construction, puis il s'agira de gérer l'exploitation jusqu'à la démolition.

Empreinte carbone

On appelle "empreinte carbone" la mesure du volume de dioxyde de carbone (CO₂) émis par combustion d'énergies fossiles, par les entreprises ou les êtres vivants. On estime qu'un ménage français émet en moyenne 16,4 tonnes de dioxyde de carbone (CO₂) par an.

Il est, dans ses usages privés de l'énergie, directement responsable d'une partie des émissions de dioxyde de carbone (CO₂) à l'atmosphère.

Le calcul de son empreinte carbone aide à définir les stratégies et les solutions les mieux adaptées à chaque secteur d'activité et de participer ainsi plus efficacement à la diminution des

émissions de gaz à effet de serre.

Le calcul de l'empreinte carbone permet aussi de compenser ses émissions de CO₂. Il existe actuellement plus d'une trentaine de structures qui proposent des mécanismes de compensation du CO₂.

Performances énergétique et environnementale.

Ces performances sont la conséquence d'une réalisation et d'une exploitation raisonnée des bâtiments. Il s'agit, à tous les stades, de favoriser l'économie d'énergie fossile (pétrole) et le recours aux énergies renouvelables. Il s'agit aussi d'éviter les déperditions, les pertes et les rejets polluants (déchets ménagers, eaux usées, air pollué en CO₂, etc.)

Il est institué des méthodes et systèmes d'évaluation qui définissent et valident les performances des bâtiments.

Le *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) est un système nord-américain de standardisation de bâtiments à haute Qualité Environnementale créé par le *US Green Building Council* en 1998, semblable à Haute qualité environnementale en France.

Un bâtiment peut atteindre quatre niveaux : certifié, argent, or ou platine.

Les critères d'évaluation incluent : l'efficacité énergétique, l'efficacité de la consommation d'eau, l'efficacité du chauffage, l'utilisation de matériaux de provenance locale et la réutilisation de leur surplus. 25 000 certifications délivrées à travers le monde.

Le *BRE Environmental Assessment Method* (BREEAM) est la méthode d'évaluation du comportement environnemental des bâtiments développée par le Building Research Establishment (BRE), un organisme privé britannique de recherche en bâtiment. Il est l'équivalent des référentiels HQE ou Bâtiments durables méditerranéens en France, LEED en Amérique du Nord ou Green Star en Australie.

Le BRE entend « établir la norme de la meilleure méthode » (« *best practice* » en anglais) pour la conception, la construction et le fonctionnement de bâtiments écologiques et déclare sur son site s'être imposé comme l'une des méthodes de calcul les plus complètes et les plus reconnues du comportement environnemental des bâtiments.

Créé en 1986, il a évolué régulièrement pour prendre en compte l'évolution de la réglementation et se décliner en plusieurs versions selon les types de bâtiments.

200 000 certifications délivrées dans le monde.

Conception Intégrée.

Il s'agit d'une démarche visant à mettre en liaison tous les intervenants dans la réalisation et l'exploitation d'un projet d'architecture ou d'ingénierie.

Contrairement au système de conception traditionnel à travers lequel les intervenants sont sollicités successivement et de manière linéaire, l'architecte en premier, puis les ingénieurs spécialisés et ensuite les entreprises chargées de l'exécution des différents lots, le **Processus de Conception Intégrée P.C.I.** fait intervenir tout le monde en même temps, dès le démarrage du travail de conception, et surtout, prend en compte la phase d'exploitation du bâtiment, après sa livraison aux utilisateurs, pour optimiser le concept architectural, dans le but de produire un bâtiment réellement durable.

Les réunions entre les intervenants indispensables doivent donc compter parmi eux le représentant des futurs usagers du bâtiment, des fournisseurs spécialisés ou d'autres consultants. Cela permet de prendre connaissance de divers aspects difficilement décelables et rarement pris en compte par les intervenants techniques ou même les concepteurs.

Cela permet aussi de découvrir et de tester de nouveaux matériaux et outils de mise en œuvre.

Cela permet, enfin, de procéder à toutes sortes de simulations destinées à prévoir et optimiser la construction, et ensuite, l'utilisation du bâtiment. Il peut s'agir de mesurer les éclairages, l'ensoleillement, la climatisation et le chauffage à différentes périodes de l'année, les performances de recyclage de l'eau, etc.

L'équipe multidisciplinaire arrive ainsi à des solutions plus novatrices et optimales.

CONCEVOIR DES BATIMENTS DURABLES : Objectifs

L'accroissement des populations mondiales nécessitera inévitablement la construction de plus de maisons et d'immeubles destinés à leur habitation, plus d'usines et de magasins pour leur travail, qui généreront plus de produits et de services, et aussi, pour leurs déplacements, plus de routes et d'infrastructures.

Toutes ces constructions auront un impact négatif indéniable sur la nature, de nombreuses études l'ont prouvé et démontré, si de nouvelles mesures ne sont pas prises pour mieux gérer la consommation humaine sous toutes ses formes, et ainsi respecter l'environnement.

Il est donc impératif de tenter de réduire cet impact en exploitant tous les moyens à notre disposition, qui consistent notamment à:

a- Préserver la nature et les ressources fossiles

Ces ressources naturelles et limitées ne pourront être préservées que si l'être humain se montre capable de changer ses habitudes centenaires. Il n'a d'ailleurs plus le choix. Le problème ne se posait pas il y a 80 ans, il se pose aujourd'hui, en raison de l'augmentation exponentielle de la population mondiale, et des besoins de consommation de plus en plus sophistiqués et gourmands en énergie.

Ces ressources fossiles ont été à l'origine et les principaux catalyseurs de la révolution industrielle de la fin du 18^e siècle. Cette révolution quoique extrêmement polluante a été tout de même essentielle pour la modernisation de nos sociétés, grâce aux industries métallurgiques, grandes consommatrices de charbon et de pétrole, mais qui ont permis le développement de l'automobile, de l'avion, du train et du bateau, ... et de l'électricité !

La plus grande part de l'électricité est en effet produite à partir d'énergies fossiles, ce qui conduit inévitablement à une impasse.

Il s'agit donc de préserver ce qui reste des énergies fossiles, déjà fortement entamées.

Il ne faut plus considérer l'environnement comme « entrepôt de ressources et comme puits pour les déchets ».

Car la construction de bâtiments nécessite de l'énergie, des matériaux et des ressources en eau ce qui génère des émissions dans l'air, des déchets solides et des eaux usées.

Toutes choses à éviter dans l'avenir.

b- Exploiter les ressources des énergies renouvelables

La planète Terre offre de nombreuses énergies illimitées que nous devons apprendre à utiliser, et qui remplaceront, à terme, les autres énergies naturelles, aujourd'hui presque épuisées.

Ces énergies sont l'eau, l'air et le soleil et la terre en premier lieu, lesquels peuvent favoriser le développement de produits biologiques, fournir de l'électricité, et recycler certains de nos déchets.

c- Optimiser la consommation sous toutes ses formes

La directive européenne NZEB (Nearly Zero Energy Building) exige qu'en 2020, les bâtiments construits soient à énergie quasi-nulle. Le concept passif, qui permet de réduire drastiquement ses consommations, est le seul à pouvoir répondre à cette exigence européenne de sobriété renforcée.

Outre la période de construction proprement dite, il s'agit donc de réfléchir, d'anticiper et d'optimiser les consommations d'énergie inhérentes à l'exploitation de tout bâtiment. Energies électriques pour l'éclairage, pour le chauffage, pour la climatisation, pour la domotique, utilisation, optimisation et recyclage des ressources en eau, élimination des déperditions.

d- Gérer les déchets et les rejets

Les différents rejets toxiques (fumées, produits chimiques) directement dans la nature doivent être strictement prohibés, et les déchets doivent être triés, recyclés et réutilisés.

ANTICIPER la CONSTRUCTION et L'EXPLOITATION du BATIMENT

Processus de Conception Intégrée P.C.I. - Définition

En raison du nombre élevé d'intervenants, et au regard de la complexité technique des diverses composantes d'un bâtiment, il s'est avéré extrêmement compliqué voire impossible de gérer les imprévus et les modifications en cours de conception ou en cours de chantier. Outre la perte de temps et d'argent, ces réajustements inhérents à la réalisation de toute construction ne permettent absolument pas d'aboutir à un projet optimisé, et encore moins de donner la possibilité aux futurs utilisateurs d'exploiter leurs nouveaux espaces en maîtrisant correctement leurs consommations d'énergie.

Pour ces raisons, différentes méthodes de conduite de projets et d'évaluation des impacts environnementaux des bâtiments sur les ressources, l'eau l'air et la qualité de vie des occupants ont été mises au point. Les objectifs sont multiples, comme l'interprétation des solutions proposées par les différentes spécialités pour réaliser un bâtiment durable, la prise de décision à l'aide d'outils d'étalonnage environnemental.

Le Processus de la conception intégrée est une méthode globale axée sur les principes de respect des **trois piliers du développement durable, soit l'environnement, l'économie et le social**.

- **L'environnement**, parce que c'est une préoccupation qui concerne tous les gestes de la vie de chaque individu,

- **L'économie** car tout ce qui est économisé est une richesse, concernant les énergies fossiles ou encore le recyclage

- **le social**, pour assurer le bien-être aux populations.

Le **P.C.I.** est une pratique émergente dans la phase de conception d'un projet de construction mise en application pour obtenir des bâtiments à haut rendement énergétique.

Le principe vise à rassembler l'ensemble des intervenants clés du projet pour ainsi créer un contexte différent où ils deviendront une équipe interdisciplinaire avec, entre autres consultants, les chimistes des matériaux, de l'énergie et de l'environnement, les architectes, les urbanistes, les spécialistes de la construction du bâtiment ainsi que les spécialistes de l'écologie et du développement durable. La philosophie de cette méthode repose sur le climat de collaboration qui est mis de l'avant et sur les objectifs fixés par l'équipe et que celle-ci doit respecter dans la conception du projet.

Tout le processus est mené par un professionnel indépendant, nommé « facilitateur », qui guide l'équipe de travail et joue un rôle de catalyseur pour tirer le meilleur de chacun.

Dans une pensée de durabilité, cette pratique permet d'optimiser un grand nombre de facteurs qu'il est possible de retrouver dans un projet de bâtiment durable. Dans les cas réalisés, les retombées liées à ce mode de conception sont significatives, permettant d'engendrer des économies sur le coût total du projet, de faciliter la coordination du projet, de créer un certain nombre de synergies et plus encore...

FONCTIONNEMENT DU PROCESSUS COLLABORATIF:

La réflexion est menée en permanence, par tous les intervenants concernés. Plusieurs variantes sont étudiées, diverses solutions envisagées et comparées.

1 : Le concept, la construction, le fonctionnement et l'usage du bâtiment pour la durée de son cycle de vie

a- La conception :

Certains logiciels professionnels apportent une assistance non négligeable à la conception, pour les architectes et les ingénieurs, et d'autres logiciels sont dédiés aux simulations de tous genres, destinées à favoriser l'optimisation du projet et gérer son exploitation future.

Cette assistance informatique permet d'économiser les calques, le papier, les encres, et autres produits nocifs, et d'approfondir significativement la recherche conceptuelle.

Le principe de collaboration peut également éviter la tenue de réunions partielles, de déplacements entre les uns et les autres, en particulier pendant la phase d'autorisation du projet par les administrations concernées.

b- La construction :

La notion de matériau écologique est de plus en plus répandue : il se caractérise par une faible émission de CO₂ et un faible recours aux ressources naturelles. La plupart de ces matériaux sont également très performants en termes d'isolation, thermique et phonique, et de stabilité. À côté des bois ou des bétons toujours majoritairement utilisés, émergent les vitrages modernes, les nouveaux matériaux polymères ou ceux issus de la chimie du végétal.

En étudiant l'empreinte écologique des principaux matériaux utilisés, les laboratoires ont travaillé à la mise au point de nouvelles façons de les utiliser. Ils ont développé de nouvelles formulations qui ne sont pas uniquement de faibles émetteurs de CO₂, mais se révèlent aussi performants pour la qualité des constructions. Tous ces points sont illustrés à partir d'exemples concrets de réalisation.

A titre expérimental, il faut citer également l'utilisation de produits naturels (chanvre, riz, paille, etc.) pour l'isolation thermique, principalement sur les structures en bois et l'utilisation d'algues naturelles dans des vitrages spéciaux dont les propriétés contribuent à l'élimination du CO₂ dans l'air intérieur.

Justement, à l'intérieur des habitations, pour le confort des habitants, et toujours avec une empreinte écologique réduite, l'utilisation de textiles et de nouvelles peintures issues de la chimie verte est encouragée.

c- **L'exploitation :**

Il faut éviter d'avoir recours à l'énergie fossile mais plutôt aux énergies renouvelables et gérer le recyclage de l'eau ainsi que les déchets solides et de tous types de rejets.

La chimie permet aujourd'hui d'éviter le gaspillage à travers le développement de l'utilisation de l'énergie solaire ou du biogaz provenant des déchets ménagers mais aussi le recyclage des matériaux vétustes.

Une gestion rigoureuse permettra le contrôle maîtrisé de la lumière et de la température des habitations, ainsi que le contrôle de la qualité de l'air intérieur et la protection par rapport aux bruits extérieurs éventuels.

d- **La démolition :**

Gestion des gravats, recyclage des déchets et matériels divers. Des améliorations en matière de valorisation des déchets inertes ont été réalisées ces dernières années, les déchets du second oeuvre (c'est-à-dire issus de la partie non constitutive de la structure d'un bâtiment) ont des taux de valorisation relativement faibles.

Il faut donc prévoir plusieurs filières de valorisation pour traiter les dizaines de millions de tonnes par an de déchets générés par les démolitions à travers le monde.

2 : Elaboration et mise en oeuvre des objectifs fonctionnels, environnementaux et financiers

Ces objectifs doivent être clairement définis et exigeants et concernent toutes les phases de production du bâtiment.

Cette étape permet au « client », futur utilisateur, et aux autres personnes concernées, de définir leur projet sous différents aspects :

a- Objectifs fonctionnels :

Chaque type de projet subira une approche spécifique.

Selon que les bâtiments soient destinés à l'habitat, aux bureaux, ou à d'autres activités, les objectifs fonctionnels devront systématiquement viser à offrir tout le confort en termes de circulations, horizontales ou verticales, entrées, accès aux parkings. Les locaux techniques seront également étudiés dans les moindres détails de manière à accueillir les systèmes relatifs au traitement et recyclage de l'eau, la gestion des déchets, les équipements thermiques pour le chauffage, etc.

La fonctionnalité parfaite des locaux et espaces induira une utilisation plus rationnelle, et donc une empreinte carbone réduite.

b- Objectifs environnementaux :

La définition de ces objectifs dépendra en grande partie de la situation géographique du bâtiment, et des conditions climatiques auxquelles il sera exposé.

Il est évident que les objectifs à atteindre en matière d'exploitation des

ressources naturelles, d'économie d'énergie et d'utilisation des matériaux locaux seront fortement tributaires de ces critères, géographiques et climatiques.

c- Objectifs financiers :

Le coût du projet, estimé dès la phase de conception, est destiné à être affiné puis arrêté définitivement avant le démarrage des travaux. Toutefois, un grand nombre de réajustements et de modifications surviennent tout au long de l'adaptation de la conception aux équipements et installations techniques nécessaires. Et ensuite, pendant les travaux, des imprévus surviennent et doivent être surmontés. Cela représente un coût financier, en termes de temps perdu et d'argent dépensé. La collaboration, l'échange d'informations et l'intervention de tous à toutes les étapes de la conception, puis des travaux, permettra d'éviter ces surcoûts, et de respecter le budget initial.

Il est important également de définir au plus juste le coût relatif à l'exploitation future du bâtiment, en tenant compte des paramètres conceptuels d'ensoleillement, d'isolation thermique, de récupération des eaux pluviales, d'utilisation de l'énergie solaire, etc., tous ces paramètres qui influenceront sur les consommations d'eau et d'électricité.

Les dépenses relatives à la maintenance du bâtiment doivent également être pris en compte au moment du choix des matériaux (plus ou moins durables) et des équipements de climatisation, de chauffage, de domotique, etc., qui seront plus ou moins énergivores.

Les objectifs financiers sont donc destinés à respecter le budget nécessaire à la construction et à prévoir un coût d'exploitation optimisé.

3 : Efficacité de l'équipe multidisciplinaire

a- Organisation:

La réussite du Processus de Conception Intégrée découle essentiellement de la cohésion et de l'efficacité des différents intervenants pendant les phases de conception et de construction, et ensuite pour la gestion et l'exploitation du bâtiment.

Ces intervenants doivent posséder ou acquérir les aptitudes nécessaires pour répondre à tous les besoins conceptuels découlant des objectifs établis. Cela veut dire qu'ils suivront éventuellement des formations d'initiation au fonctionnement du P.C.I. Ils devront impérativement s'équiper en matériel informatique et acquérir les logiciels dédiés à leurs spécialités techniques respectives.

En effet, le fonctionnement optimisé de l'équipe sera assuré par la mise en place d'une plate forme numérique, alimentée par tous les intervenants et permettant des interconnexions permanentes.

b- Fonctionnement:

L'équipe procède d'abord à l'élaboration de stratégies globales pour la conception des installations techniques des immeubles. Confrontées et évaluées par tous, ces stratégies donneront lieu à des échanges, des débats, des choix, avant de passer à des solutions de plus en plus détaillées en vue d'obtenir une conception globale optimisée.

Il est certain que les outils informatiques composant la maquette numérique permettent de faciliter grandement les échanges, mais la réussite de la collaboration réside en la capacité des intervenants d'échanger et de confronter leurs apports techniques et intellectuels respectifs.

c- Définition et description du BIM

BIM vient de l'anglais *Building Information Modeling* qui se traduit par Modélisation des Informations (ou données) du Bâtiment. Le terme bâtiment ici est générique et englobe également les infrastructures.

Il est difficile de trouver une définition du BIM acceptée par tous. Le BIM, c'est surtout des méthodes de travail et une maquette numérique paramétrique 3D qui contient des données intelligentes et structurées. Le BIM est le partage d'informations fiables entre tous les intervenants, tout au long de la durée de vie d'un bâtiment ou d'infrastructures, de leur conception jusqu'à leur démolition.

La maquette numérique quant à elle est une représentation digitale des caractéristiques physiques et fonctionnelles de ce bâtiment ou de ces infrastructures.

Le BIM est souvent assimilé à un logiciel ou à une technologie. Il est bien plus que cela. C'est en fait une suite de processus ou méthodes de travail utilisés tout au long de la conception, de la construction et de l'utilisation d'un bâtiment.

Le BIM définit qui fait quoi, comment et à quel moment.

d- Maquette numérique

La maquette numérique est "intelligente" dans le sens où elle est composée d'éléments qui interagissent entre eux. Si par exemple un mur est déplacé, alors tous les éléments qui sont liés à ce mur (fenêtres, portes, dalles, etc.) seront déplacés également. Comme il s'agit d'un seul modèle, les coupes et les vues sont toujours mises à jour automatiquement lors de modifications, évitant ainsi les erreurs.

Les éléments du modèle contiennent des informations (géométrie, matériaux, apparence, coût, qualités énergétiques, etc.) qui rendent possible les analyses et les simulations. Le calcul automatique des quantités, des coûts de construction et la planification peuvent se faire en temps réel et sont toujours à jour avec le modèle paramétrique 3D.

Un modèle virtuel BIM est composé d'objets paramétriques qui sont associés à des données et des règles. Ces objets sont consistants dans toutes les vues et il n'est pas possible de « tricher » les dimensions dans une vue. Lors d'une insertion ou d'une modification, ces objets réagiront intelligemment comme pour la mise en place dans un mur ou pour l'insertion d'un mur entre deux dalles.

Les objets pourront être assemblés à d'autres et conserver leurs propriétés paramétriques. Les objets sont capables de réagir si les normes ou les critères ne sont pas respectés.

Le modèle est en fait une base de données contenant toutes les informations concernant les propriétés de ses composants, leur construction et leur entretien.

D'une manière générale, le niveau de détail de la maquette virtuelle est de représenter tout ce qui est visible d'une distance de 3-4 mètres. Une maquette détaillée jusqu'à la dernière vis serait extrêmement lourde à manipuler et ne serait pas rentable à réaliser.

Le niveau de détail de la maquette doit être adapté à la phase du projet pour laquelle elle a été conçue.

e- Simulations:

Un ou plusieurs modèles virtuels 3D paramétriques intelligents et structurés sont utilisés tout au long de la conception, de la construction et même de l'exploitation et l'utilisation d'un bâtiment. Ces modèles virtuels permettent d'effectuer des analyses et simulations (énergétiques,

calcul structurel, détections des conflits, etc.), des contrôles (respect des normes, du budget, etc.) et des visualisations.

Avec le BIM, les simulations (**analyses-contrôles-visualisations**) sont effectuées très tôt dans l'étude d'un projet, permettant ainsi une conception de meilleure qualité et la détection des problèmes avant la mise en chantier.

La simulation est l'imitation des opérations d'un processus du monde réel. Les informations contenues dans la maquette numérique permettent d'effectuer une simulation. Les types de simulation habituellement utilisés dans la construction sont:

- Modèles économiques
- Modèles dépréciation de valeur
- Modèles de santé et sécurité
- Modèles hydrauliques et stockage de l'eau
- Modèles acoustiques
- Modèles naturels
- Modèles structurels
- Modèles de construction
- Modèles énergétiques
- Modèles de business
- Réalité augmentée
- Analyses d'options

Différents niveaux de simulation existent et leur valeur est souvent proportionnelle à leur difficulté:

- * Analyses descriptives (Que s'est-il passé?)
- * Analyses diagnostiques (Pourquoi cela s'est-il produit?)
- * Analyses prédictives (Que va-t-il se passer?)
- * Analyses prescriptives (Comment pouvons-nous faire pour que cela se produise?)

Grâce à la maquette numérique constamment tenue à jour, les coûts de construction sont mieux maîtrisés car extraits en temps réel. La qualité des bâtiments se trouve globalement améliorée grâce aux différentes analyses et simulations effectuées à un stade précoce du projet, avant que les coûts des modifications n'aient trop de répercussions.

Le BIM n'est pas un logiciel ou une marque de logiciel, toutefois une application dite BIM capable de modéliser une maquette numérique composée d'objets paramétriques est nécessaire. Cela dit l'utilisation de programmes 2D ou 3D non paramétriques est parfaitement possible dans les processus de conception BIM, par exemple pour la production de plans papier, le partage des informations avec des intervenants sans logiciel BIM, ou lors de la phase d'avant-projet.

DOCUMENTS JOINTS

- Guide pour la Conception Intégrée PCI du « Cerac » Québec
- Optimisation énergétique, avec la Modélisation des données du bâtiment BIM

SOURCES et BIBLIOGRAPHIE

- 1- Zimmerman, A. (*s/d*) Guide sur le processus de conception intégré, Société canadienne d'hypothèques et de logement, 18 p.
- 2- Yudelso, J. (2009) Green Building Through Integrated Design, New York : McGraw-Hill.
- 3- UNEP Sustainable Building and Climate Initiative, 2006.
- 4- Wikipédia

