CEBQ
QBEC

Conseil de l'enveloppe
du bâtiment du Québec

stgm ARCHI-TECTURE partie5

De la promesse au cadre de conception

Le sujet n'est pas "pourquoi préfabriquer", mais "qu'est-ce que ça change dans la manière de concevoir".

Stéphan Langevin, STGM Architecture
Associé principal et directeur conception

Nicolas Bernier, PARTIE5
Directeur et chef de pratique, expertise du bâtiment,

CEBQ
QBEC

stgmpartie5
ARCHI-
TECTURE

STGM Architecture

C’est environ 180 personnes reparties dans trois places d’affaires, Montréal, Québec et Baie-Comeau.

Architecture_ Design intérieur _Planification immobilière _Science du bâtiment _Codes et Normes

Culturel _ Hôtellerie _ Industriel _ Milieu nordique _ Milieux de travail _

Patrimoine _ Restaurants et commerces _ Développements Résidentiels _

Santé / recherche _ Services publics _ Sports et loisirs Transport _ Éducation

PARTIE 5

Est une firme de consultation dédiée à la science du bâtiment.

La science du bâtiment, c'est l’étude des interrelations entre les différents matériaux, composantes, assemblages de construction, de même que les liens entre les occupants et les environnements dans lesquels les bâtiments sont situés.

Le modulaire ne change pas seulement la façon de construire. Il change la façon de concevoir.

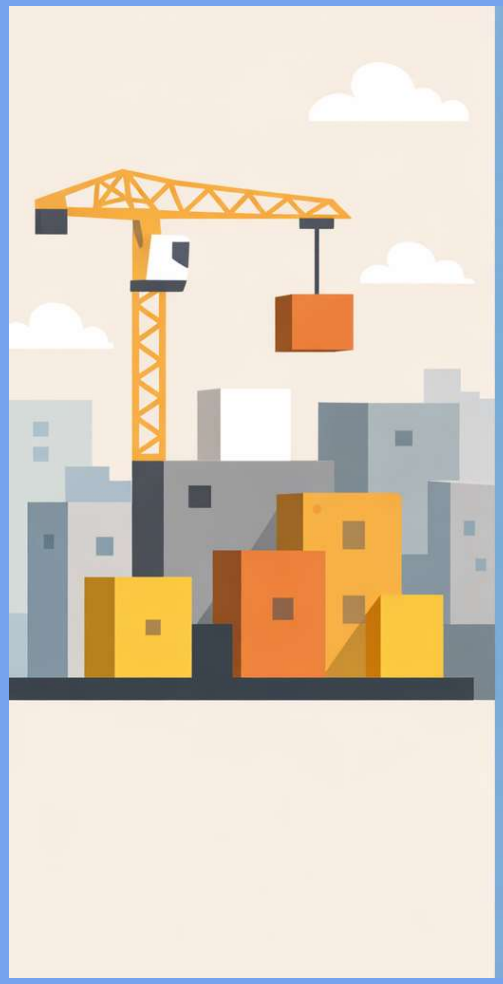
En modulaire, l'architecte ne dessine pas seulement un bâtiment. Il conçoit aussi une trame, une logistique, une séquence d'assemblage et des interfaces futures.

Les efforts de l'architecte se déplacent en amont

+ de décisions précoces;

+ de coordination;

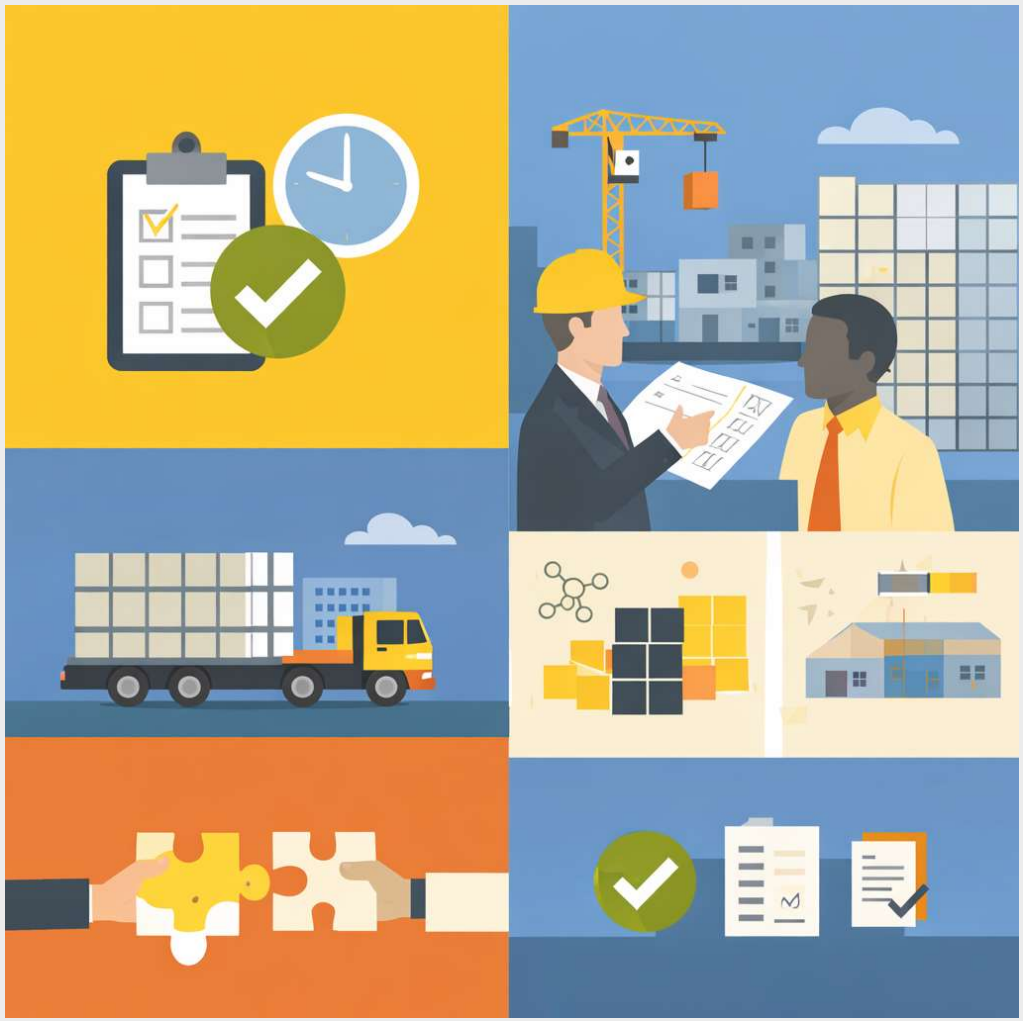
- de liberté tardive.





LES 6 RÈGLES DE CONCEPTION

1. Décider tôt
2. Concevoir avec le fabricant
3. La trame modulaire structure déjà l'architecture
4. Le transport dimensionne le projet
5. Le projet se joue aux interfaces
6. La conformité et l'inspection font partie de la conception



RÈGLE 1_DÉCIDER TÔT

Le modulaire ne supporte pas bien les décisions tardives.

l’approche de construction hors site demande une charge de conception plus forte en **amont**; le projet exige un ‘’design freeze’’ plus tôt; le fabricant, la logistique et les approbations doivent entrer tôt dans le processus.

En modulaire, une décision tardive ne déplace pas seulement un détail. Elle peut désorganiser la fabrication, le transport, le levage, les raccordements, le budget et l’échéancier.



RÈGLE 2_CONCEVOIR AVEC LE FABRICANT

Le projet modulaire n’est pas conçu “par l’architecte puis exécuté par le fabricant”.

Il est développé avec le fabricant. Les guides insistent sur : la collaboration, précoce; l’intégration architecture / structure / mécanique / fabrication; les dessins d’atelier comme moment critique de traduction du projet

Le bon projet modulaire n’est pas celui que le fabricant réussit à exécuter.C’est celui qu’on a conçu avec lui assez tôt pour éviter les incompatibilités.



RÈGLE 3_La trame modulaire structure déjà l’architecture

La trame n’est pas neutre, chaque module est autoportant; il transporte plancher, plafond et murs; cela affecte directement :hauteurs; escaliers; charges; divisions centrales; passages mécaniques; latitude sur les volumes. **Il faut anticiper l’espace de jonction entre modules.**

La trame modulaire n’est pas seulement un outil de rationalisation.C’est une géométrie de compatibilité.



RÈGLE 4_LE TRANSPORT DIMENTIONNE LE PROJET

C’est une donnée fondatrice, pas une contrainte secondaire.

Les dimensions des modules sont d’abord limitées par leur déplacement; la route québécoise, les escortes, les dégagements, les ponts, les fils, les saisons et les itinéraires influencent directement la conception;

que le concepteur peut choisir ses largeurs et son découpage pour éviter certaines contraintes de transport; que même maritime et ferroviaire ne suppriment pas la contrainte routière finale.

Module n’est pas seulement dessiné par le plan.Il est aussi dessiné par la route.



RÈGLE 4_LE TRANSPORT DIMENTIONNE LE PROJET

Repères à retenir – transport modulaire

Sans permis : 2,60 m larg. / 4,15 m haut.

Classe 2 – général : 4,30 m au corps / 4,60 m à la toiture / 5,05 m en section / 4,30 m haut. / 30,0 m long.

Classe 2 – spécifique : 5,00 m au corps / 5,30 m à la toiture / 5,75 m en section / 5,00 m haut. / 30,0 m

Attention : la dimension permise ne garantit pas la faisabilité réelle Même si les dimensions sont réglementairement permises, le transport dépend encore de plusieurs facteurs : itinéraire autorisé; dégagements sous ponts et fils; virages et accès au site; période de l'année; escorte requise;

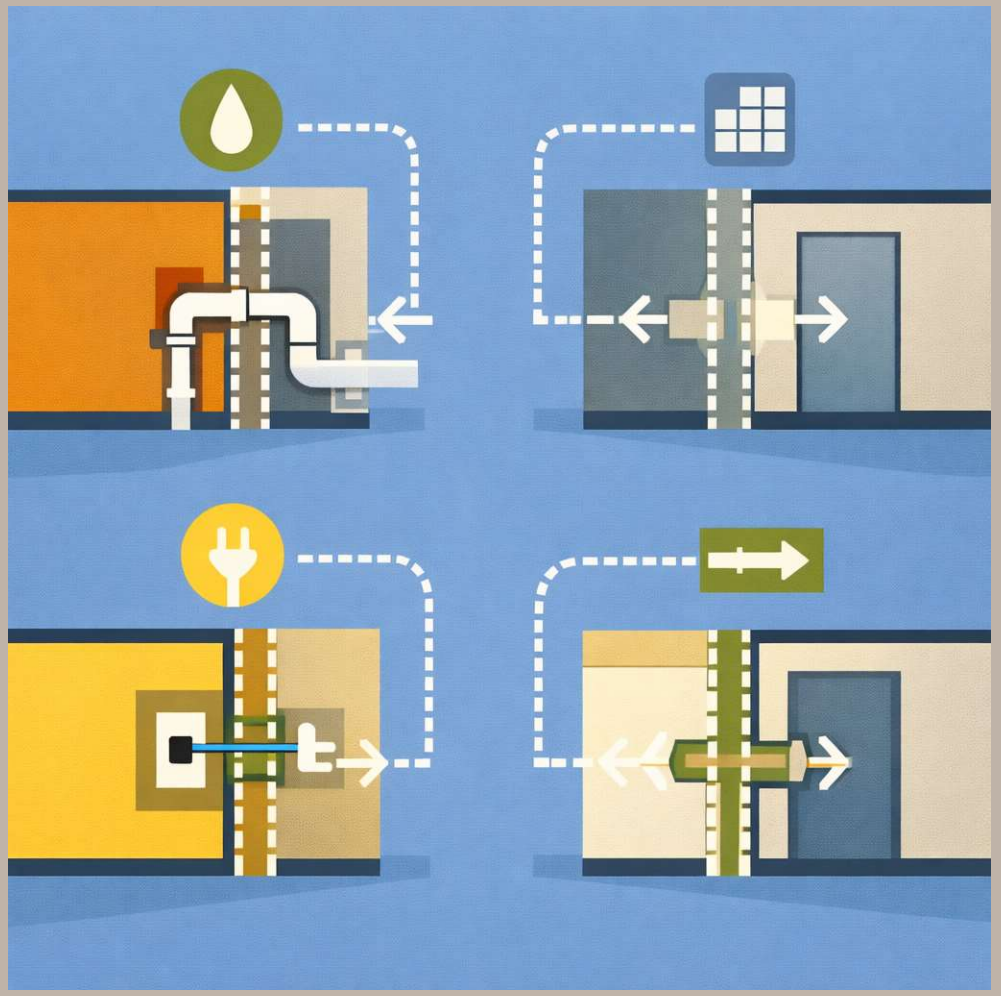


RÈGLE 5_LE PROJET SE JOUE AUX INTERFACES

les vraies difficultés sont dans :

les jonctions intermodules;
les tolérances;
les transferts de charges;
les alignements;
les raccordements;
les passages de systèmes;
les séquences de fermeture et de finition.

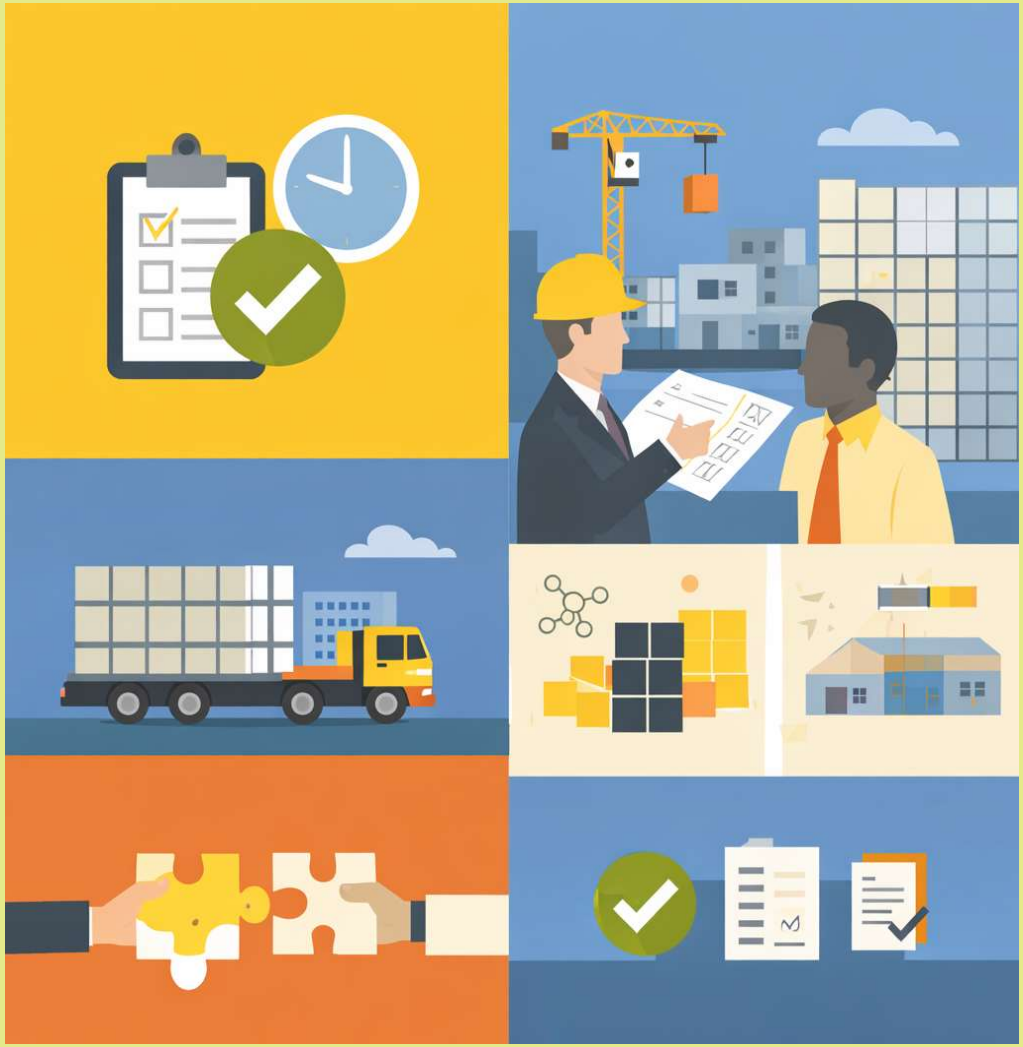
En modulaire, le projet ne se joue pas seulement dans les surfaces.Il se joue dans les interfaces.



Du cadre au détail

1. Décider tôt
2. Coordonner tôt
3. Concevoir pour fabriquer transporter et assembler
4. Maîtriser les interfaces et les tolérances
5. Préparer les conditions de continuité

En construction modulaire : La performance de l'enveloppe commence bien avant le chantier.



Guide technique sur la
construction modulaire en bois



cecobois
Centre d'expertise
sur la construction
commerciale en bois

FPInnovations



Offsite Wood Construction Handbook

LES DÉFIS TECHNIQUES

Un bâtiment modulaire, c’est un peu comme une courtepointe faite à plusieurs mains.

Chaque personne fabrique un morceau : dans la courtepointe, un carré de tissu; dans le modulaire, un module avec sa portion d’enveloppe (isolation, pare-air, pare-vapeur, revêtement). Pris séparément, chaque morceau peut être très bien fait… mais ce qui fait la qualité finale, ce sont **les coutures**.

Dans une courtepointe, si la couture est mal faite, le froid entre et le motif “travaille”. Dans un bâtiment modulaire, c’est pareil : la performance de l’enveloppe se joue surtout **aux joints entre modules**. C’est là qu’on doit assurer la continuité :

de l’isolation (sinon pont thermique),
du pare-air (sinon fuites d’air),
de la gestion de l’eau (sinon infiltration).

Bref : comme une courtepointe collective, le modulaire est réussi quand chaque pièce est bonne, mais surtout quand **les coutures sont conçues et exécutées comme il le faut**.



LES DÉFIS TECHNIQUES

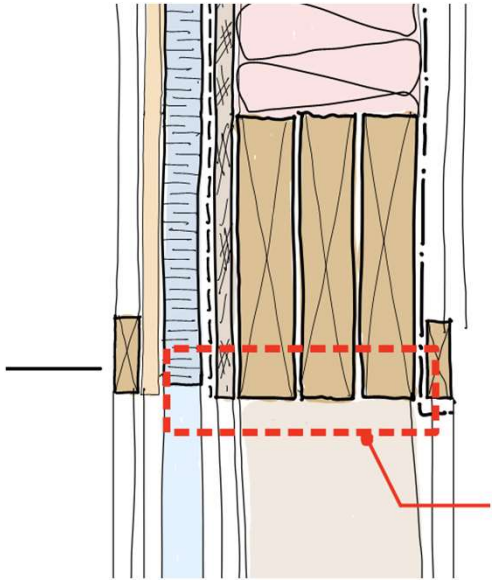
En plus de normes qui diffèrent passablement, les performances et les attentes envers les bâtiments institutionnels sont également différentes. En ce sens, l'application de la préfabrication modulaire en bois aux bâtiments institutionnels présente aussi plusieurs défis techniques. La continuité de l'isolation et de l'étanchéité, la résistance au feu ainsi que la qualité de l'insonorisation doivent faire l'objet d'une attention particulière.



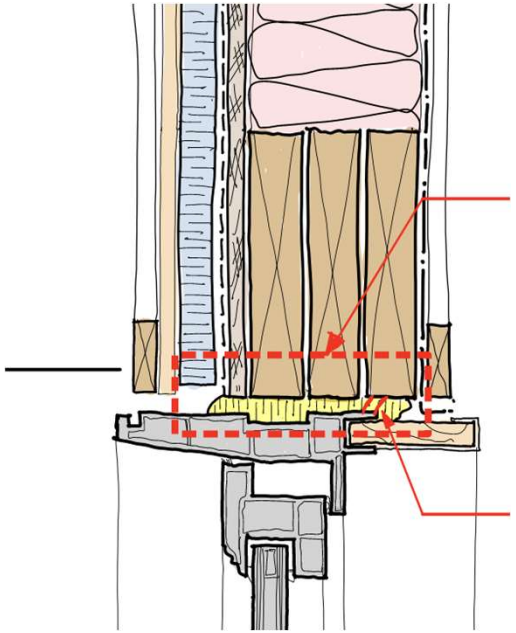


Crédit : Richard Trempe, architecte

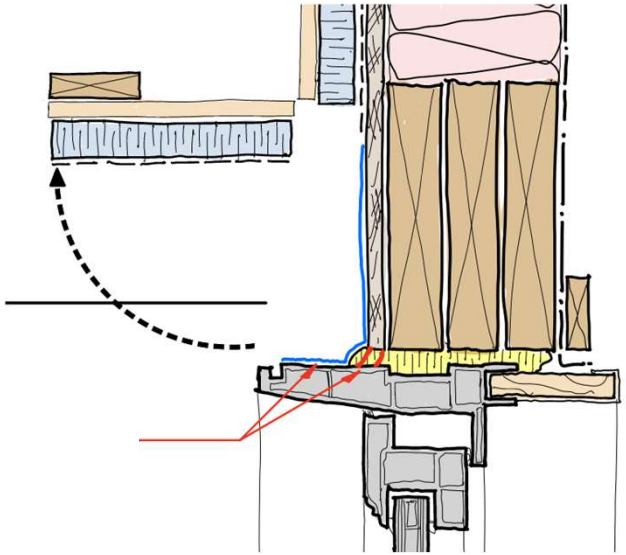
Comment rater son coup en 4 étapes faciles...
(murs préfabriqués)



1

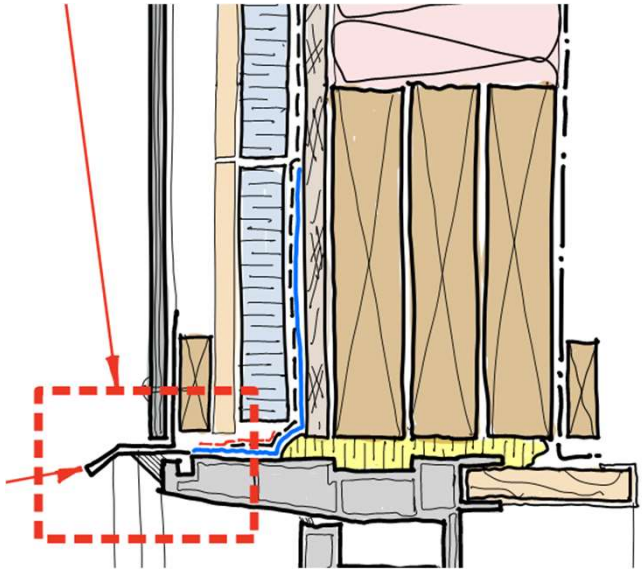


2



3

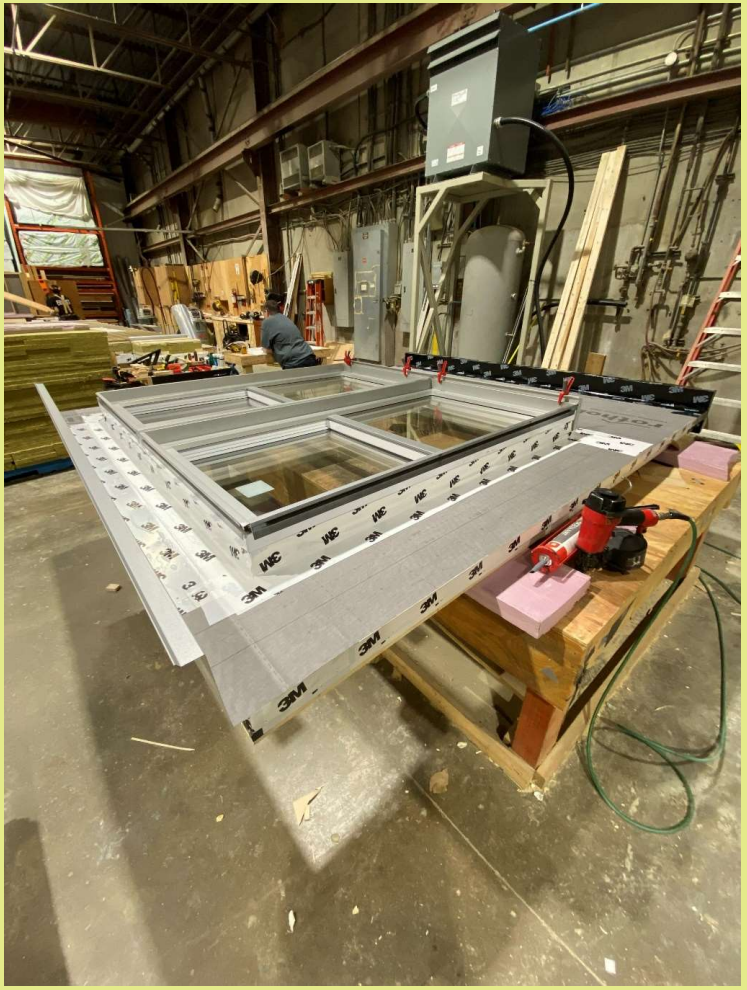
Crédit : Partie 5



4







Crédit : SOKÏO Industrie

buildings

MDPI

Article

Case-Study: Fully Prefabricated Wood Wall Connection to Improve Building Envelope and On-Site Efficiency

Etienne Julien [1], Pierre Blanchet [1,*] and Louis Gosselin [2]

[1] Department of Wood and Forest Sciences, Université Laval, Quebec City, QC G1V 0A6, Canada
[2] Department of Mechanical Engineering, Université Laval, Quebec City, QC G1V 0A6, Canada
* Correspondence: pierre.blanchet@sbf.ulaval.ca

Abstract: As fully prefabricated wood walls (FPWW) are envisioned to increase building envelope performance, the junction between panels becomes crucial. Since FPWW restricts access to the inter-panel joints, it is preferable to generate an upstream mechanism to complete the joint automatically on-site. This study aimed to design a self-sealing joint for FPWW that would achieve high energy standards and accelerate on-site construction. Airtightness tests and thermal bridge assessments were conducted in the laboratory to compare the developed self-sealing joints with different sealing materials. These same tests were conducted on-site, in addition to observations of the assembly speed of conventional prefabricated walls and FPWW. Of all the materials tested, butyl tape showed the tightest connections. This material helps the joint developed to automatically seal adjacent walls spaced up to 7 mm apart. FPWW maximize the industrialization of conventional prefabricated walls by realizing the sealing details and the installation of doors, windows and exterior siding offsite. This way, FPWW could reduce the duration of a conventional single-family residential project. FPWW maximize quality control while reducing transportation costs associated with conventional modular solutions.

Keywords: prefabrication; airtightness; air leakage; air barrier; light wood frame; construction; thermal bridge; design; conception

check for updates

Citation: Julien, E.; Blanchet, P.; Gosselin, L. Case-Study: Fully Prefabricated Wood Wall Connection to Improve Building Envelope and On-Site Efficiency. *Buildings* **2022**, *12*, 2185. https://doi.org/10.3390/buildings12122185

Academic Editors: John Gardner, Seongjin Lee, Kee Han Kim and Sukjoon Oh

Received: 30 October 2022
Accepted: 24 November 2022
Published: 9 December 2022

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

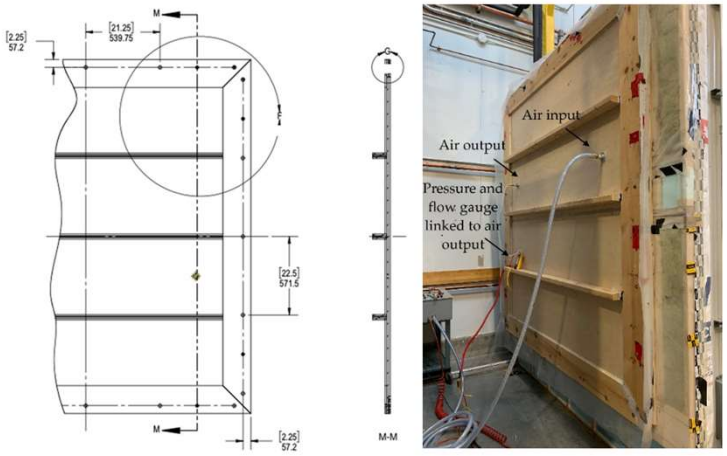
Copyright: © 2022 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

1. Introduction

In 2020, construction and buildings consumed 36% of energy globally [1]. Energy consumption during the operating phase of a building is one of the largest contributors to climate change in the construction sector [2–3]. By developing and adopting high-performance system enclosures, it is possible to reduce heating and cooling demand [1,5–7], which still represents 66% of the total residential energy use in Canada in 2018 [8]. In cold climates, designing an energy-efficient building goes hand in hand with a highly insulated and airtight envelope [9].

As researchers seek to find significant building innovations to reduce energy consumption, the features that govern the construction industry must be taken into account. The necessity to reduce overall costs and manufacturing, construction, and delivery times is a real preoccupation and must be reflected in innovative construction methods. Among these methods, prefabrication can significantly accelerate the construction process while ensuring quality and reducing cost [10–13].

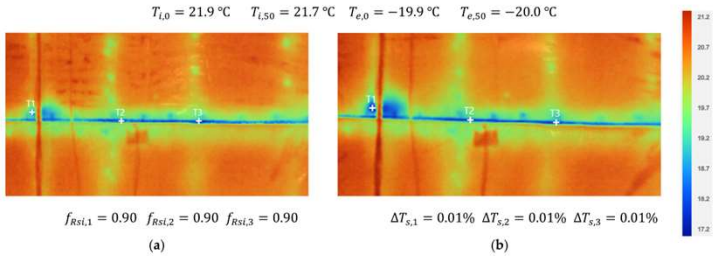
Since a significant proportion of the envelope defects come from on-site work, it is important to review the design, construction, and supervision methods [10]. It is important because these defects can lead to underperformance of the envelope through thermal bridges, thermal barrier discontinuity, and air leakage [17]. Of the envelope defects, air leakage can be responsible for about 25% of a building heating loads [18]. Air leakage can also affect the comfort of occupants since it impacts hygrothermal performance, air quality, and ventilation equipment performance [19–22].



(a) (b)

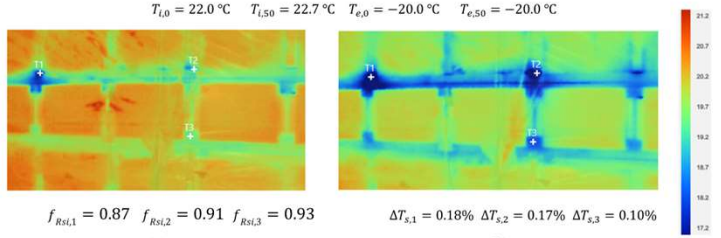
Figure 5. Test gauge (**a**) applied against an experimental wall for an airtightness assessment (**b**).

side of walls, it can be suggested that even if it is possible to observe a linear thermal bridge within the new concept 1 assembly, this does not reflect poor performance.



(a) (b)

Figure 8. Thermographic analysis of the new concept 1 system at 0 Pa (**a**) and 50 Pa (**b**).



(a) (b)

Figure 9. Thermographic analysis of the conventional wall at 0 Pa (**a**) and 50 Pa (**b**).

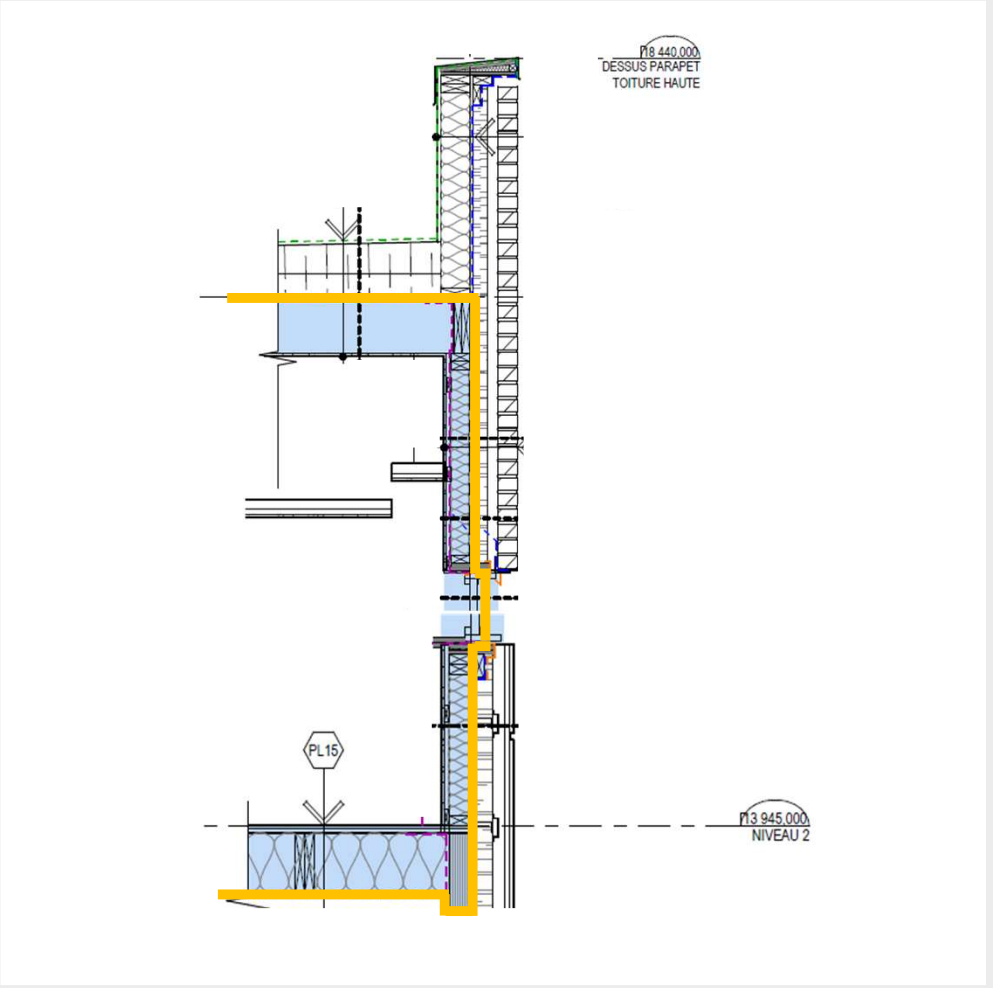
Crédits : E. Julien, P. Blanchet, L. Gosselin

Exemple de bâtiment à l’étude Modules préfabriqués
(montants non-isolés)

Continuité du pare-air / pare-eau

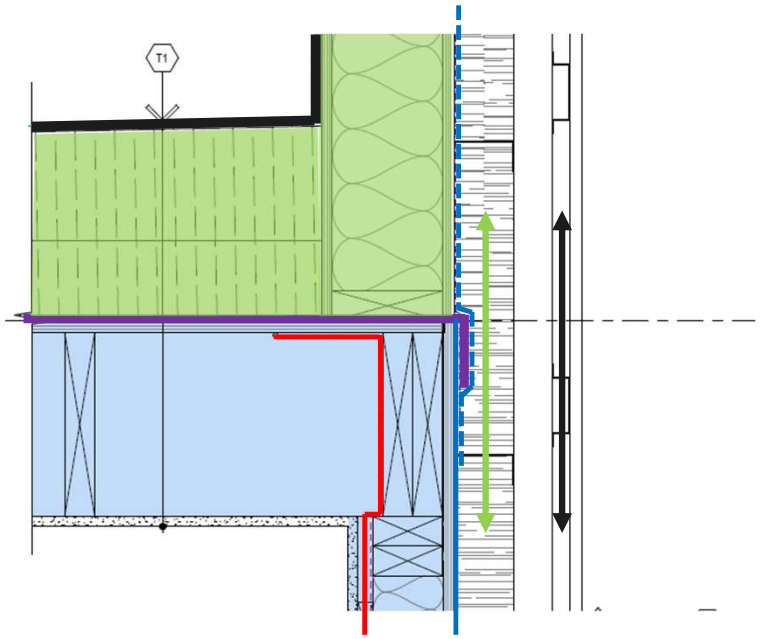
Continuité du pare-vapeur

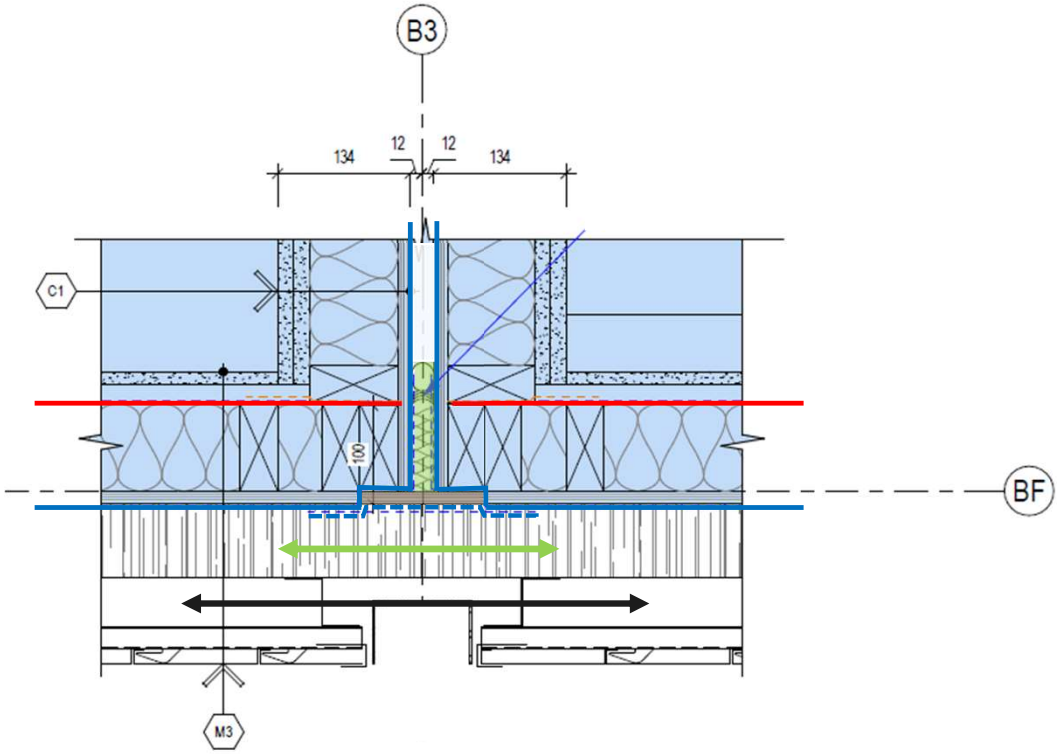
Continuité de la barrière thermique



Crédit : SOKÏO Industrie

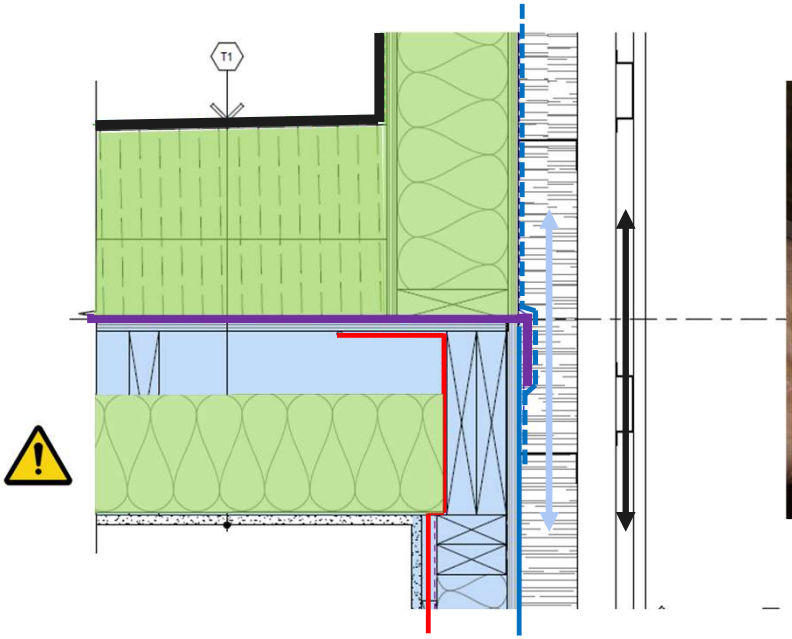
Exemple de bâtiment à l'étude Modules préfabriqués
(charpente non-isolée par l'extérieur)





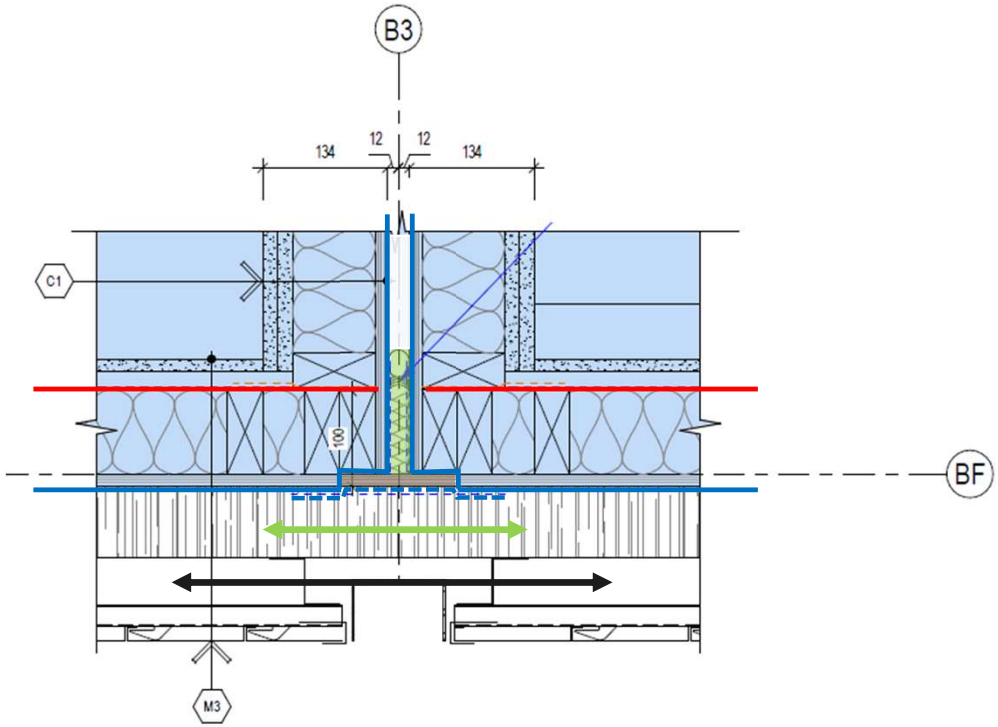
Exemple de bâtiment à l’étude Modules préfabriqués
(charpente non-isolée par l’extérieur)

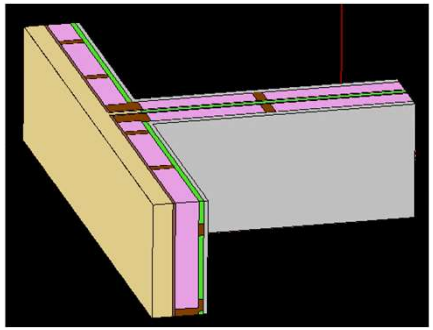


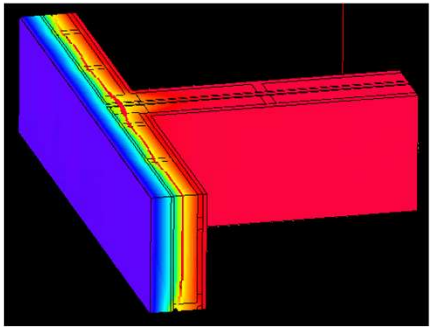


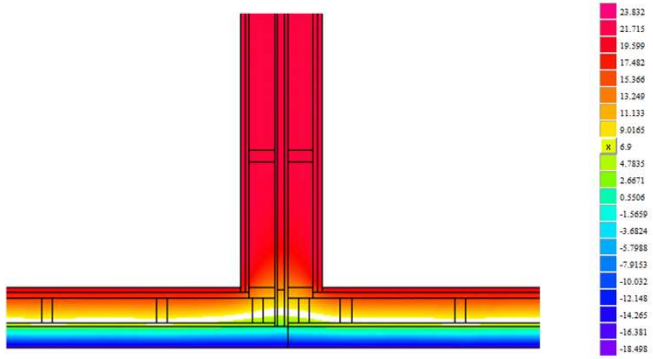


Exemple de bâtiment à l'étude Modules préfabriqués
(charpente non-isolée par l'extérieur)

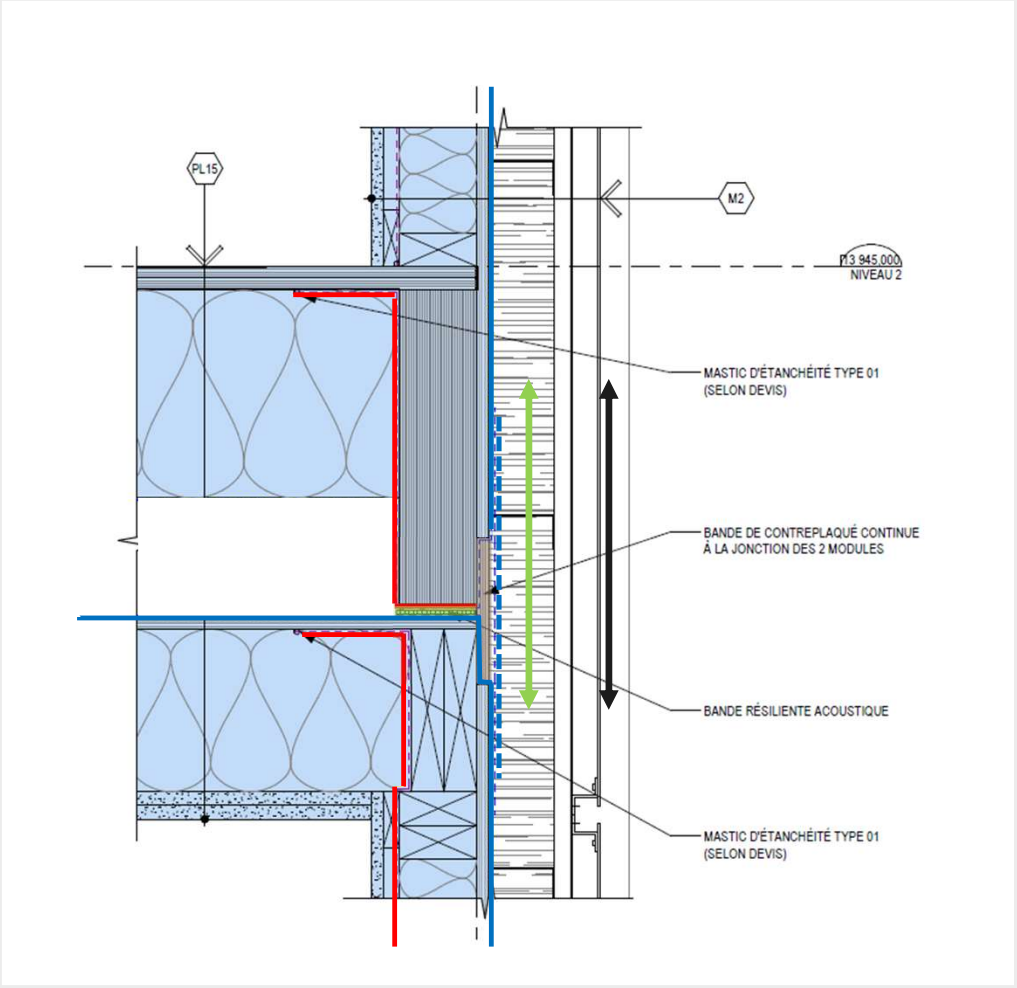




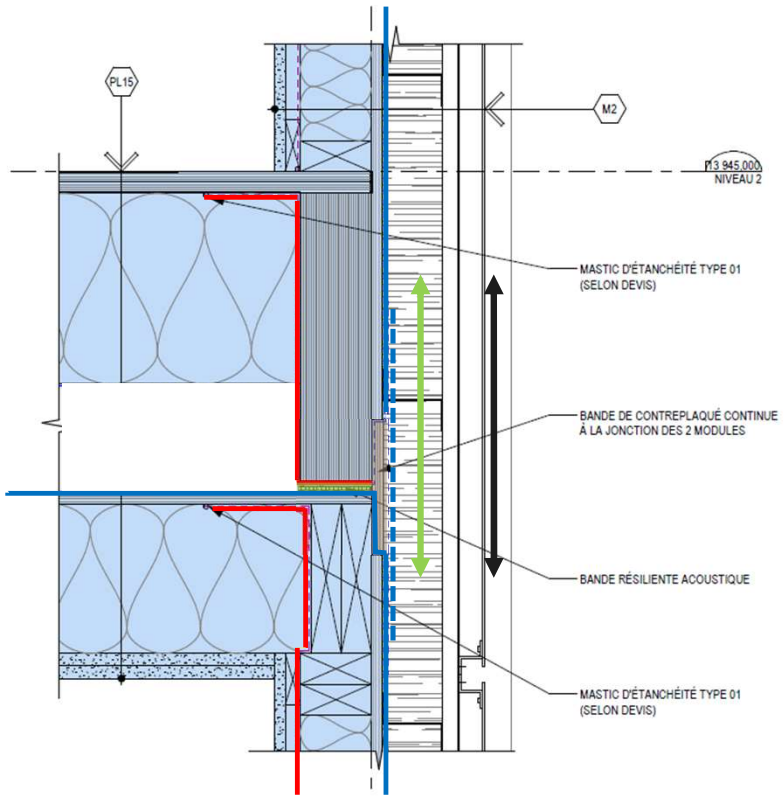




Exemple de bâtiment à l’étude Modules préfabriqués
(charpente non-isolée par l’extérieur)



Exemple de bâtiment à l’étude Modules préfabriqués
(charpente non-isolée par l’extérieur)

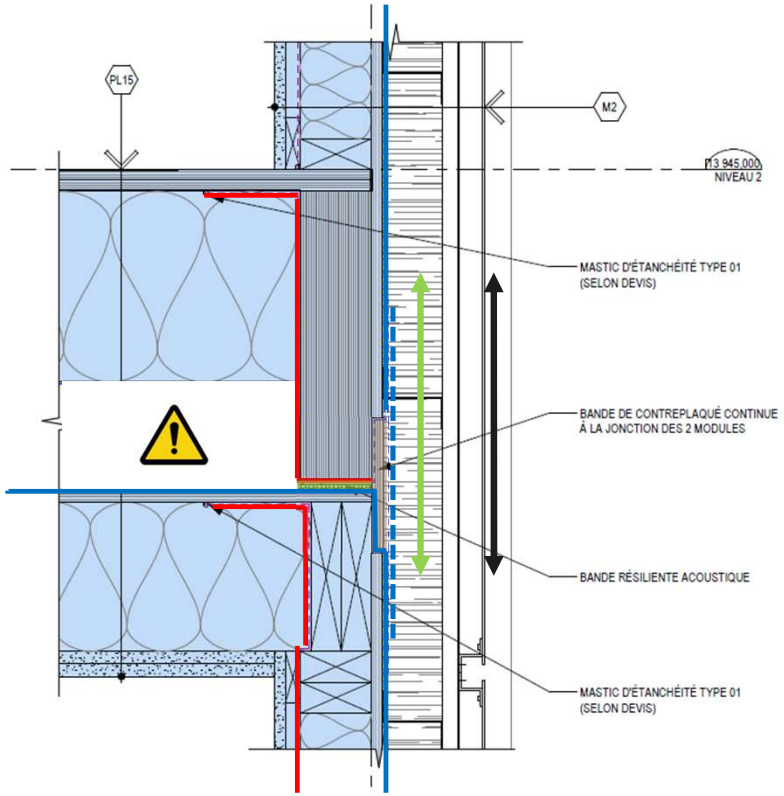


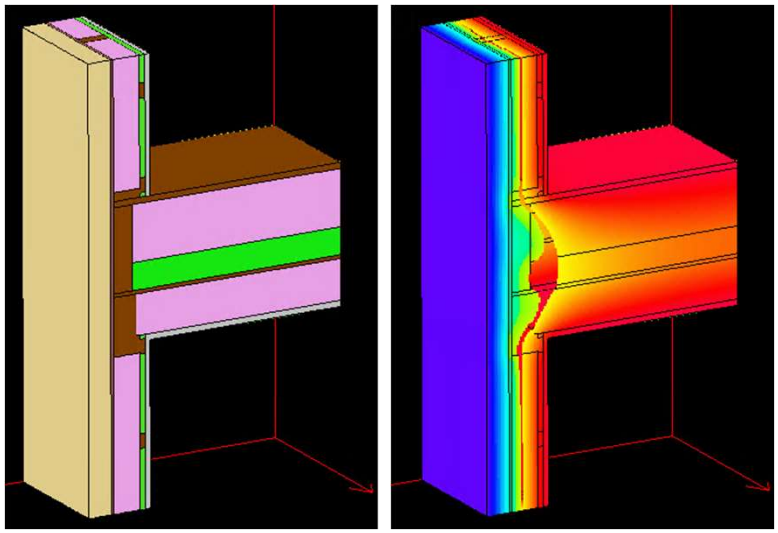
Option avec isolant extérieur et parement installé en usine

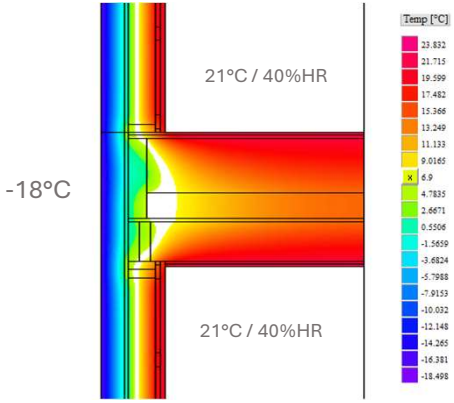


Crédit : RDH Technical Bulletin no.013 Modular Construction for Energy Efficient, Affordable Housing in Canada

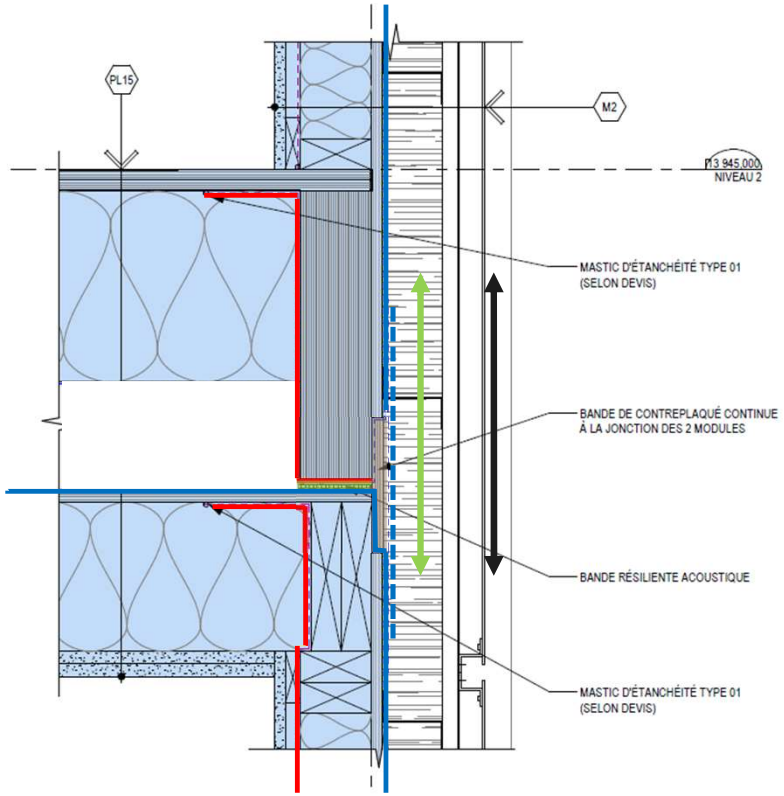
Exemple de bâtiment à l'étude Modules préfabriqués
(charpente non-isolée par l'extérieur)

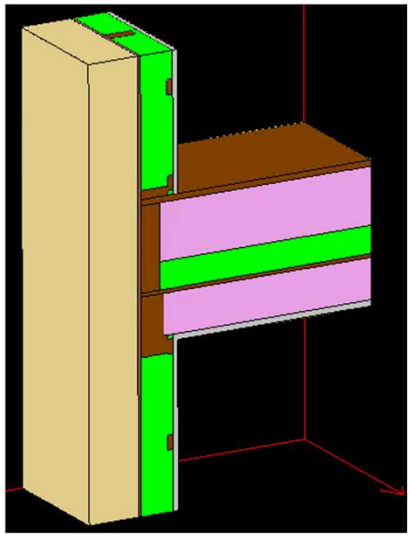


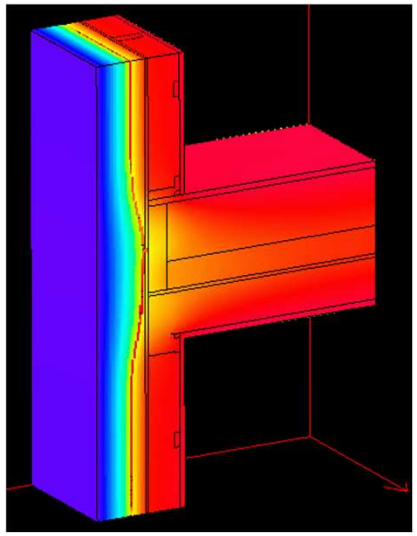


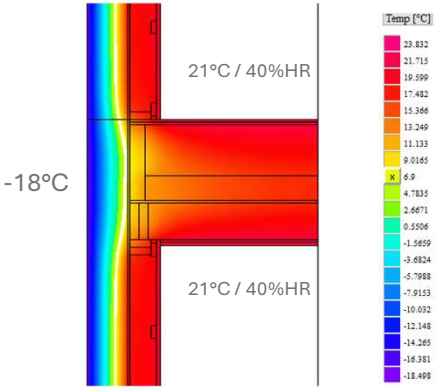


Exemple de bâtiment à l'étude Modules préfabriqués
(charpente non-isolée par l'extérieur)





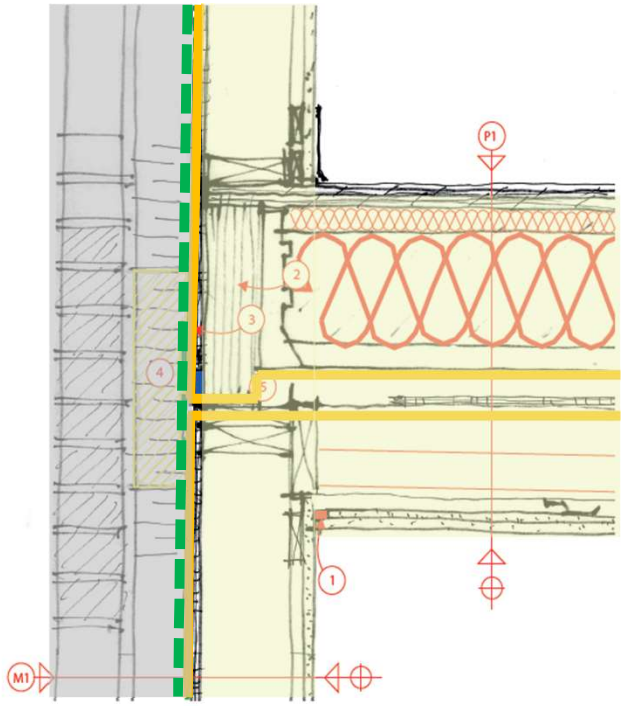




De passer au « perfect-wall » permet de régler le problème

En contrepartie, on perd l'avantage de la préfabrication en usine pour l'installation de l'isolant (si le parement ext. n'est pas inclut)

Exemple de bâtiment à l'étude Modules préfabriqués
(montants non-isolés « perfect wall »)

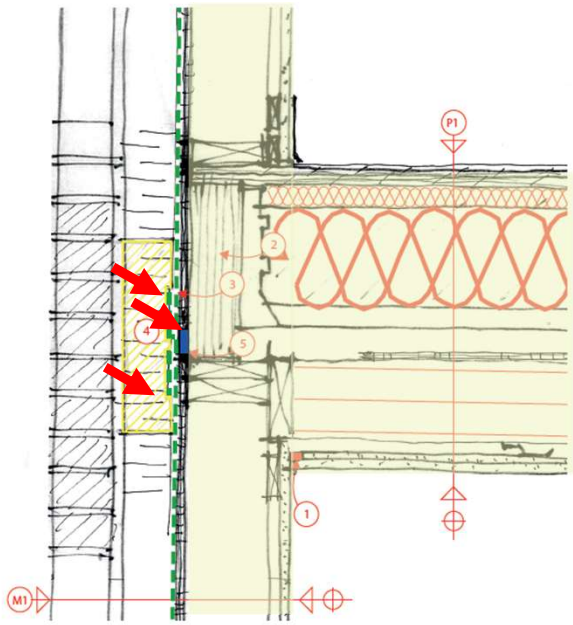


Avantage du perfect wall: Simplification des poses de membrane, le plan de membrane joue le rôle de pare-eau pare-air et pare-vapeur. Pas de chevauchement intérieur du pare-vapeur difficile à réaliser.

M1 Composition Mur type / Maçonnerie
-Briques 90
-Espace d'air 25 mm
-Laine de roche en panneaux 100 mm
-Membrane pare-vapeur autoadhésive
-OSB 10mm (Voir structure)
-Montants de bois 140 mm (Voir structure)
-Fourrure 19 x 64 @ 400 c/c (horizontal)
-Gypse 16 type X (peint)

P1 Composition plancher type
-FIni de plancher
-Contre-plaqué 10mm (vissé/collé)
-Contre-plaqué 16mm bouveté (vissé/c
-Poutrelles en I (Voir structure)
-Membrane pare-air
-Laine de verre 50mm
-Solive 38 x 140mm (Voir structure)
-Laine de roche 150mm
-Barres résilientes RCI @ 600 c/c
-(x2) Gypse 13 type X

Exemple de bâtiment à l'étude Modules préfabriqués
(montants non-isolés « perfect wall »)

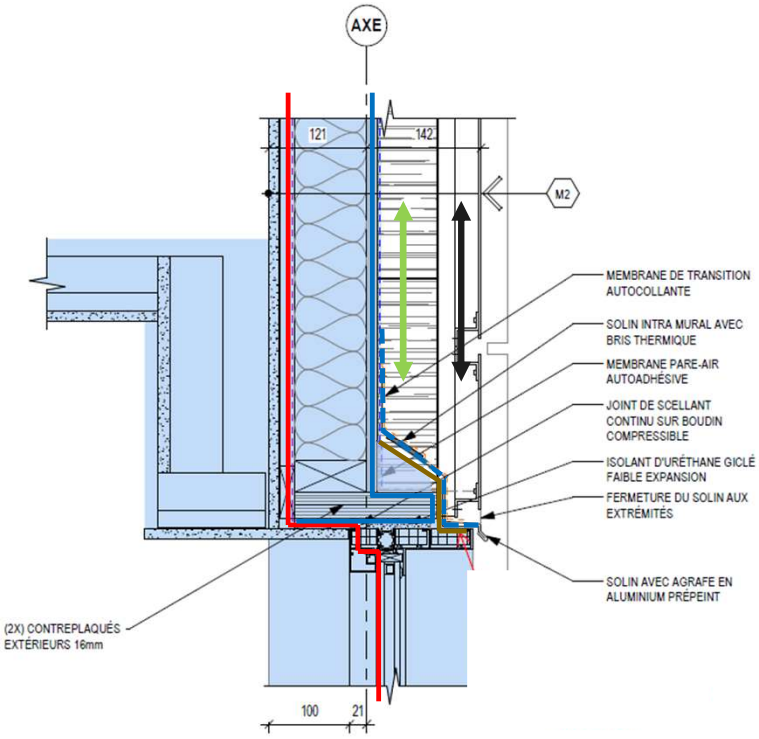


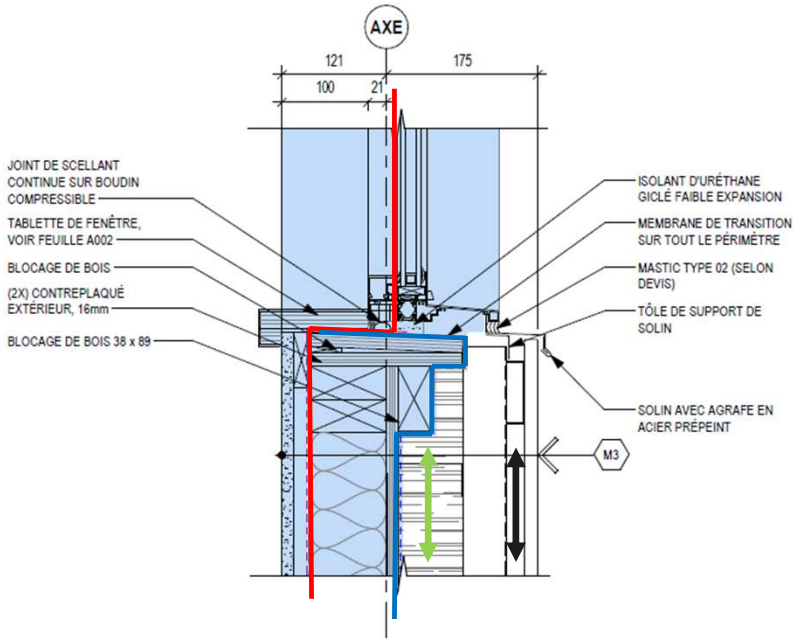
1. Scellant acoustique (premier rang)
2. Poutre de rive (Voir strcuture)
3. Membrane de liaison (chantier)
4. Panneaux de laine de roche (chan-
5. Bande de support (chantier)

M1 Composition Mur type / Maçonnerie
-Briques 90
-Espace d'air 25 mm
-Laine de roche en panneaux 100 mm
-Membrane pare-vapeur autoadhésive
-OSB 10mm (Voir structure)
-Montants de bois 140 mm (Voir structure)
-Fourrure 19 x 64 @ 400 c/c (horizontal)
-Gypse 16 type X (peint)

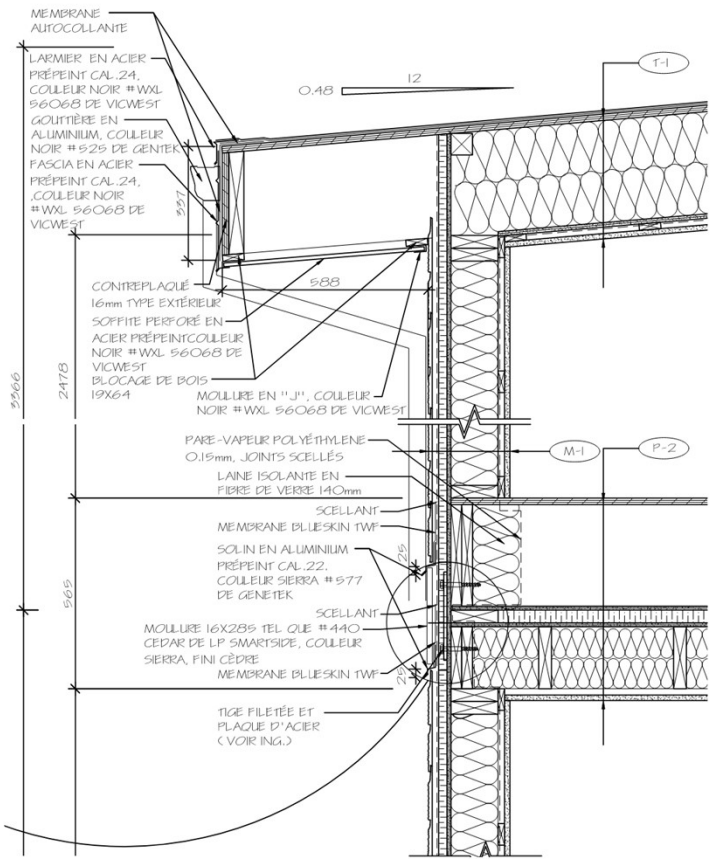
P1 Composition plancher type
-FIni de plancher
-Contre-plaqué 10mm (vissé/collé)
-Contre-plaqué 16mm bouveté (vissé/c
-Poutrelles en I (Voir structure)
-Membrane pare-air
-Laine de verre 50mm
-Solive 38 x 140mm (Voir structure)
-Laine de roche 150mm
-Barres résilientes RCI @ 600 c/c
-(x2) Gypse 13 type X

Exemple de bâtiment à l'étude Modules préfabriqués
(charpente non-isolée par l'extérieur)





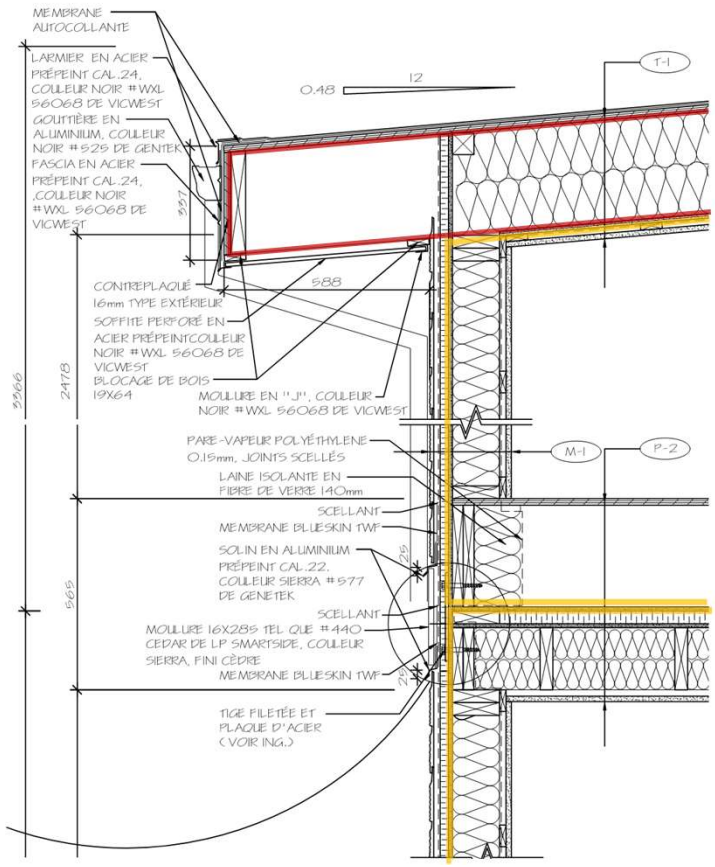
LES FAUSSES « BONNES IDÉES », TOITURE SCELLÉE OSSATURE DE BOIS





Bâtiment résidentiel préfabriqué localisé au nord du 51e parallèle

LES FAUSSES « BONNES IDÉES », TOITURE SCELLÉE OSSATURE DE BOIS



Structure préfabriquée seulement

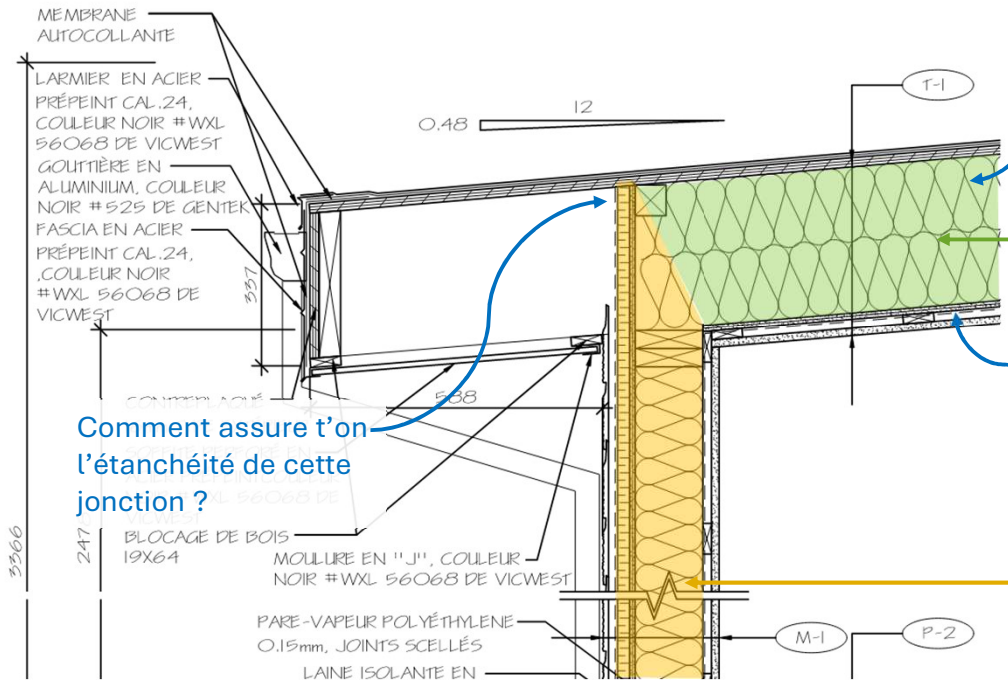
Module du 2e étage

Module du RDC



Bâtiment résidentiel préfabriqué localisé au nord du 51e parallèle

PRINCIPES D'ENVELOPPES INCOMPATIBLES



Comment assure t'on l'étanchéité de cette jonction ?

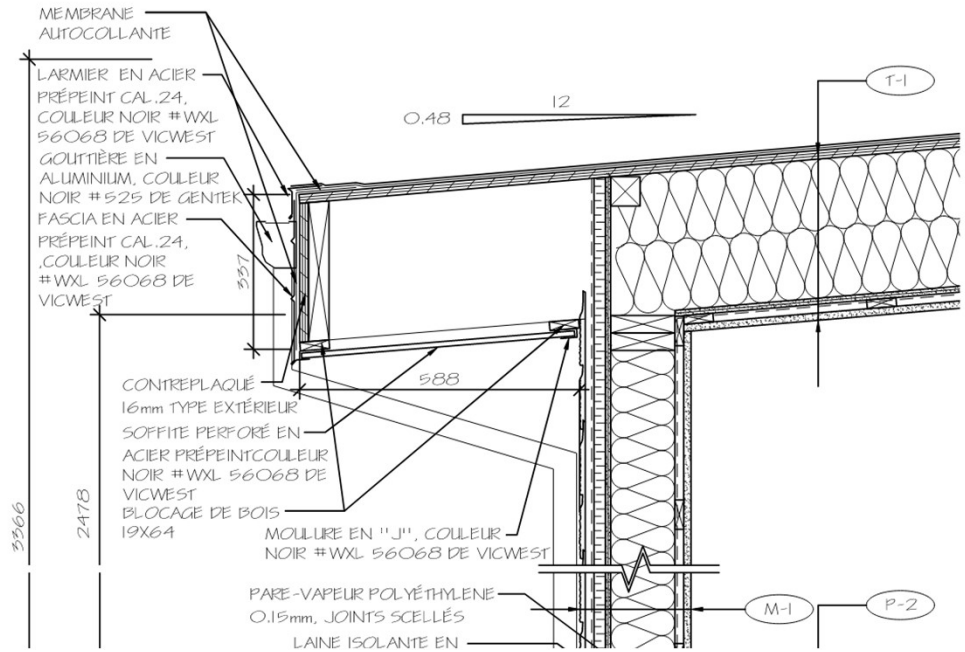
L'isolant en nattes ne comble jamais la totalité de l'espace

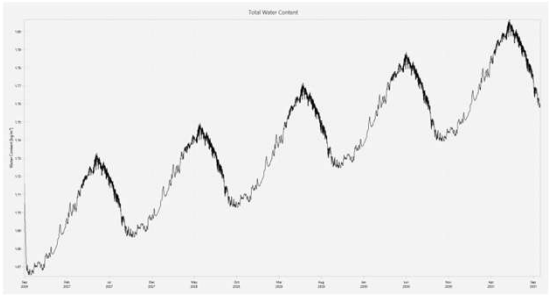
Système de toiture scellée comprenant deux composantes à faible perméance (pare-vapeur à l'intérieur, membrane de bitume élastomère à l'extérieur)

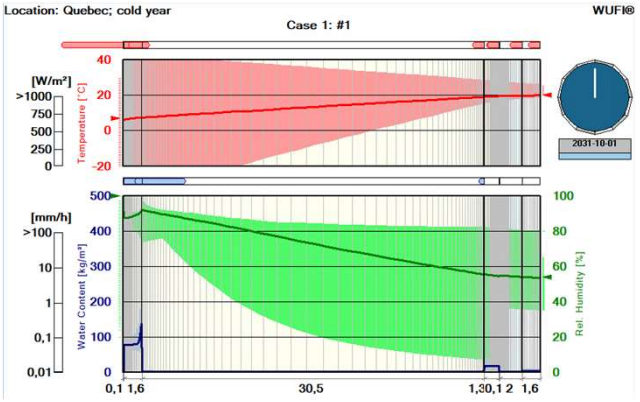
Les multiples percements au plafond seront des points de discontinuités à l'air et à la vapeur d'eau

Système de mur conventionnel comprenant une composante à faible perméance (pare-vapeur à l'intérieur)

PRINCIPES D'ENVELOPPES INCOMPATIBLES







TOITURE SCELLÉE – BÂTIMENT PRÉFABRIQUÉ EN BOIS

Manifestations

- Écoulement d'eau lors de redoux l'hiver

- Murs périphériques au dernier étage

- Murs mitoyens au dernier étage

- Les cernes d'eau apparaissaient aux extrémités non-scellées de la pellicule pare-vapeur

- Odeurs d'humidité





TOITURE SCELLÉE – BÂTIMENT PRÉFABRIQUÉ EN BOIS

Constats

- Cernes d’eau à l’endos du panneau de fibre de bois recouvert d’une pellicule d’aluminium

- Traces noirâtres sur la laine isolant indiquant un mouvement d’air

- Humidité et présence d’eau dans l’assemblage de la toiture





TOITURE SCELLÉE – BÂTIMENT PRÉFABRIQUÉ EN BOIS

Constats

- Présence de givre à l'endos du contreplaqué

- Contreplaqué mouillé

- Surface extérieure de la laine mouillée

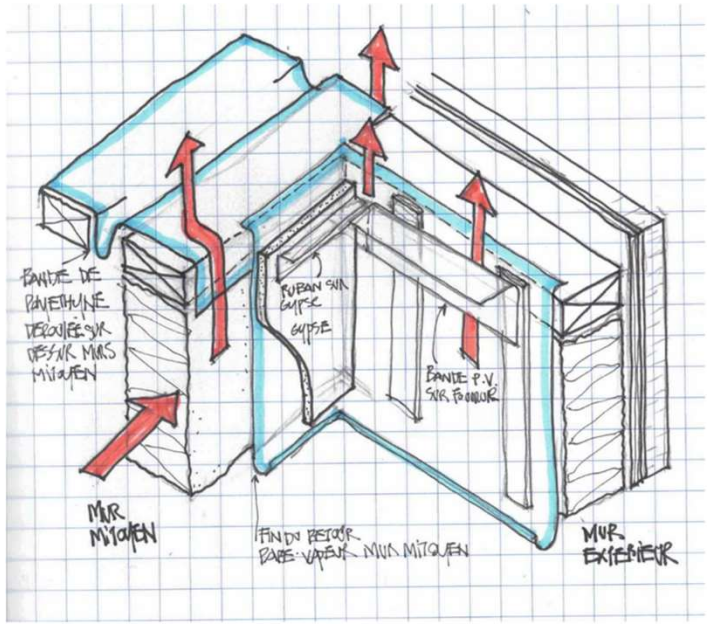




TOITURE SCELLÉE – BÂTIMENT PRÉFABRIQUÉ EN BOIS

- Une jonction en 3D difficile à réaliser

- Le placoplâtre du mur mitoyen (résistance au feu) entrave la continuité du pare-air / pare-vapeur



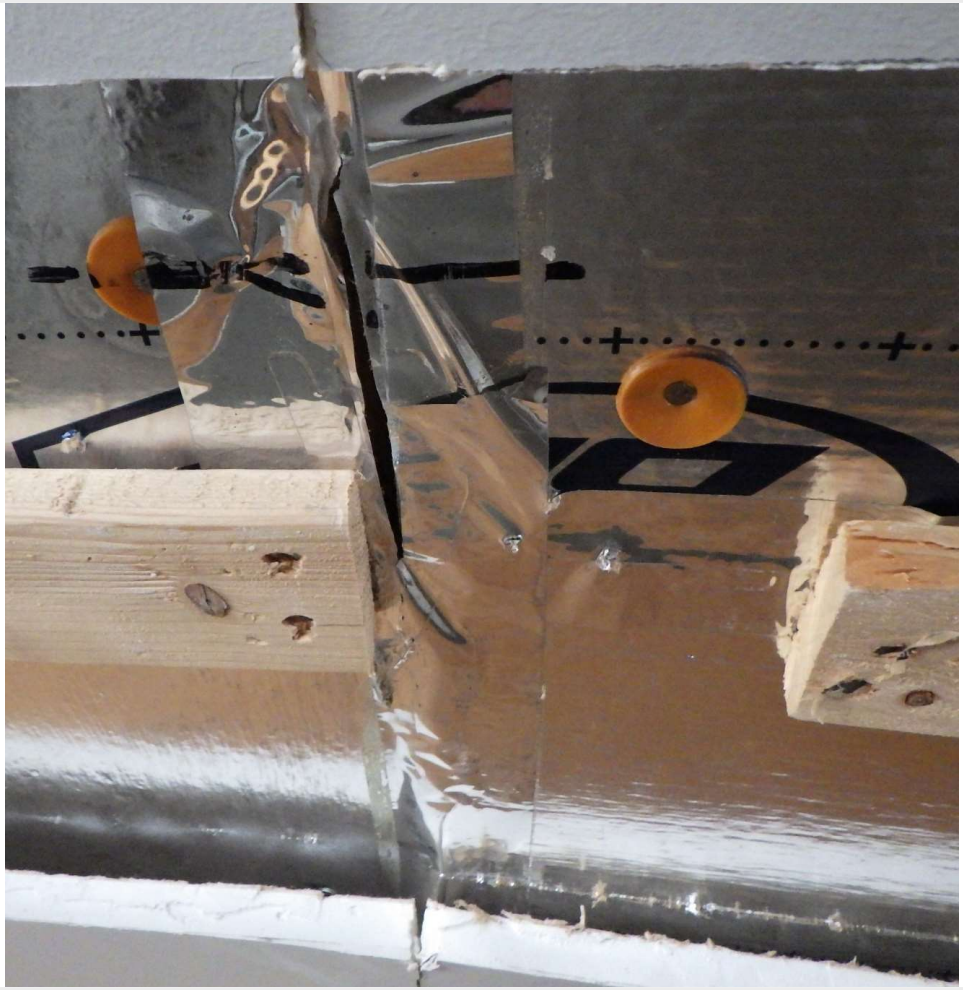
Croquis d'expertises N. Bernier

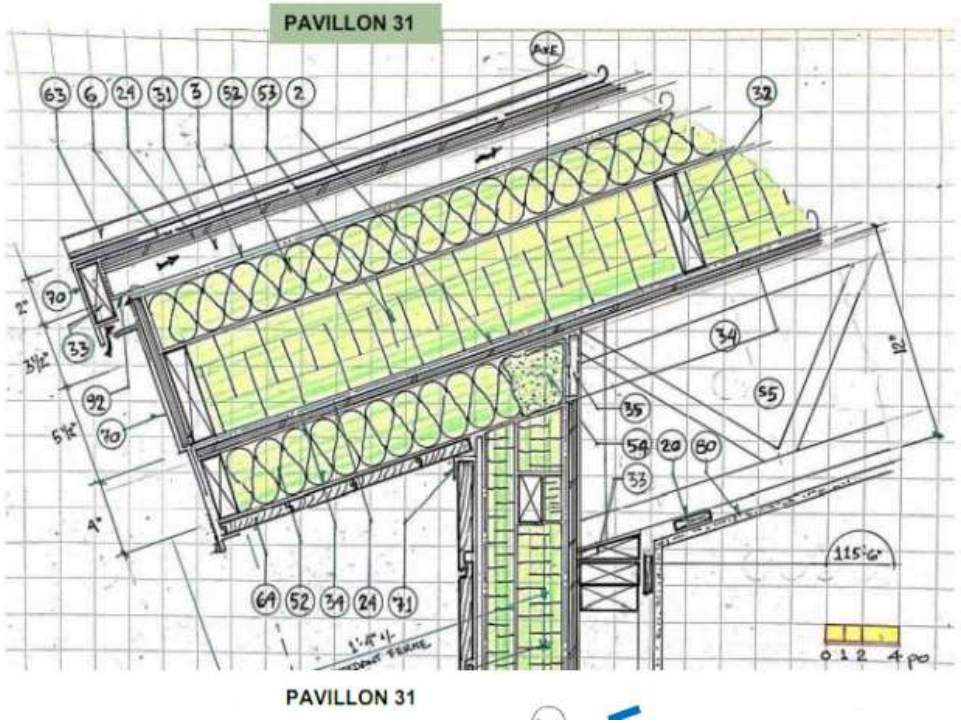




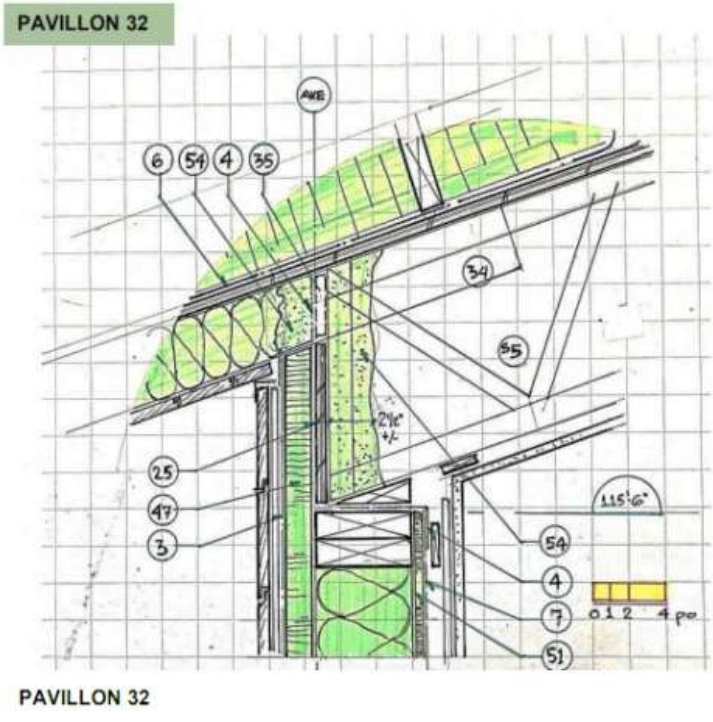

Thermal Insulation Board
CGMC 1344-R
Air Barrier
CGMC 1335-R







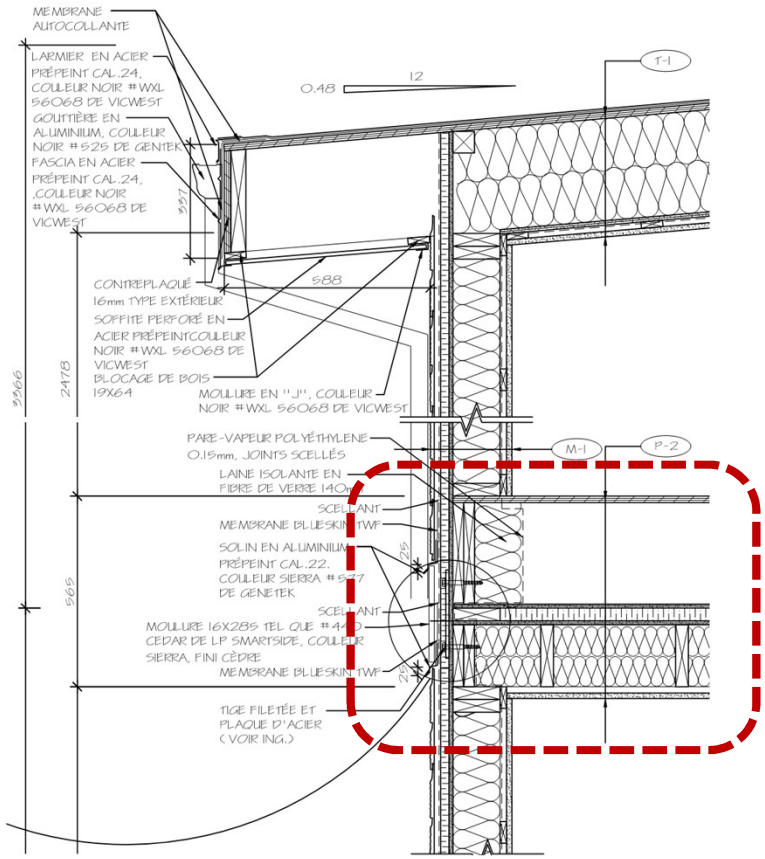
PAVILLON 31



PAVILLON 32

Crédits: Richard Trempe

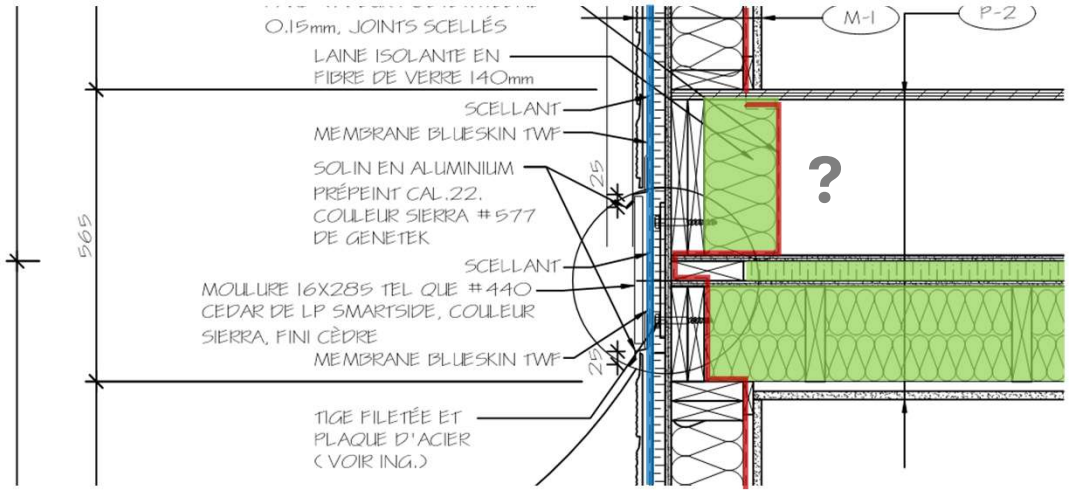
JONCTIONS PLANCHER / PLAFOND PROBLÉMATIQUE

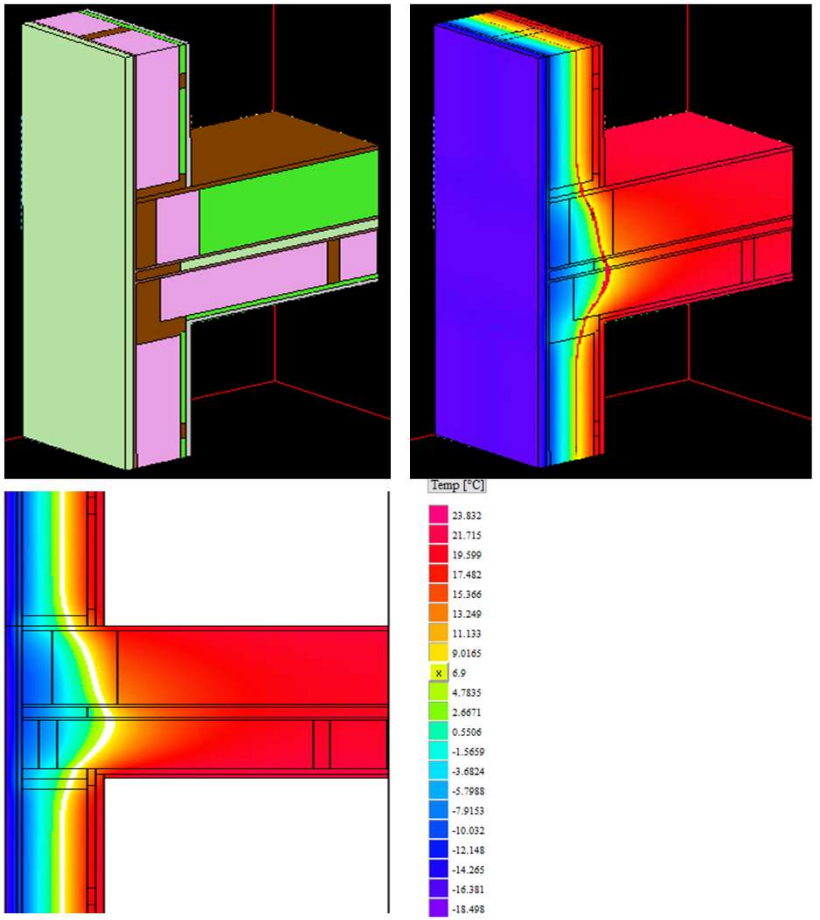




Bâtiment résidentiel préfabriqué localisé au nord du 51e parallèle

JONCTIONS PLANCHER / PLAFOND PROBLÉMATIQUE





CONCLUSION:

La préfabrication modulaire en bois n’est pas une simplification du projet : c’est une élévation du niveau d’exigence.

Elle demande plus d’anticipation, plus de coordination et plus de précision.

Mais lorsqu’elle est pensée dès l’origine, elle devient un puissant levier de qualité, de performance et de cohérence.

Au fond, préfabriquer, c’est accepter que la qualité du bâtiment se joue bien avant le chantier — dans l’intelligence de sa planification et de sa conception.



CONCLUSION:

La préfabrication modulaire en bois n’est pas une simplification du projet : c’est une élévation du niveau d’exigence.

Elle demande plus d’anticipation, plus de coordination et plus de précision.

Mais lorsqu’elle est pensée dès l’origine, elle devient un puissant levier de qualité, de performance et de cohérence.

Au fond, préfabriquer, c’est accepter que la qualité du bâtiment se joue bien avant le chantier — dans l’intelligence de sa planification et de sa conception.

