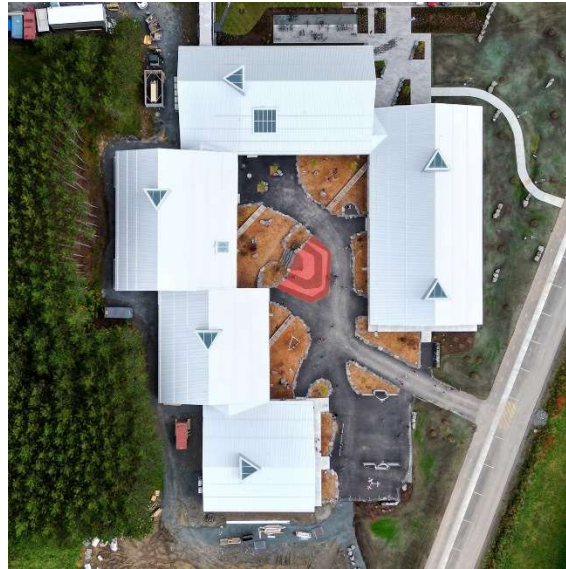


Faisabilité et efficacité
d'un système collaborant bois-bois et évaluation de la performance
structurale des assemblages des éléments porteurs

Nouvelle école dans la municipalité du Canton de Shefford



Rapport préparé par Alexandra Andronescu, ing.
Latéral Conseil Inc.

latéral.

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

31 janvier 2024

AlexAndr.

Alexandra Andronescu, ing.
Auteur

A stylized signature in blue ink, consisting of a series of loops and a long horizontal stroke.

Thibaut Lefort, ing.
Réviseur

**Forêts, Faune
et Parcs**

Québec



Avec la participation financière

Fondsvert

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	3
2.	Introduction	4
2.1	Titre et lieu de réalisation du projet de construction	5
2.2	Description du projet de construction	5
2.2.1	Description du bâtiment innovant ou de la solution innovante	5
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	6
3.1	Introduction et hypothèses de départ	6
3.2	Objectifs	6
3.3	Méthodologie	6
3.4	Résultats et analyse	7
3.5	Conclusions	8
3.6	Retombées et rayonnement des solutions développées et potentiel de reproductibilité pour l'industrie	8
3.7	Recommandations	8
4.	Bibliographie	8
5.	Annexes	9
5.1	Sélection photographique du chantier	9

1. Sommaire exécutif et synthèse de l'étude

Dans le cas du pavillon principal et des pavillons des classes, le concept architectural prévoyait la construction des mezzanines pour les espaces de collaboration et pour les espaces de mécanique. Pour s'encadrer dans le contexte et la vision architecturale du projet, la structure des planchers devait être conçue pour être le plus mince possible. La réalisation d'un système collaborant de poutres de bois (lamellé-collé) et platelage de bois (CLT), surtout dans le cas des éléments de longues portées, nous a permis de réduire la hauteur des éléments de structure.

L'utilisation de ce système de construction nous permet de réaliser des projets plus performants avec une hauteur de structure moins importante – une des contraintes de l'utilisation de gros bois d'œuvre. De plus, la possibilité de réaliser ce système entièrement au chantier, sans préfabrication complexe, avec des outils simples (quincaillerie) le rend accessible aux entrepreneurs et menuisiers-charpentiers locaux. Les résultats obtenus pourront servir de précédente technique pour la réalisation d'ouvrages similaires.

2. Introduction

L'école primaire de Shefford incarne comme objectif de devenir le point central de la collectivité. Elle vise l'épanouissement des enfants par le contact avec la nature. Le contexte paysager enchanteur de Shefford en fait un lieu unique pour apprendre à l'extérieur, en se laissant imprégner des éléments et phénomènes naturels qui l'entourent. La vision architecturale du projet, d'offrir aux enfants un espace qui est chaleureux et rassurant, s'exprime par l'utilisation du bois en finition intérieure et extérieure, ainsi que pour la structure.



Ainsi, pour l'ensemble de cinq bâtiments, une charpente généralement en bois est utilisée, avec une approche simple, mettant en valeur le bois, sans complexifier la construction. La structure des toits est conçue avec des solives en lamellé-collé d'épinette et contreplaqué sablé pour les trois volumes des classes, des fermes de bois traditionnelles pour le pavillon principal et des fermes hybrides de bois-acier apparents quant au pavillon sportif. Dans tous les cas, ces structures reposent soit sur des murs porteurs partout où possible, ou sur un système de poutres et colonnes, généralement en bois lamellé-collé où l'architecture ou le besoin de flexibilité le demande. Des murs de cisaillement en ossature légère dans les deux directions reprennent les forces latérales de vent et sismiques.



2.1 Titre et lieu de réalisation du projet de construction

Nouvelle école dans la municipalité du Canton de Shefford

(École du Zénith Lab-École de Shefford)

1, Rue Laurette-Bellefleur, Shefford, QC J2M 0E8

2.2 Description du projet de construction

2.2.1 Description du bâtiment innovant ou de la solution innovante

La particularité du projet repose sur l'élaboration d'un système collaborant en bois poutre-dalle, réalisé au chantier, sans préfabrication complexe, par choix judicieux de colle, quincaillerie, entailles et usinage, ou autre méthode.

2.2.2 Échéancier global et durée

La préparation des plans et devis, incluant les études préparatoires, s'est échelonné sur une période de 12 mois. Les travaux de construction ont débuté en février 2022 et l'école a ouvert ses portes en septembre 2023.

2.2.3 Budget global

Coût de construction \$30,350,984.13 (taxes en sus)

2.2.4 Partenaires

Client : Centre de services scolaires du Val-des-Cerfs

Étude : Université de Laval

Architectes : Pelletier de Fontenay + Leclerc

Ingénieurs en structure : Latéral

Ingénieurs en civil : Gravitaire

Ingénieurs en mécanique et en électricité : BPA

Fournisseur de bois massif : Ambiance Bois

Entrepreneur : Les Constructions Binet

2.2.5 Défis et risques généraux

Bâtiment combustible

Au niveau du code, de nombreux défis sont présents en lien avec l'utilisation de bois apparent. Dès le début du projet, nous avons travaillé proche avec les architectes et nous avons réalisé des études approfondies de code pour s'assurer que les solutions que nous proposons sont conformes et respectent les critères des normes en vigueur.

Prix et disponibilité du bois

Avec un marché d'inflation constante des prix et indisponibilité des matériaux de construction, nous avons lancé un appel d'offres préachat pour la structure de bois avant le lancement d'appel d'offres pour l'entrepreneur général. Ceci nous a permis de sécuriser le prix et réserver la structure de bois au moment requis durant l'étape de construction et éviter ainsi des retards dans l'échéancier des travaux. De plus, la présélection du fournisseur de bois nous a permis de finaliser la conception des plans et devis, avec les produits réels de bois qui seront utilisés pour la construction.

Risque d'erreur en chantier

Durant la période de construction, le programme de contrôle de qualité en chantier que nous avons mis en place avec le Client, nous a permis d'avoir une présence accrue en chantier afin de pallier au maximum les déficiences d'installation.

3. Détails de l'étude

3.1 Introduction et hypothèses de départ

Le concept architectural prévoyait la construction des mezzanines pour les espaces de collaboration et pour les espaces de mécanique. Pour s'encadrer dans le contexte et la vision architecturale du projet, pour respecter l'alignement et les hauteurs libres requises, la structure des planchers devait être conçue pour être le plus mince possible.

Il était donc nécessaire de développer un système innovant, qui pouvait permettre de construire avec une structure en bois régulière, mais avec des hauteurs réduites.

3.2 Objectifs

Pour les structures des mezzanines, la réalisation d'un système collaborant de poutres de bois (lamellé-collé) et platelage de bois (CLT), surtout dans le cas des éléments de longues portées, pourrait nous permettre de réduire la hauteur des éléments de structure. L'étude portera sur le choix du système d'assemblages entre le platelage et les poutres.

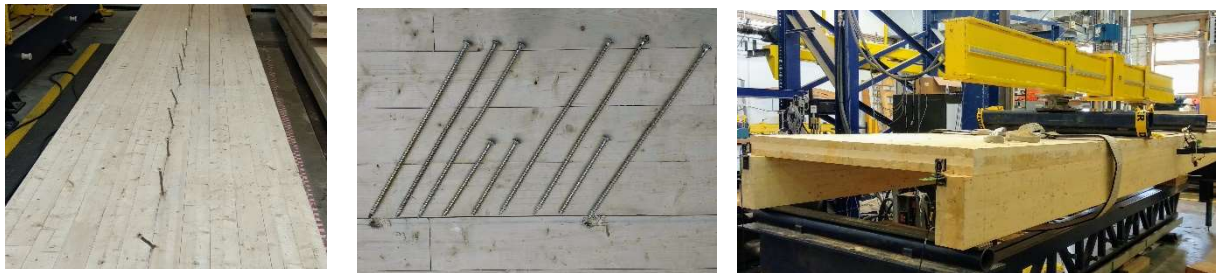
3.3 Méthodologie

L'étude a été réalisée en collaboration avec l'Université de Laval.

Une première rencontre nous a permis de bien établir les besoins du projet. Suite à cette rencontre, la méthodologie et les techniques de travail ont été validées. D'autres rencontres ont eu lieu à chaque fin d'étape et des rapports de suivi ont été réalisés.

Dans un premier temps, nous avons réalisé une conception préliminaire des assemblages et nous avons analysé les efforts selon les besoins du projet.

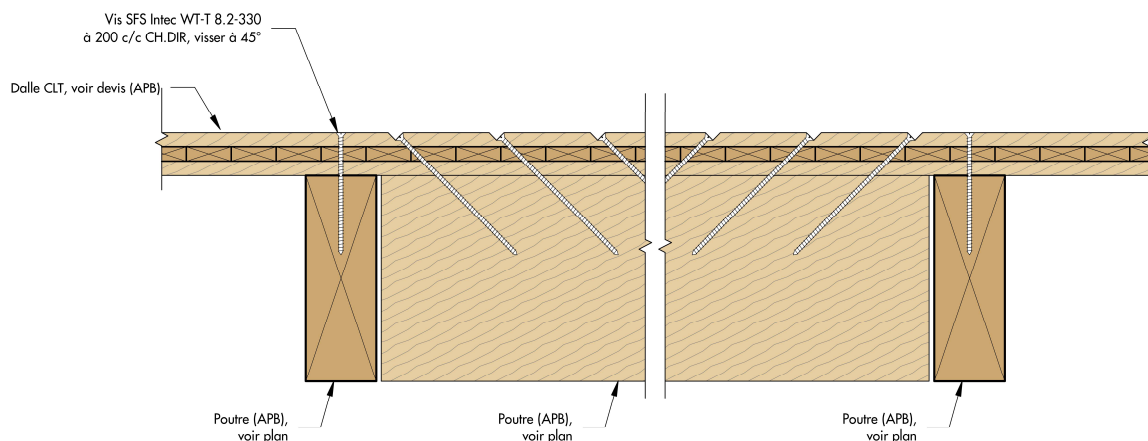
Ensuite, nous avons identifié les fabricants de bois et les types de bois à utiliser dans les spécimens. Plusieurs configurations d'assemblages ont été proposées et par la suite fabriquées en laboratoire. Une fois les montages réalisés, les essais mécaniques ont été exécutés.



3.4 Résultats et analyse

Quatre-vingts (80) essais ont été réalisés sur les assemblages et une multitude des essais ont été réalisés sur les composants et sur les systèmes composites. Pour les platelages en CLT les essais ont été réalisés dans les deux directions (axe fort et axe faible). Dans le cas des assemblages, l'espacement des vis a été testé d'une façon variable. Les paramètres de performance étudiés ont été la rigidité initiale, la résistance et le mode de rupture.

Le développement des détails de construction à utiliser dans notre projet a été réalisé en s'appuyant sur une analyse rigoureuse des contraintes et les données probantes des essais de chargement. L'image ci-dessous montre le détail qui a été développé pour le projet.



3.5 Conclusions

L'objectif était de développer une nouvelle façon de construire des planchers tout bois plus minces et plus performants que des planchers standard lamellé-collé / CLT.

L'étude effectuée nous a permis d'atteindre cet objectif : un système collaborant poutre – dalle, réalisé entièrement en chantier par choix judicieux d'assemblages (clouage) en utilisant des stratégies structurales innovantes.

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

Le système développé dans ce projet nous permet de réaliser des projets plus performants avec une hauteur de structure moins importante – une des contraintes de l'utilisation de gros bois d'œuvre.

De plus, l'étude crée une avance importante pour ce type de construction, ouvrant la possibilité de réaliser ce système entièrement au chantier, sans préfabrication complexe, avec des outils simples (quincaillerie) et le rendre accessible aux entrepreneurs et menuisiers-charpentiers locaux. Les résultats obtenus pourront servir de précédente technique pour la réalisation d'ouvrages similaires.

3.7 Recommandations

La réalisation des détails novateurs de ce projet repose sur les résultats d'essais en laboratoire qui ont été définis suivant les portées et contraintes spécifiques au présent projet. Nous recommandons aux concepteurs désirant de bénéficier de ces avancées pour leur projet, d'intégrer à leur conception un programme d'essais physiques spécifiques aux particularités de leur projet.

4. Bibliographie

- s/o

5. Annexes

5.1 Sélection photographique du chantier







