

Construction d'un hôtel en ossature légère de bois

Home 2 Suites by Hilton

Préparé par :

Jean-Philippe Carrier, ing., L2C Experts conseils
Véronique Roberge, ing., Logisco/M.R. Parent inc.



Ce rapport a été réalisé dans le cadre du Programme de vitrine technologique pour les bâtiments et les solutions innovantes en bois

« Octobre 2023 »

A handwritten signature in black ink, reading 'JP Carrier ing.'.

Jean-Philippe Carrier, ing.

Co-auteur et concepteur

A handwritten signature in black ink, reading 'VR ing.'.

Véronique Roberge, ing.

Co-autrice et VP Construction

Avis de non-responsabilité

Le contenu et les résultats de ce rapport sont produits et présentés par le promoteur du projet. Le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs ainsi que le Fonds vert ne sont donc pas responsables du contenu de ce document.

Table des matières

1.	Sommaire exécutif et synthèse de l'étude.....	1
2.	Introduction.....	2
2.1	Titre et lieu de réalisation du projet de construction	2
2.2	Description du projet de construction	2
2.2.1	Description du bâtiment innovant ou de la solution innovante	3
2.2.2	Échéancier global et durée	5
2.2.3	Budget global.....	5
2.2.4	Partenaires	5
2.2.5	Défis et risques généraux	6
3.	Détails de l'étude.....	7
3.1	Introduction et hypothèses de départ	7
3.2	Objectifs.....	8
3.3	Méthodologie	9
3.4	Résultats et analyse.....	16
3.5	Conclusions.....	17
3.6	Retombées et rayonnement des solutions développées et potentiel de reproductibilité pour l'industrie	18
3.7	Recommandations.....	19
4.	Annexes	20

1. Sommaire exécutif et synthèse de l'étude

LOGISCO, promoteur et développeur immobilier de la grande région de Québec, s'est porté acquéreur d'un site situé sur le boulevard Hamel dans le secteur de l'aéroport à Québec. Cet assemblage de terrains comportait anciennement un motel et de l'unifamilial. La visée de LOGISCO était d'y construire un hôtel et d'utiliser le terrain résiduel pour y construire un bâtiment multi résidentiel.

LOGISCO possède et exploite deux hôtels de la bannière Hampton Inn & Suites, qui ont été ouverts respectivement en 2017 et en 2019, dont le plus récent est en ossature légère de bois. Elle avait la volonté d'accroître sa présence dans le domaine de l'hôtellerie dans les prochaines années. Cela s'est manifesté par l'ajout d'un premier hôtel de longue durée dans la région de Québec.

D'entrée de jeu, il est important de préciser que LOGISCO possède sa propre compagnie de construction, soit MR Parent. C'est donc dire que tous les projets de LOGISCO sont construits par MR Parent. Ce modèle d'affaires rend possible la conception totalement intégrée. C'est un avantage indéniable! Cela permet de mettre en collaboration, tout au long du processus, les architectes, ingénieurs, professionnels, surintendants, contremaitres, fournisseurs et sous-traitants.

Dès le départ, LOGISCO a mandaté une équipe de professionnels pour concevoir un projet hôtelier comportant, au minimum, 100 unités. Comme la hauteur de l'immeuble, selon le zonage de la Ville de Québec, devait atteindre un maximum de 20 mètres, le nombre d'étages possible était limité. Dans ce contexte, l'utilisation d'une structure à ossature légère de bois semblait très prometteuse.

Le mandat de l'équipe de professionnels au dossier : Trouver un système structural en mesure de recevoir un hôtel de six niveaux et dont les coûts de la solution permettraient d'assurer la rentabilité du projet. À noter que d'entrée de jeu, le patron régulier des chambres d'hôtel rendait l'utilisation du bois très intéressante.

L'équipe de projet a donc concerté ses efforts et mis à profits les forces de chacune des disciplines impliquées pour optimiser la conception et la réalisation du projet. Ils ont notamment fait usage de la préfabrication au maximum, tant en usine qu'au chantier, utilisé des cages d'escalier en NLT, usé d'ingéniosité dans le système de résistance aux forces latérales, conçu une toiture de type commercial pour accélérer la construction et faire en sorte de permettre l'installation de gicleurs standards. Finalement, comme plusieurs espaces communs devaient être aménagés au rez-de-chaussée, l'équipe a opté pour un podium de béton comme plancher du 2^e niveau. Cette astuce a permis de construire les 5 autres niveaux et la toiture en ossature légère, sans quoi, l'entièreté du projet aurait été en béton.

Grâce à la participation de l'équipe multidisciplinaire et de divers autres intervenants, l'utilisation de l'ossature légère de bois dans un bâtiment de six (6) niveaux s'est avéré un choix ambitieux. Il s'agit sans contredit, un bâtiment innovant !

2. Introduction

2.1 Titre et lieu de réalisation du projet de construction

Le projet visé par la présente étude est le Home 2 Suites by Hilton, un immeuble à vocation hôtelière comprenant 107 chambres et des espaces communs.

Ce projet est situé dans la ville de Québec, plus précisément au 7076, Boulevard Wilfrid-Hamel à Québec.

2.2 Description du projet de construction

Le Home 2 Suites est une construction à ossature légère de bois, érigée sur six niveaux et d'usage C (habitations) selon le CNB 2010. Le Code permet ce type de construction en autant que les exigences relatives à la structure, à la protection incendie, à la mécanique du bâtiment et à l'architecture soient respectées. Ce faisant, plusieurs éléments innovants ont été mis en place pour répondre aux critères.

- ✓ Préfabrication des murs en usine et des planchers in situ ;
- ✓ Les cages d'escalier en NLT;
- ✓ Un système de résistance aux charges latérales conçu pour résister aux déformations importantes d'un bâtiment de grande hauteur en bois;
- ✓ Réduction de la vulnérabilité par l'utilisation d'une toiture de type commerciale (i.e. isolation sur le pontage de bois);
- ✓ Gicleurs conçus selon la norme NFPA13 (plus contraignante);
- ✓ Résistance au feu de la toiture et ajout d'un système de protection incendie dans les vides de construction;
- ✓ L'utilisation d'un podium de béton au 2^e niveau pour permettre l'utilisation d'une structure en ossature légère en bois sur les 5 autres niveaux et en toiture.

Dans son ensemble, le projet est constitué de 107 chambres avec des espaces communs accessibles à la clientèle. Notamment, il y aura au rez-de-chaussée l'espace déjeuner, le lobby, une salle de conférence, une salle de réunion, un gym avec une buanderie adjacente pour les clients et une piscine intérieure. Sur ce même niveau, il y a également deux chambres, des espaces administratifs et techniques réservés aux employés (bureaux, buanderie, rangements, salles de mécanique, salles électriques, etc.). Les étages sont constitués de chambres, à raison de 21 chambres/étage. L'aire totale des planchers est approx. 6 720 m². Elle se répartie de la manière suivante :

- RDC : 1 315 m²
- Niveaux 2 à 6 : 1 080m²

Compte-tenu de la disposition et de l'ampleur des salles communes au rez-de-chaussée (très grandes portées et peu de murs pour assurer la reprise des charges latérales du bâtiment), une dalle de transfert en béton a été construite au plancher du deuxième niveau. À partir du second niveau, la structure est en ossature légère de bois et ce, autant pour les murs porteurs, les murs non-porteurs que pour les planchers.

La structure de bois est donc érigée sur cinq (5) niveaux, mais le bâtiment comporte six (6) étages au sens de la partie 3 du code de construction du Québec (CCQ). La conception structurale est conforme à la partie 4, section B du CCQ, qui édicte les calculs et les normes à respecter dans le cadre d'une construction à ossature légère de bois comportant 5 à 6 étages.

Sommairement, les exigences supplémentaires demandées pour ce type de bâtiment consistent aux éléments suivants :

- L'article 4.1.8.10 indique que les irrégularités de type 4 et 5 ne sont pas permises. En résumé, tous les murs de refends doivent être continus, sans décalage, sans ouverture ou sans changement de dimension en plan;
- L'article 4.1.8.11 indique que la force de calcul pour l'effet de séisme doit être majorée de 20%;
- L'article 4.1.8.12 indique que les forces de cisaillement ne peuvent être diminuées à 80% lors d'une analyse de structure dynamique, contrairement à une structure régulière en torsion de 4 étages et moins.

Ces exigences supplémentaires doivent être prises en considération dans la conception structurale du bâtiment et ajoutent des défis supplémentaires à l'équipe de conception.

2.2.1 Description du bâtiment innovant

LOGISCO est un grand adepte des constructions de bois. L'équipe de conception a donc comme mandat d'user d'ingéniosité pour exploiter au maximum l'ossature légère dans ses constructions. La construction d'un hôtel n'y faisait pas exception. LOGISCO / MR Parent a réalisé par le passé un premier projet d'hôtel en ossature légère de bois. Ce bâtiment comportait toutefois 4 étages. Les contraintes réglementaires étaient donc différentes et moins contraignantes.

La commande donnée à l'équipe de professionnel était de construire un hôtel de 6 étages en ossature légère avec tous les défis que cela comporte.

Cette structure de bois de six étages, construite conformément aux Code de Construction du Québec, a permis aux concepteurs de réaliser la conception de l'ouvrage selon les besoins et normes d'aménagements tout en respectant le budget du client. En effet, l'une des particularités est que la construction d'un hôtel à bannière est très normée par le franchiseur. Cela amène donc des contraintes supplémentaires lors du développement du projet.

Plusieurs stratégies ont été utilisées pour faire de cet hôtel un bâtiment innovant. En voici les principales :

Utilisation de la préfabrication

L'ensemble des murs porteurs en bois, autant intérieurs qu'extérieurs, et les fermes de toit ont été construits en usine. La préfabrication en usine contribue à accélérer l'érection de la structure de bois sur le site, mais permet également une construction en milieu totalement contrôlé. Cela en découle en une meilleure gestion de l'humidité du bois (diminution de l'affaissement dû au retrait de séchage du bois).

Une autre innovation importante a été réalisée par l'équipe de chantier, soit la préfabrication des planchers de bois in situ.

Nous cherchons toujours des manières d'accélérer la construction des planchers et de limiter le travail en hauteur, travail à haut risque pour les travailleurs. La superficie limitée et la régularité des chambres d'hôtel a été mis à profit puisque les planchers ont tous été assemblés au sol et entreposés avant d'être mis en place avec la grue.

Cages d'escalier en NLT

Les cages d'escalier doivent être en matériaux incombustibles selon le code. À cet égard, les cages en NLT (bois lamellé-cloué (Nail-Laminated Timber)) ont été construites et recouvertes de gypse. Les murs en NLT consistent en des murs dont les montants sont empilés les uns à côté des autres pour former un panneau de murs remplis entièrement de bois. Ces murs ont été préfabriqués en usine afin d'assurer un contrôle qualité exemplaire et augmenter la rapidité d'exécution au chantier. Une demande de mesure équivalente a été faite auprès de la RBQ afin de faire accepter les cages en NLT.

Toiture de type commerciale

Une toiture de type commerciale (i.e. isolation sur le pontage de bois) a été proposée et construite. Cette toiture permet d'assurer rapidement l'étanchéité à l'eau et à l'air du bâtiment. Ainsi, il est possible d'assécher le bâtiment, de mettre en place la mécanique, de couler les chapes de béton et de procéder à la pose de gypse plus rapidement. Cela contribue à diminuer le temps de vulnérabilité de la structure de bois aux incendies en limitant le besoin d'assécher la structure à l'aide d'éléments chauffants.

Système de protection incendie

Un système de protection incendie, conçu en respect de la norme NFPA13, devra être mis en place pour le bâtiment. Conséquemment, les vides de construction devaient être giclés. La toiture de type commerciale permet l'utilisation d'un système de gicleur «standard» puisque l'espace est tempéré, contrairement à un système qui aurait été requis sous air si la toiture avait été construite de manière conventionnelle.

Construction d'un hôtel en ossature légère de bois avec utilisation d'un podium de béton

La construction d'un hôtel demande l'aménagement de plusieurs espaces communs au rez-de-chaussée, le Home 2 Suites n'y faisait pas exception. En effet, cette bannière de la famille Hilton requiert des espaces communs normés et bien définis quant aux services à offrir et aux dimensions des pièces. À titre d'exemple, une aire ouverte servant aux déjeuners des clients doit avoir des dimensions minimales en fonction du nombre de chambres. Qui dit aire ouverte dit difficulté à intégrer des murs porteurs, à respecter les descentes de charges et à positionner des contreventements. La stratégie utilisée lors de la conception a donc été de construire un podium de béton pour permettre le reste de la construction en ossature légère de bois. C'est donc 5 étages et la toiture qui ont été construits en bois au lieu d'en béton. L'utilisation d'une base en béton a été retenue en raison du nombre limité de murs disponibles pour le

contreventement de la structure. La rigidité et la résistance du béton a pu être mis à profit dans cette situation. Sans l'utilisation du podium de béton au niveau 2, c'est toute la structure qui aurait été en béton armé.

2.2.2 Échéancier global et durée

La conception de l'hôtel s'est échelonnée sur une période d'environ 1 an, période durant laquelle les professionnels (architectes, ingénieurs, designers, chargés de projets, équipe de terrains, etc.) ont mis leurs compétences et expertises à l'œuvre. Comme l'hôtel est associé à une bannière internationale, plusieurs normes et standards particuliers sont à respecter. Les plans et devis sont également commentés et doivent être acceptés par le franchiseur. Ceux-ci ont donc été intégrés tout au long de la conception. En plus de la réalisation des plans et devis proprement dit, l'équipe a estimé les coûts de travaux, fait les demandes de permis, est allé en soumission pour embaucher les différents sous-traitants et a fait l'octroi des mandats.

La construction de l'hôtel était initialement prévue débuter à l'été 2020. Or la pandémie nous a forcé à mettre le projet en pause. Dans notre grande volonté de le voir se concrétiser, nous avons même entrepris à la fin de l'année 2021, l'excavation des sols. Encore une fois, une nouvelle vague de COVID a forcé la fermeture des commerces et des hôtels. Cette situation précaire a eu comme effet de rendre les institutions financières frileuses à l'idée de financer un hôtel dans ces conditions. Une autre mise en pause a donc été nécessaire.

Le vrai coup d'envoi de cet important projet a été donné en mai 2022 et le chantier s'est déroulé selon l'échéancier prévu. L'érection de la structure a débuté, pour sa part, le 22 août 2022.

L'ouverture a eu lieu en juin 2023.

2.2.3 Budget global

Le budget global initial (avant pandémie) du Home 2 Suites était de 16,9 millions de dollars incluant le terrain et les frais afférents. Les coûts de construction, à proprement dit, s'élevaient à près de 14,8 millions.

Le budget initialement prévu a été revu largement à la hausse à cause du contexte économique qui sévit depuis la pandémie. Le budget est maintenant de 19 759 000 \$ dont 17 644 000\$ en coûts directs de construction.

2.2.4 Partenaires

La réalisation d'un projet d'envergure tel que le Home 2 Suites requiert la participation active de plusieurs intervenants. L'apport de l'ensemble des collaborateurs est essentiel pour l'atteinte des objectifs et le succès du projet.

LOGISCO possède une expertise indéniable dans l'immobilier, étant en activité depuis plus de 55 ans. Elle a développé rapidement son expertise dans l'hôtellerie, et ce, depuis

2017. Les équipes de plusieurs départements contribuent à développer les projets afin d'élaborer des produits répondant aux exigences de la clientèle. Ainsi, pour la création du projet, les équipes de l'hôtellerie, de construction et de la maintenance ont mis leurs compétences à profit.

LOGISCO s'est également entouré de professionnels qualifiés pour la réalisation des plans. La firme d'architectes mandatée au projet est Plani-design. La firme d'ingénieurs en structure est L2C Experts-Conseils alors que le volet géotechnique a été assuré par le Groupe Géos. Pour finir, nous avons été accompagnés par Ambioner pour la mécanique et l'électricité de même que par Génio pour le volet civil.

La compagnie Ultratec, un fabricant de structures de bois préfabriquées et partenaire d'affaires de LOGISCO depuis de nombreuses années, a contribué au succès de ce projet.

Les entreprises mentionnées ci-haut sont les partenaires majeurs ayant participé à l'élaboration des plans et à la construction de la structure de bois. Naturellement, des dizaines d'autres entreprises ont contribué à l'achèvement et à la réussite de ce projet. Leur participation a été essentielle au cours de chacune des étapes.

2.2.5 Défis et risques généraux

L'équipe de développement et de conception de LOGISCO a mandaté des professionnels afin de concevoir sur ce site un projet comportant plus d'une centaine de chambres d'hôtel ainsi que des espaces communs généreux au RDC. Les principaux défis et risques ont été les suivants :

- Mouvement vertical du bâtiment à la suite de l'assèchement des éléments de bois : La conception des éléments architecturaux et de mécanique doit permettre le mouvement vertical (dégagement sous les fenêtres dans les revêtements, joints d'expansion, compensateur de retrait, etc.)
- Panneaux de bois massif recouvert de gypse pour les cages d'escaliers. S'assurer de la qualité de l'ouvrage en usine et en chantier : Les détails de construction et de mise en œuvre de cet élément devront être travaillés étroitement avec l'ingénieur au projet, le fabricant et le maître d'œuvre. Des inspections de l'ingénieur en structure lors de l'érection de la structure ont été nécessaires pour s'assurer du respect des plans et devis de l'ingénieur.
- Demande de mesure compensatoire auprès de la RBQ pour les cages en panneaux de bois massif recouvert de gypse (NLT) : Accompagnement d'une firme réputée dans ce type de demande, soit Technorm, pour rencontrer toutes les exigences relatives à cette demande.
- Temps de main-d'œuvre pour la mise en œuvre des nouvelles techniques de construction : Assurer une bonne préparation et coordination avant l'exécution. Demeurer flexible et agile lors de l'exécution.

3. Détails de l'étude

3.1 Introduction et hypothèses de départ

Tel que mentionné précédemment, la volonté de LOGISCO, propriétaire, promoteur, constructeur et opérateur était de construire cet hôtel en ossature légère de bois, ayant développé une expertise enviable au fil des années dans ce type de construction. En effet, la construction d'un hôtel en ossature légère de bois semblait tout à fait appropriée. Une structure en ossature légère de bois sera optimale si la trame structurale permet l'utilisation de portée courte et de murs porteurs multiples. Pour un hôtel, l'insonorisation des unités étant un enjeu important pour les futurs clients, des murs mitoyens sont utilisés entre chaque unités. Du point de vue structural, ceci permet d'utiliser ces murs pour distribuer la charge des planchers sur de nombreux murs porteurs. Aussi, la structure répétitive de l'hôtel de niveau en niveau permet d'aligner les murs porteurs du niveau 2 jusqu'au toit, ce qui rend l'utilisation de murs porteurs en ossature légère de bois très intéressante. L'utilisation d'un podium de béton vient ouvrir la possibilité d'avoir un arrangement différent pour le rez-de-chaussée avec d'importantes aires ouvertes.

La vaste majorité des bâtiments de 5 et 6 étages sont construits en béton ou en acier. Cela est d'autant plus vrai dans la construction commerciale comme un hôtel. Les structures en béton sont reconnues pour leur durabilité et leur insonorisation supérieure en plus d'assurer une protection efficace contre les séismes. Les bâtiments en acier, quant à eux, sont reconnues pour leur rapidité de mise en œuvre et leur bonne résistance aux charges. En contrepartie, les structures d'acier présentent des enjeux au niveau de l'insonorisation et de l'ignifugation.

La structure naturellement préconisée par l'industrie était en béton armé. Les caractéristiques préliminaires de la structure de béton armé requises pour ce projet ont été estimées comme suit :

- Dalle structurale des planchers d'une épaisseur de 9 po ($\approx 6,6$ kPa/niveau);
- Dalle structurale pour la toiture d'une épaisseur variant de 9 à 15 po (≈ 10 kPa);
- Colonnes de béton : 12 x 24 po;
- Murs de refend aux cages d'escaliers et d'ascenseurs pour le système de reprise des forces latérales (SRFL). Épaisseur des murs : ± 10 po;
- Ratio d'armature dans les dalles : ≈ 6 lbs/pi² de béton;
- Fondation conventionnelle massive : semelles isolées d'environ 2,4m x 2,4m d'une épaisseur d'environ 500mm pour être en mesure de reprendre les charges apportées par la structure de béton armé.

Il aurait aussi été possible de construire en acier léger. Les caractéristiques préliminaires de cette structure ont été estimées comme suit :

- Poutrelles d'acier de ± 16 po de hauteur avec dalle de béton de 4 po sur un tablier métallique pour les planchers (3,6 kPa/niveau);
- Poutrelles d'acier de ± 22 po de hauteur pour la toiture (1 kPa);
- Murs porteurs en colombages d'acier de 6 po d'épaisseur;
- Murs de refend en béton aux cages d'escaliers et d'ascenseurs pour le système de reprise des forces latérales (SRFL). Épaisseur des murs : ± 10 po.
- Dalle structurale en béton armé au rez-de-chaussée : ± 24 po d'épaisseur et ratio d'armature de ≈ 14 lbs/pi².

- Fondations conventionnelles: semelles isolées d'environ 2,0m x 2,0m d'une épaisseur d'environ 450mm pour être en mesure de reprendre les charges apportées par la structure d'acier.

Comme c'était la volonté de LOGISCO, une structure en ossature légère de bois a été analysée. Les caractéristiques préliminaires de cette structure, à des fins d'analyses, ont été estimées comme suit :

- Poutrelles de bois de 9½ po de hauteur avec chape de béton léger de 1,5 po sur un pontage de bois (2,15 kPa/niveau);
- Fermes de toit de ±40 po de hauteur (1 kPa);
- Murs porteurs en bois;
- Murs porteurs contreventés avec des panneaux copeaux (OSB) combinés avec un système d'ancrages sismiques (hold-down HDU) agissent à titre de système de reprise des forces latérales (SRFL). L'OSB ajoute un poids mineur à la structure comparativement au béton et les ancrages (HDU) ont un poids négligeable;
- Dalle structurale en béton armé au 2^e niveau : ±12 po d'épaisseur avec panneaux surbaissés et ratio d'armature de ≈11 lbs/pi²;
- Fondations conventionnelles: semelles isolées d'environ 1,8m x 1,8m d'une épaisseur d'environ 400mm

Tableau 1 : Comparatif des poids de la structure pour les méthodes de construction évaluées

Description	Type de structure		
	Béton	Acier	Bois
Dalle niveau 2	6,6 kPa	9,8 kPa	8,2 kPa
Plancher niveau 3 à 6	6,6 kPa /niveau	3,6 kPa/niveau	2,15 kPa/niveau
Toiture	10 kPa	1 kPa	1 kPa
Total :	43 kPa	25,2 kPa	17,8 kPa

L'analyse préliminaire de la structure à ossature légère paraissait donc plus que prometteuse du point de vue du poids de la structure, donc du coût des fondations. De plus, l'utilisation d'une structure en ossature légère de bois, plutôt qu'en béton ou en acier léger entraîne une diminution des coûts en système intérieur, puisque les murs qui séparent les unités sont utilisés pour soutenir la structure. Cela diminue le nombre de cloisons intérieures supplémentaires qui doivent être bâties pour séparer les unités entres-elles.

3.2 Objectifs

Les collaborateurs dans le dossier devaient trouver un système structural en mesure de recevoir un bâtiment commercial (un hôtel) de six niveaux et dont les coûts de la solution permettaient d'assurer la rentabilité du projet.

L'objectif de l'étude est donc d'exposer les défis du projet et les gains importants associés à l'utilisation du bois comme bâtiment commercial innovant.

Après l'analyse de divers scénarios, la mise en place d'une structure à ossature légère de bois apparaissait la structure tout indiquée, et ce, pour plusieurs raisons :

- Réduction significative du poids de la structure par l'utilisation du bois;
- Avoir recourt à la préfabrication en usine et au prémontage au chantier;
- Utilisation de cages d'escalier en NLT;
- Utilisation d'un système de SRFL utilisant des panneaux d'OSB et d'ancrage de retenue;
- Rapidité d'exécution et main d'œuvre qualifiée disponible;
- Distribution uniforme des charges aux fondations;
- Réduction de l'empreinte écologique du projet

3.3 Méthodologie

Étant limité en hauteur et ayant une expertise solide en construction à ossature légère de bois, le choix de ce système structural s'est rapidement imposé. L'un des enjeux était toutefois l'aménagement des grandes aires ouvertes au RDC en conformité avec les exigences du franchiseur.

Dans une structure d'ossature légère de bois, chaque élément a une incidence sur un autre. Le principe de base d'une structure de bois repose sur une distribution des charges à une multitude de petits éléments espacés régulièrement (2x4, 2x6, 2x8, etc.). Les fermes, les poutrelles et les montants de murs sont positionnés à un espacement régulier afin de résister aux différentes charges qui leurs sont imposées. De plus, la portée ou la longueur non-supportée des éléments est très courte par rapport à d'autres matériaux. Chaque élément structural partage donc la charge de façon très uniforme sans avoir de zone d'accumulation de charges ou de grandes charges ponctuelles. Il en résulte donc une structure légère utilisant des milliers de petits éléments de bois de sciage. Cette particularité a permis aux ingénieurs de bien distribuer le poids du bâtiment, beaucoup plus léger que pour d'autres matériaux, et les surcharges d'utilisations jusqu'aux fondations.

Il est toujours judicieux d'acheminer aux fondations des charges les plus faibles et le plus uniformément réparties possibles. En les répartissant de manière uniforme sur la dalle structurale, cela vient contribuer à avoir sur chacun des empattements/murs de fondation des charges raisonnables et similaires sur l'ensemble du projet.

Pour faire de cet hôtel un bâtiment innovant, différentes mesures ont été prises :

1. Utilisation de la préfabrication;
2. Utilisation de cages d'escalier en NLT;
3. Installation des poutrelles de plancher en portée simple et courte et murs porteurs de chambre à chambre;
4. L'orientation des fermes de toit perpendiculairement à l'orientation des poutrelles de plancher;
5. Utilisation d'un système d'ancrage sismique avec compensateur de retrait et des panneaux d'OSB installés sur tous les murs mitoyens et de corridors porteurs comme SRFL;

Ces méthodes innovantes sont explicitées plus en détail dans les sections suivantes.

3.3.1 Utilisation de la préfabrication

Comme cela se fait usuellement, nous avons eu recours à des murs en ossature légère de bois préfabriqués en usine. Cette façon de faire permet une construction des murs à l'abri des intempéries et une accélération des travaux en chantier. À noter qu'au fil des années, nous avons développé une méthode d'entreposage des murs sur les remorques de livraison en fonction de notre patron de pose. Les murs sont donc soulevés exactement dans l'ordre où ils seront posés. Nous limitons ainsi les manipulations inutiles et cela se traduit par un gain de temps en chantier.

Ces murs préfabriqués, autant extérieurs qu'intérieurs, permettent d'ériger la structure du bâtiment dans de courts délais en plus de s'assurer d'une qualité de fabrication irréprochable. En effet, les murs préfabriqués sont assemblés en usine où l'ensemble des paramètres de construction sont contrôlés : précision des dessins techniques, qualité des matériaux, optimisation des matériaux de manière à réduire les pertes, conditions d'assemblage des matériaux à l'abri des intempéries, etc.



Érection de la structure de l'hôtel 6^e niveau

Une innovation notable a, de plus, été réalisée dans ce projet, soit l'assemblage des planchers au niveau du sol avant la livraison des murs. Une nouvelle forme de préfabrication in situ ! Dans le but de gagner du temps lors de l'érection de la structure et de rendre plus sécuritaire le travail, l'équipe de chantier a élaboré une façon de construire les planchers de chacune des chambres d'hôtel des étages 2 à 6 en avance et au niveau du sol. En effet, les travailleurs ont construit les planchers de chacune des chambres sur une table de travail à hauteur d'hommes. Le format et la régularité des chambres rendaient cela réalisable. La logistique s'est rapidement développée, commandant la construction du 6^e étage en descendant pour le stockage dans l'ordre de la pose. Une fois le rodage terminé, les planchers de chambres prenaient moins de 30 minutes à construire. En plus du gain de temps lors de la pose, le travail fait en amont permet d'occuper nos hommes (2 à 3) durant une période moins occupée au chantier (coulée de la dalle et temps de cure). Un autre avantage non négligeable est l'accroissement de la sécurité au chantier. Cette méthode de travail a été, à la base, élaborée afin de diminuer les risques de chutes associés au travail en hauteur. Avec cette méthode, les hommes n'ont plus à marcher sur les poutrelles. Le contre-plaqué est mis en place sur le corridor et cela créer une allée de circulation sécuritaire pour la pose du contre-plaqué sur le reste des planchers.



Construction des planchers in-situ au niveau du sol



Construction des planchers in-situ au niveau du sol

3.3.2 Cages d'escalier en NLT

La Régie du bâtiment du Québec demande que les cages d'issues des bâtiments en ossature légère de bois de 5 et 6 étages soient construites en matériaux incombustibles. Le système porteur des cages d'issues est donc normalement prévu en maçonnerie ou en acier structural pour respecter cette exigence. Cette différence dans le type de matériau entre les cages d'issues et la structure en ossature légère de bois amène des contraintes supplémentaires en raison des tassements différentiels entre les éléments en maçonnerie ou acier et ceux en bois. Ce phénomène est d'autant plus important pour un bâtiment de 5 ou 6 étages puisque le tassement total dû au retrait de séchage du bois peut atteindre entre 25mm et 30mm au toit. Il faut donc prévoir des détails de connexion appropriés entre les cages d'issues et la structure en bois afin d'accommoder le retrait de séchage du bois. Ces détails sont cependant coûteux et difficiles à réaliser. De plus, les éléments en acier et en maçonnerie sont généralement plus rigides que la structure en ossature légère de bois. Ceci amène à devoir désolidariser la structure porteuse de la cage d'issue avec le reste de la structure. Encore une fois, des détails particuliers à cette situation sont possibles, mais sont coûteux et plus complexes à réaliser.

Cependant, depuis quelques années, la RBQ permet l'utilisation de murs construits en bois lamellé-cloué (NLT) fait de pièce de 2x6 (38x140) si une demande particulière est formulée à la Régie et acceptée par cette dernière. Ce mur en bois possède une lisse basse et une sablière double tout comme les murs porteurs et aura le même comportement que les autres murs du bâtiment en ce qui a trait au retrait de séchage. Les murs en NLT de la cage d'issues ne sont pas utilisés comme murs de refends, ne sont pas revêtus de panneaux structuraux et n'ont donc pas une rigidité latérale suffisante pour altérer le comportement global de la charpente en cas de séismes ou de forts vents. Les murs en NLT sont reliés à la structure par l'OSB des planchers et subissent les mêmes déformations que le reste de la structure. Aussi, ces murs peuvent être préfabriqués comme les autres murs de la structure et être livrés et installés au chantier en même

temps que le reste de la structure sans nécessité l'intervention d'un autre corps de métier. Ceci permet une exécution rapide au chantier et diminue le risque d'erreur relié à la coordination entre différents intervenants au chantier.

3.3.3 Installation des poutrelles de plancher en portée simple et courte

De manière conventionnelle dans l'industrie du bois, les poutrelles de plancher dans une structure de bois sont installées de mur mitoyen à mur mitoyen et reposent quelques fois sur un ou des murs porteurs intermédiaires. En général, il est souhaitable d'avoir des poutrelles les plus longues possibles pour diminuer le nombre de murs porteurs afin de maximiser l'utilisation de l'espace disponible. Le risque d'erreur est également limité puisque les poutrelles sont moins nombreuses et réparties de façon pratiquement uniformes à l'intérieur d'un même logement. Dans le cas présent, les poutrelles étaient plutôt courtes, vu la taille des unités. La mise en place des poutrelles est forcément plus longue puisqu'elle nécessite de nombreuses manipulations, car il y a plusieurs poutrelles courtes. Cependant, pour ce projet, c'est plutôt l'inverse qui s'est produit, car l'utilisation de poutrelles courtes a permis la préfabrication des planchers puisque chaque petite section de plancher pouvait être préassemblée au sol puis être hissée à l'aide d'une grue sur les murs porteurs. Vu la longueur des poutrelles, les sections préassemblées de plancher étaient légères et faciles à manipuler, ce qui a permis d'utiliser des équipements de levage de faible capacité.

3.3.4 Orientation des fermes de toit

Les murs mitoyens des chambres d'hôtel étant grandement sollicités pour les planchers, les charges au toit devaient idéalement transiger par d'autres murs pour équilibrer davantage les charges. La stratégie utilisée par le concepteur fut de changer l'orientation des fermes de toit et de les faire porter de façon perpendiculaire aux poutrelles de plancher. Le poids de la toiture et de la neige qui peut s'y accumuler est alors supporté par les murs du corridor et les murs extérieurs.

Sachant que le poids de la neige peut atteindre près de deux fois celui des surcharges de plancher, cette stratégie est d'autant plus efficace pour bien distribuer les charges du bâtiment aux fondations. De cette façon, il est possible de soulager l'intérieur de la dalle de transfert en répartissant les charges au périmètre de celle-ci. Cette distribution de charges mieux répartie permet de mettre à profit les colonnes au périmètre du bâtiment, encore une fois, pour limiter la sollicitation des fondations intérieures de manière à ne pas excéder la capacité portante des sols sous celles-ci.

3.3.5 Utilisation d'ancrage de retenue avec compensateur de retrait et de panneaux OSB comme SRFL

Un séisme important constitue une des graves menaces pour l'intégrité structurelle et la sécurité d'un bâtiment et surtout de ses usagers. Comme pour tous les bâtiments à ossature légère de bois, l'hôtel devait être conçu pour résister aux forces de renversement au niveau des murs de cisaillement. Le défi était d'ailleurs d'autant plus grand que le bâtiment comportait 5 étages en ossature légère de bois, qui est permis depuis seulement quelques années au Québec.

Pour réaliser la construction des murs de refends conformément aux codes et normes applicables, il est nécessaire de mettre en place quatre éléments importants :

1. L'ossature du mur et la présence d'entremise aux rives des panneaux assure la résistance au flambement hors plans des panneaux structuraux;
2. Utilisation de panneaux de copeaux orientés (OSB) fixés à l'ossature selon un patron de clouage précis afin de résister au cisaillement;
3. La fixation des lisses (inter-étage, jonction mur/diaphragme aux fondations afin de résister au glissement);
4. Les montants d'extrémités en compression et les consoles d'ancrages aux extrémités en tension servent à résister au renversement.

Premièrement, les composantes structurales des murs de bois porteurs peuvent servir à plusieurs fins. En plus de résister aux charges gravitaires de la structure, l'ossature des murs contribue à assurer la résistance au flambement hors plan des panneaux structuraux lorsque ces murs sont utilisés selon une double fonction (porteur et refend).

Deuxièmement, les panneaux de copeaux orientés (OSB) sont fixés à l'ossature selon un patron de clouage précis. Essentiellement, ce sont les clous qui résistent au cisaillement et permettent de dissiper l'énergie sismique introduite dans la structure. Lors d'une secousse sismique, les murs de refends assurent la rigidité latérale du bâtiment en résistant au cisaillement inter-étage causé par les mouvements du sol. Pour résister efficacement à ces efforts, chaque mur est analysé et un patron de clouage est sélectionné de façon que la résistance au cisaillement soit plus grande que les efforts qui lui sont soumis. Chaque mur a été identifié et un patron de clouage spécifique à celui-ci lui a été attribué.

Troisièmement, il est primordial que chacun des éléments constituant le SFRL soient bien fixés entre eux. Ainsi, il est impératif que les lisses des murs de refends soient fixées aux panneaux structuraux des planchers, qui eux sont fixés à la ceinture de rive des planchers et cette dernière étant fixée aux sablières du mur porteur sous-jacent et ainsi de suite. À l'ultime, les murs de refends doivent être fixés au béton de façon à résister au glissement. Ces détails incorporent une multitude de vis auto-perçantes, de clous et d'ancrages mécaniques, tous détaillés et conçus de façon à être 20% plus résistant que l'effort qu'ils doivent transférer, afin d'assurer un niveau de sécurité accru dans l'objectif que l'énergie sismique soit dissipée par les murs de refends et non les éléments de renvoi des charges.

Finalement, les montants d'extrémité en compression et les consoles d'ancrages aux extrémités en tension servent à résister au renversement. Pour les bâtiments d'ossature légère de bois, les connecteurs (ferrures, tirants pour ouragan et dispositifs de maintien) sont les choix traditionnels des concepteurs et des entrepreneurs. Les consoles d'ancrage servent à empêcher le mur de se soulever lorsqu'il est soumis à un effort sismique ou à de grands vents. Ce système est généralement composé de deux boîtiers en acier qui sont reliés entre eux par une tige d'acier. L'un des boîtiers est fixé à une extrémité du mur de contreventement d'un étage supérieur alors que l'autre est fixé dans le haut du mur de contreventement de l'étage en-dessous (voir figure ci-dessous). La tige relie les boîtiers entre eux en parcourant l'espace inter-plancher. Les boîtiers sont

fixés à un ou plusieurs montants des murs à l'aide de vis structurales. Donc, si le mur cherche à se soulever, l'effort de soulèvement est repris par la tige en acier puis transmis aux montants du mur pour l'entremise des vis. Ce type d'assemblage est réalisé à chaque extrémité du mur sur tous les niveaux. Ceci permet le transfert de l'effort de tension d'étage en étage. Une fois rendu au rez-de-chaussée, un dernier boîtier est installé et la tige est fixée à une structure en béton (mur de fondation ou dalle structurale en béton). Le cheminement des efforts est donc continue du toit jusqu'aux fondations.

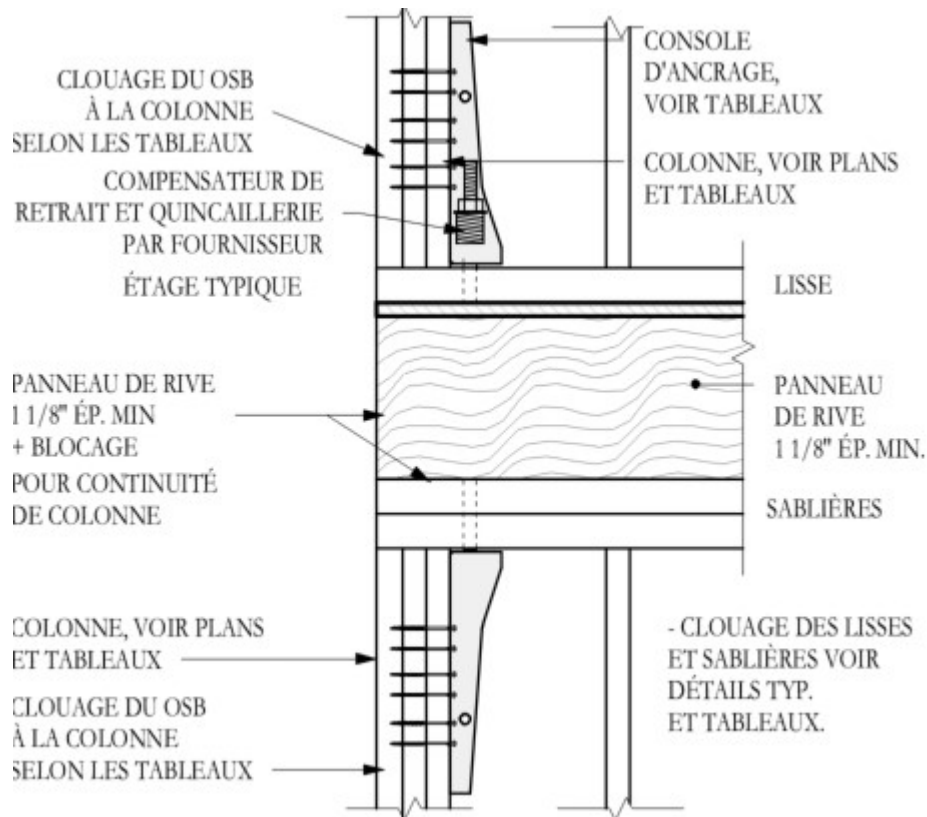


Figure 1 : Console d'ancrage (HDU) pour les murs de contreventement en bois

Ce qui est particulier sur ce projet est l'utilisation d'ancrage de retenu avec compensateur de retrait. En effet, comme il a déjà été mentionné, le retrait de séchage d'un bâtiment de 5 étages en ossature légère de bois est important et doit être pris en compte à toutes les étapes de conception. Les tiges en acier sont donc fixées et tendues lors de l'érection de la structure. Au fil du temps, le bâtiment va se déformer en raison du retrait de séchage du bois. Ceci entraînera inévitablement un mouvement différent entre les deux boîtiers en acier qui se traduira par une tension excessive dans la tige ou à un effort de relâchement de la tige en acier. Pour contrer ce phénomène, l'ingénieur concepteur du projet a proposé l'utilisation de compensateurs de retrait. Ce dispositif est spécialement conçu pour d'accommoder le mouvement différentiel induit par le retrait de séchage du bois. Ainsi, il est assuré que la tension initiale dans la tige en acier

des consoles d'ancrage sera maintenue tout au long de la vie utile du bâtiment. Ceci permet d'assurer que la tige sera en mesure de développer la capacité en tension pour laquelle elle a été prévue. Une innovation simple, mais qui permet d'assurer la sécurité des usagers de l'hôtel.

3.4 Résultats et analyse

Les professionnels mandatés par LOGISCO avaient pour mission de concevoir un projet en mesure d'accueillir un hôtel d'approximativement 100 chambres sur six niveaux en ossature légère de bois, tout en permettant l'aménagement d'espaces communs généreux au RDC.

De manière conventionnelle, les bâtiments et particulièrement les hôtels érigés sur six niveaux sont majoritairement construits en structure de béton. Une structure de béton présente des avantages à plusieurs égards notamment par rapport à l'insonorisation, élément plus que sensible dans le domaine de l'hôtellerie.

L'équipe de conception devait donc élaborer un bâtiment innovant en ossature légère tout en tenant en compte les limitations du RDC et les performances élevées attendues.

L'étude démontre que l'innovation réside principalement dans l'élaboration d'un ensemble de stratégies structurales nécessaires pour garantir la réussite technique et financière du projet. En effet, le choix de travailler avec **une ossature légère en bois réfléchie et optimisée** nous a permis d'ériger le bâtiment conformément aux demandes du client. Les éléments marquants qui ont permis de répondre à l'objectif de l'étude sont les suivants :

- L'utilisation de l'ossature légère a permis une réduction du poids de la structure qui a eu pour effet de diminuer les charges apportées au sol de plus de 50 % par rapport à un immeuble en béton armé, principalement utilisé pour ce type de construction;
- Une répartition uniforme des charges sur l'ensemble de la dalle de transfert dans le but d'uniformiser les charges sur les colonnes du rez-de-chaussée et uniformiser les charges sur chaque empattement afin d'en diminuer le coût;
- L'utilisation de diverses stratégies innovantes visant à uniformiser les charges sur la dalle de transfert tel que les poutrelles installées en portée simple et courte.

Qui plus est, d'autres avantages de la structure à ossature légère de bois ont émanées. D'un point de vue du développement durable, plusieurs avantages sont marquants. En effet, l'utilisation massive du bois de sciage permet d'emprisonner des dizaines de tonnes de CO₂. L'utilisation du bois a été maximisée partout où cela était possible dans la conception et la construction du bâtiment. À cet effet, l'ensemble des murs porteurs (intérieurs et extérieurs) et non porteurs, les cages d'escalier, les planchers, la toiture sont tous constitués de bois.

Également, la réduction des quantités de béton est aussi impressionnante. Une couche unique de 38 mm de béton est utilisée pour les planchers des étages, comparativement à 230 mm pour des bâtiments couramment construits en béton armé. Ceci est sans parler de la structure du toit qui ne compte aucun béton. De plus, la légèreté de la structure en bois a permis de diminuer le volume de béton utilisé dans les fondations, comme le montre l'analyse préliminaires présentée à la section 3.1.

L'étude démontre également que l'utilisation du bois a permis à LOGISCO d'accélérer énormément la vitesse de construction. Pour ce faire, l'entreprise a opté pour la préfabrication des murs porteurs en usine et le prémontage des planchers sur le site avant l'arrivée des murs. Ces murs et planchers préfabriqués, autant extérieurs qu'intérieurs, permettent d'ériger la structure du bâtiment dans de courts délais en plus de s'assurer d'une qualité de fabrication irréprochable.

3.5 Conclusions

LOGISCO est un promoteur immobilier très actif dans la région de Québec. Depuis quelques années, l'entreprise développe et construit une moyenne de quatre immeubles de 70 à 100 unités annuellement, soit entre 350 et 450 logements dont la très grande majorité est en ossature légère de bois de 5 ou 6 étages.

La présente étude démontre qu'il est possible de développer, de construire et d'atteindre les performances attendues tout en assurant une viabilité économique pour un bâtiment commercial en bois. Le bois est une ressource facilement disponible pour l'industrie québécoise de la construction. Les promoteurs immobiliers auraient intérêt à développer davantage son utilisation dans ce type de projets de moyenne envergure. De plus, le bois est un matériau et un système de construction bien maîtrisé par les entrepreneurs en construction. Il n'est pas requis d'avoir recours à des entrepreneurs spécialisés pour faire l'érection d'une structure de bois, ce qui n'est pas le cas pour les autres types de structures.

Il est aussi important de souligner le travail exceptionnel de collaboration entre les différents professionnels au dossier. Lors de l'élaboration d'un projet, toutes les parties prenantes ont intérêt à se concerter et à travailler conjointement afin qu'émanent des innovations et des solutions qui permettent de faire progresser les projets et conséquemment l'industrie du bois. Notre structure organisationnelle nous permet d'appliquer au quotidien les principes de la conception intégrée. C'est assurément l'une des clés du succès.

Dans le cadre de ce projet, l'utilisation du bois a été maximisée à tous les niveaux dans la conception et la construction du bâtiment. Les différentes stratégies qui ont été utilisées dans la structure de bois sont :

- Utilisation de la préfabrication pour les murs et les planchers;
- Utilisation de cages d'escalier en NLT;
- Installation des poutrelles de plancher en portée simple et courte et murs porteurs de chambre à chambre;
- L'orientation des fermes de toit perpendiculairement à l'orientation des poutrelles de plancher;
- Utilisation d'un système d'ancrage sismique avec compensateur de retrait et des panneaux d'OSB installés sur tous les murs mitoyens et de corridors porteurs comme SRFL;

Toutes ces stratégies ont permis de réduire le poids de la structure, de répartir le plus uniformément possible les charges sur la dalle structurale et, conséquemment, des efforts uniformément répartis sur la dalle de transfert et sur les fondations.

3.6 Retombées et rayonnement des solutions développées et potentiel de reproductibilité pour l'industrie

Les éléments contenus dans cette étude sont applicables à plusieurs projets et auraient grand avantage à être répétés. En plus d'être économiquement avantageuse, la construction de bois est connue et maîtrisée au Québec. Ce système de construction favorise donc la compétitivité des sous-traitants puisque plusieurs entrepreneurs spécialisés sont en mesure de construire ce type de structure.

Voici 2 exemples d'innovations pouvant être facilement reproduites par l'industrie québécoise.

3.6.1 Le pré-assemblage des sections de plancher au sol

Le pré assemblage des sections de plancher au sol est, à notre avis, un incontournable. À la base, le travail au sol est toujours avantageux. Il limite d'une part le risque de chute pour les travailleurs et augmente, d'autre part, la productivité. Sur un chantier de construction, la sécurité des travailleurs doit passer avant tout, c'est pourquoi cette solution aurait grand avantage à être mise de l'avant plus largement dans l'industrie de la construction. En plus de limiter le travail en hauteur pour les travailleurs, l'exécution au chantier est plus rapide que si les poutrelles avaient été installées une à une. Un gain en temps a été constaté pour l'installation des poutrelles en plus d'un gain en temps d'utilisation de la grue. Avec les frais importants associés à la location d'une grue, son temps d'utilisation doit être mis à profit au maximum.

3.6.2 Utilisation de compensateur de retrait et installation de certaines composantes en usine

Contrairement aux tiges continues, l'utilisation d'ancrages ponctuels au bas et au haut des murs (hold-down HDU) se fait normalement sans compensateur de retrait. Ces ancrages sont normalement utilisés sur des bâtiments en bois de 4 étages et moins et le retrait de séchage est moindre sur ces bâtiments. Cependant, le projet en honneur dans ce document fait appel à un bâtiment en bois de 5 étages. Les retraits de séchage étaient donc considérables. Afin d'assurer que la tension initiale de la tige de la console d'ancrage soit maintenue tout au long de la vie utile du bâtiment, le concepteur a choisi d'utiliser des compensateurs de retrait. Une innovation simple, mais qui permet d'assurer la sécurité des usagers de l'hôtel.

Une autre innovation apportée à ce projet est le recours à la main-d'œuvre en usine pour installer certaines pièces avant l'arrivée des murs en chantier. Une collaboration avec les fournisseurs de tels systèmes et les fournisseurs de structures préfabriquées conduit à la démocratisation de ce système de SFRL souvent jugé trop long à installer en chantier.

D'autres composantes du système ont aussi été installés directement en usine, tel que le système compensateur de retrait et seule la jonction entre les tiges est faite en chantier. De plus, les lisses et les sablières ont été pré-percées en usine afin de laisser libre le

passage des tiges aux niveaux des différents étages. Cette méthode permet d'augmenter la rapidité d'installation et enlève une barrière de plus à l'utilisation de ce système pour la construction de bâtiment de 5 ou 6 étages en ossature légère de bois.

3.7 Recommandations

La conception et la construction d'un important immeuble commercial en ossature légère de bois tel que le Home 2 Suite s'accompagnent de plusieurs apprentissages et de leçons tirées tout au long du processus. Nous vous en partageons quelques-unes :

L'importance des assemblages et du respect des plans et devis en chantier : La construction d'une structure de 5 à 6 étages ne se fait évidemment pas comme une maison unifamiliale visée par la partie 9 ou même comme une construction de 4 étages et moins. La conception doit tenir compte de plusieurs paramètres dont certains ont été expliqués précédemment. Les plans et devis doivent donc être très bien compris et surtout méticuleusement respectés au chantier. Chaque système de connexion a sa raison d'être et cela doit être expliqué et compris par les travailleurs au chantier. Le contrôle qualité doit aussi être assuré tout au long de la construction de la structure.

Une bonne pratique : La tenue d'une rencontre de coordination au chantier avec les professionnels et les contremaîtres avant le début de l'érection de la structure. Cela permet d'une part au concepteur d'expliquer l'importance et les raisons techniques derrière les plans et devis. D'autre part, cela permet aux contremaîtres de poser leurs questions, de comprendre afin de bien appliquer et expliquer le travail à faire aux équipes.

La gestion du retrait par séchage : Un autre enjeu important lors de construction en ossature légère de bois est le retrait par séchage du bois. Ce phénomène, propre au bois, apporte des défis à prendre en considération tant en conception qu'en exécution. Pour ajouter aux défis, le retrait par séchage ne se fait pas de manière uniforme dans le bâtiment. Les structures intérieures subiront leur retrait beaucoup plus tôt (± 1 an) comparativement aux structures extérieures (± 3 ans).

Plusieurs détails de construction doivent être élaborés entre les éléments qui subiront du retrait et ceux qui n'en subiront pas. Pensons par exemple à la cage d'ascenseur ou encore au revêtement extérieur. Des stratégies de plaques de transfert ou encore de silences dans les revêtements en sont des exemples. Il faut même user de trompe l'œil dans la finition intérieure, comme pour une retombée de gypse perpendiculaire au mur extérieure, par exemple.

La réduction des gaz à effet de serre : Les changements climatiques sont sur toutes les lèvres. De plus en plus, nous sommes sensibles aux GES, mais surtout aux façons de les réduire dans notre vie quotidienne. La construction n'y fait pas exception. C'est même un contributeur important d'un point de vue GES. La construction en bois est sans contredit une excellente manière de les réduire. L'étude GESTIMAT réalisée dans le cadre du présent projet le démontre clairement ! C'est 58% de réduction de GES qui a été fait avec une construction de bois en comparaison avec une structure qui aurait été construite totalement en béton armé. C'est majeur. La construction de bois est sans aucun doute une solution à développer encore d'avantage dans les années à venir. C'est une solution durable qui contribuera à la lutte aux changements climatiques.

Finalement, comment voyons-nous la suite de l'innovation en bois? Il faut continuer de développer toutes les facettes de la préfabrication et élargir nos connaissances et compétences techniques pour rendre son utilisation plus versatile et rentable.

4. Annexes

Rapport GESTIMAT et AUDIT (sous plis séparé)