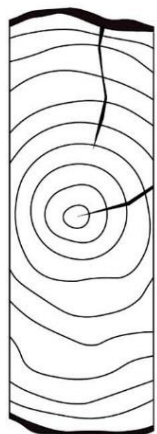


Systeme d'enveloppe du bâtiment préfabriqué en bois



**Lab
Interfaces
Bois**

Recherche et
développement
sur la
construction en
bois au Québec

CHAIRE
FAYOLLE-MAGIL
CONSTRUCTION



Université 
de Montréal

**Ressources naturelles
et Forêts**

Québec 

Fadila El Kadiri

Laëtitia Sarikey

Nicole Khoury

William Hubert

Avec la participation de

Louis Carignan

Contexte

Objectifs:

Objectif spécifique du projet de R&D

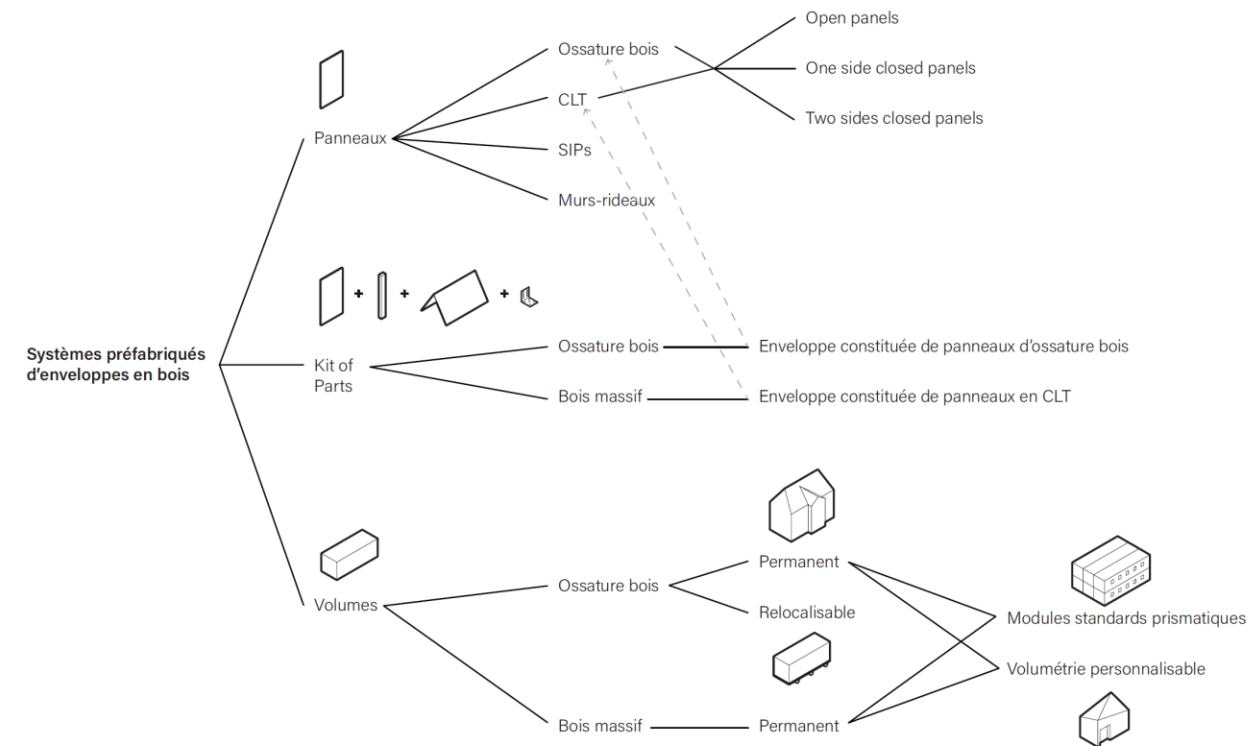
Concevoir un **système d'enveloppe** de bâtiment **modulaire et préfabriqué en bois** de type panneau fermé deux faces ou de type SIP (Structural Insulated Panel). Ce système devra intégrer les sous-systèmes incorporés à l'enveloppe (ex : isolation et étanchéité, fenêtres, électricité), devra être **performant du point de vue énergétique** (autant en termes d'émissions de carbone intrinsèque que d'opération) et devra être adapté au climat québécois. Il s'agira d'un produit de qualité architecturale, offrant le maximum de **flexibilité en termes de design**.

Rapport préliminaire :

Enveloppes préfabriquées en bois au Québec et dans le monde
Par Justine Binet, 2024

Les différents systèmes

VUE D'ENSEMBLE



	Ossature bois	Bois massif
Panneaux	- Ouverts - Fermés d'un côté - Fermés des deux côtés - SIPs - Murs rideaux	- Ouverts - Fermés d'un côté - Fermés des deux côtés
Volumes	- Standard prismatique - Personnalisable	- Standard prismatique - Personnalisable

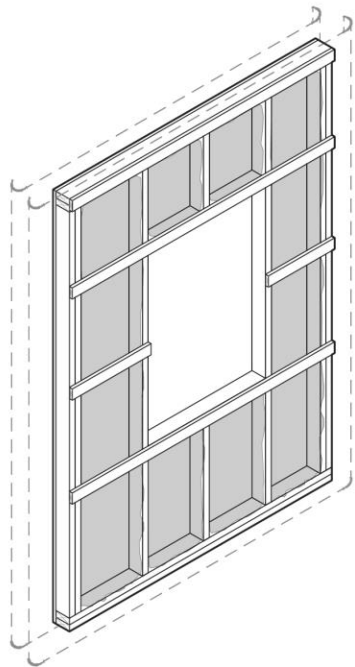
Légende

- Existe sur le marché Québécois en abondance
- Existe sur le marché Québécois de façon marginale
- N'existe pas sur le marché Québécois, mais existe ailleurs

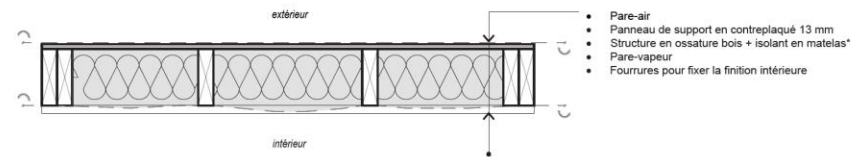
(c) Justine Binet

PANNEAUX À OSSATURE LÉGÈRE EN BOIS

FONCTIONNEMENT



Axonométrie d'un panneau typique



Coupe d'un panneau typique de type «one side closed panel»



Avantages

- Abordable;
- Local;
- Peu de volume de bois utilisé;
- Installation connue des entrepreneurs;

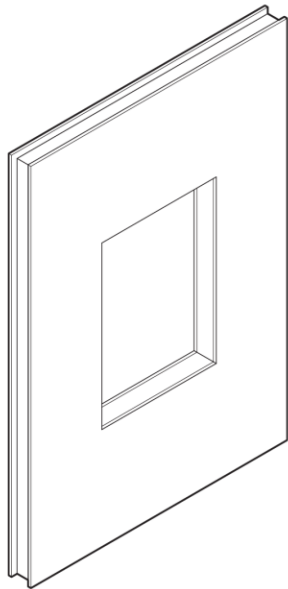


Inconvénients

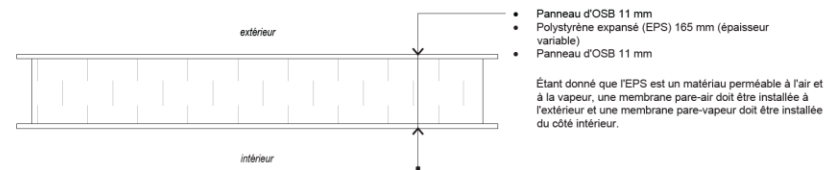
- Peu innovant;
- Les panneaux ouverts (le plus commun au Canada) ne comprennent pas beaucoup d'éléments du système d'enveloppe;

PANNEAUX SIPs

FONCTIONNEMENT



Axonométrie d'un panneau typique



Coupe d'un panneau typique



Avantages

- Abordable;
- Facile à assembler;

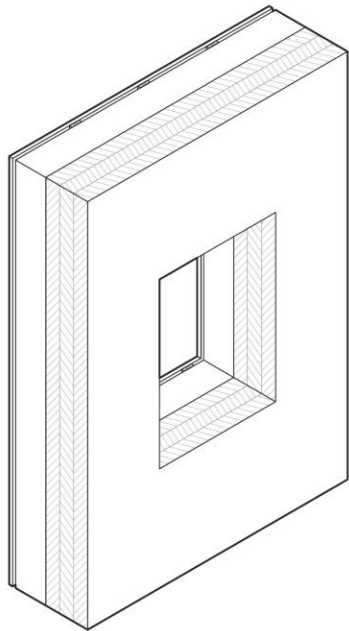


Inconvénients

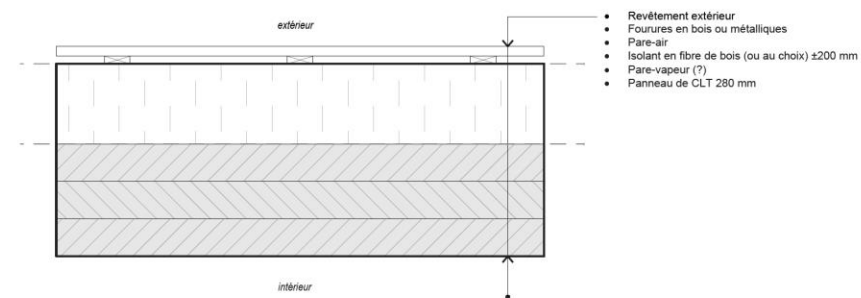
- Peu innovant;
- Ne comprend pas beaucoup d'éléments du système d'enveloppe;
- Peu durable dans le temps;
- L'EPS n'est pas un produit écologique.

PANNEAUX EN CLT

FONCTIONNEMENT



Axonométrie d'un panneau typique



* Plusieurs autres configurations sont possibles, voici deux configurations fréquemment utilisées

Coupe d'un panneau typique



Avantages

- Lorsque permis, offre une finition intérieure intéressante;



Inconvénients

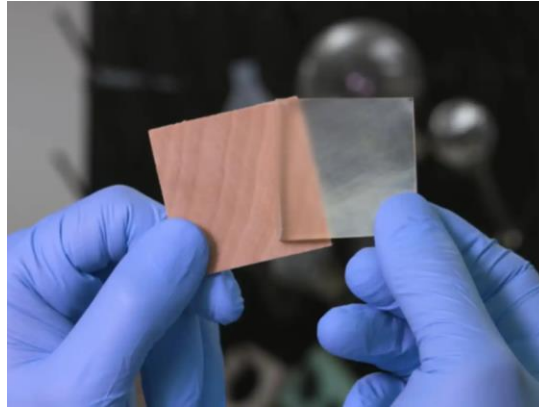
- Dispendieux;
- Utilise beaucoup de volume de bois;
- N'est pas permis en toute circonstance comme finition intérieure selon le CNB;
- Les panneaux en CLT avec isolant et couche de finition ne sont pas encore disponibles facilement au Canada;
- Connaissances manquantes chez les professionnels et dans le milieu de la construction au Québec.

Références et précédents inspirants

Différentes innovations



Mycélium



Bois transparent



Isolation en paille



Béton de chanvre



Panneaux photovoltaïques



3D Biohome

Préfabrication



Crac Building

Réutilisation

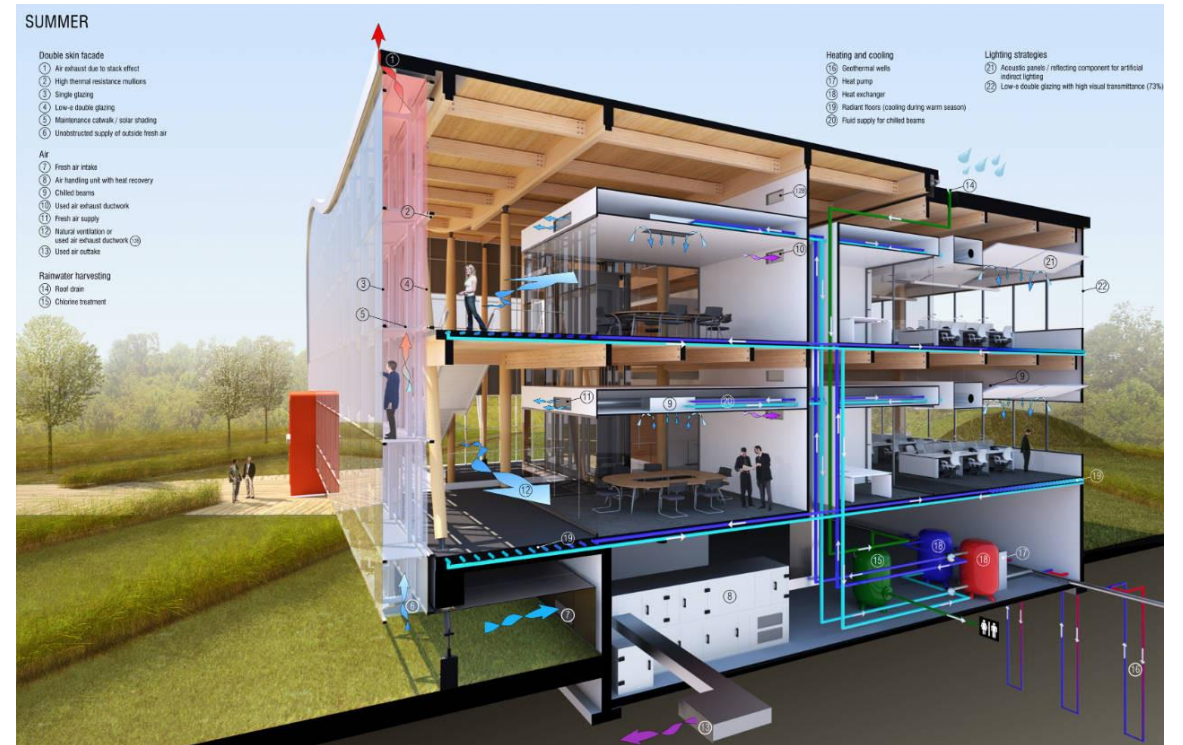


Circlewood Consortium, Amsterdam

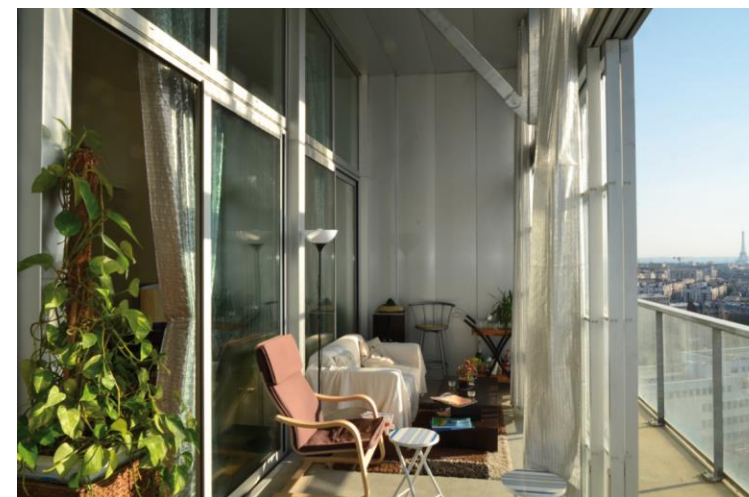
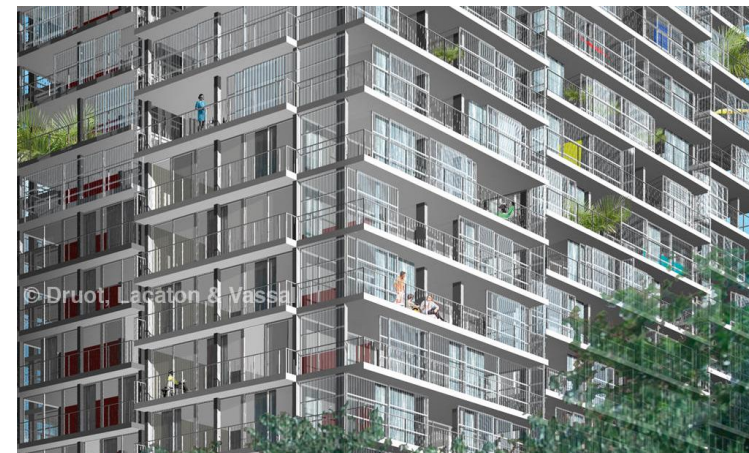
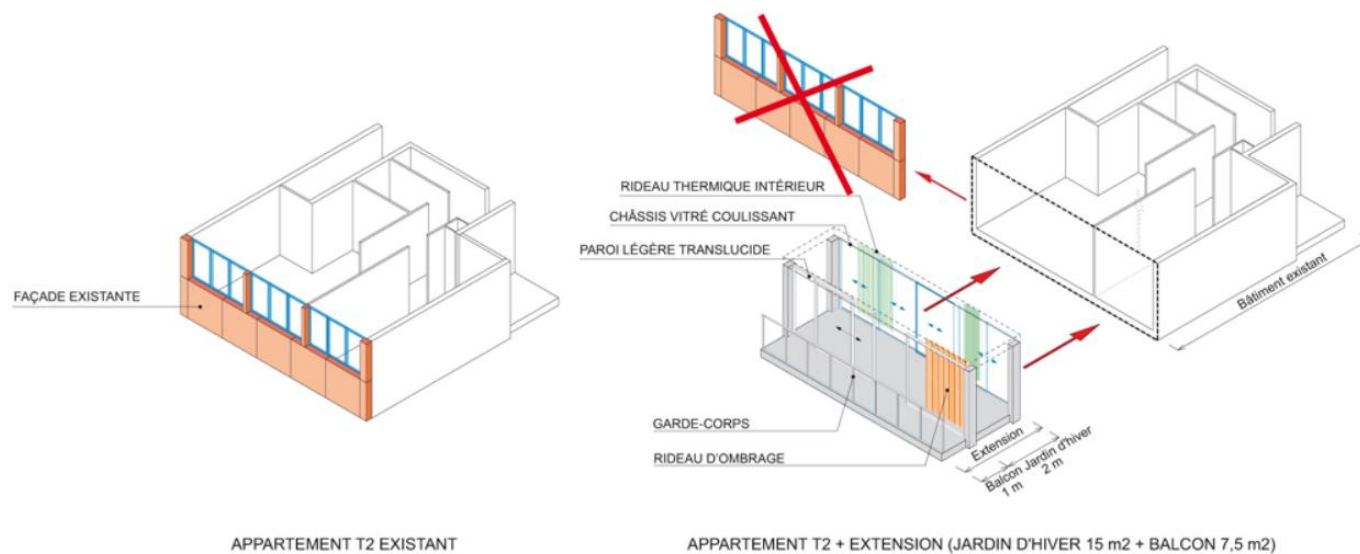
Édifice GlaxoSmithKline



Coupe bioclimatique



Tour Bois-le-Prêtre – Paris



KalWall

- Translucide mais non transparent
- Isolant thermique
- Léger et autoportant
- Résistance et sécurité
- Durabilité
- Options personnalisables



Cadre conceptuel

Matrice des critères
d'analyses
préliminaires pris en
compte

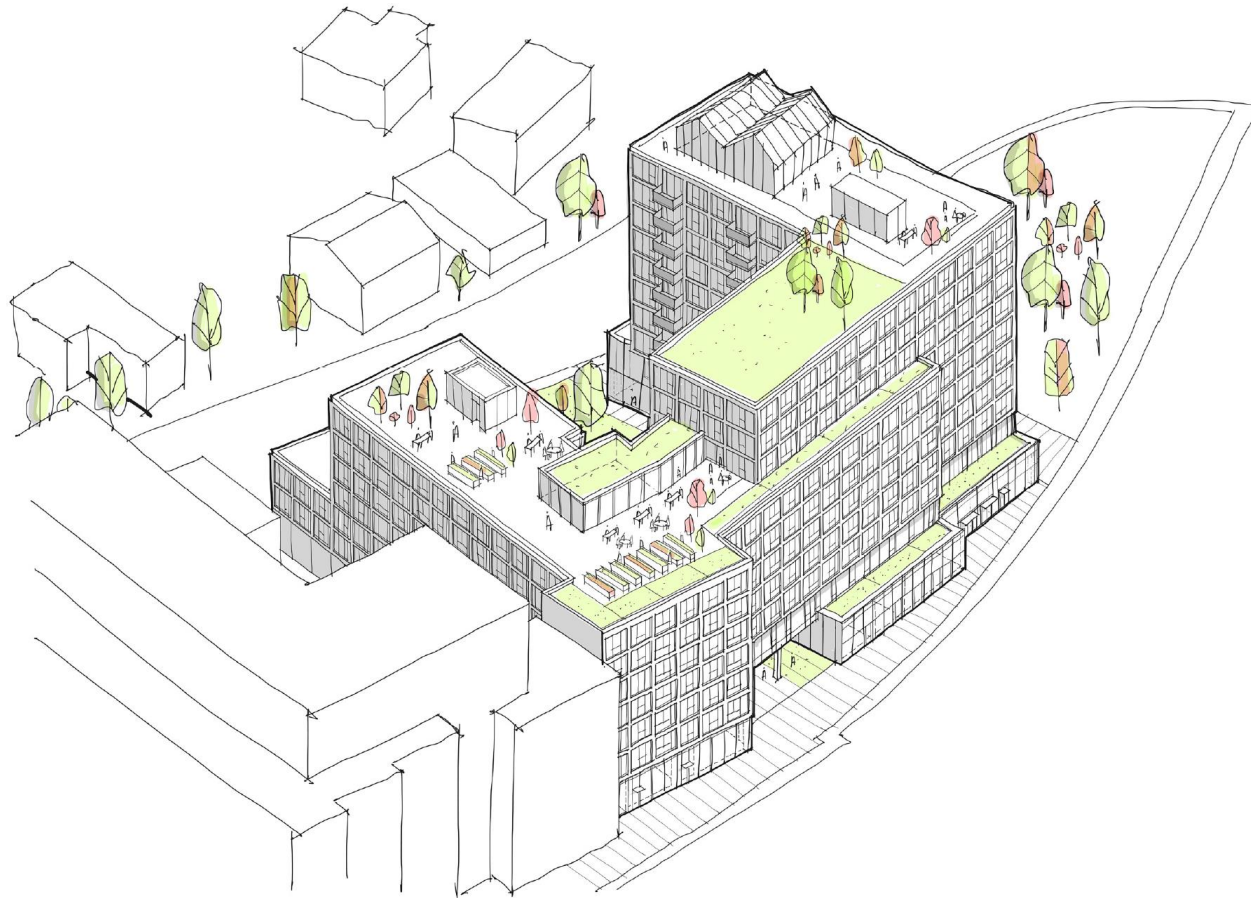
CRITÈRES D'ANALYSE Note : un point désigne un élément à réfléchir, qui sera éventuellement considéré ou non dans le développement du système	ÉLÉMENTS CONSTRUCTIFS						
	LE SYSTEME	LES COMPOSANTES					
		Structure et matériaux de charpente	Parois extérieures	Parois intérieures	Plans d'étanchéité EAU-AIR-HUMIDITÉ	Isolation thermique	Jonctions
CRITÈRES DE DÉVELOPPEMENT							
Conception adaptée à une production en usine et un assemblage rapide sur le site	•	•	•	•	•	•	•
Dimension et poids des assemblages tenant compte du transport	•	•	•	•			
Utilisation de composantes en bois lamellé collé ou CLT	•	•	•	•			
Matériaux biosourcés		•	•	•		•	
Proximité d'approvisionnement		500 km max	•	•	•	•	
Essences locales de bois	•	•	•	•			
CRITÈRES DE PERFORMANCE NORMÉS							
Résilience de l'enveloppe aux conditions climatiques, en surpassant les normes minimales actuelles	•	•	•		•	•	•
Certificats environnementaux FSC bois		•	•	•			
Isolation thermique Novoclimat 2.0	•					•	
Étanchéité à l'air du système < 0,2 l / s•m² à 75Pa	•				•		•
Résistance au feu selon Code de construction et guides de la RBQ (2013/2022) en fonction du nombre d'étages	•	•	•	•	•	•	•
Acoustique selon Code de construction	•	•	•	•		•	
Contrôle sismique selon Code de construction	•	•	•	•			
CRITÈRES DE PERFORMANCE À VALEUR AJOUTÉE							
Intégration de stratégies pour surpasser le cycle de vie reconnu de 60 ans (norme volontaire CSA S478)	•	•	•	•	•	•	•
Développement de détails simples et rapides d'exécution	•				•		•
Possibilité de démontage et de réutilisation	•						
Possibilité de déconstruction et de réutilisation des matériaux (économie circulaire)		•	•	•		•	
Utilisation de matériaux faibles en COV (qualité de l'air et bien-être)		•	•	•	•	•	
Matériaux favorisant le bien-être			•	•		•	
Limitation de l'entretien, facilité d'accès et séquençage tenu en compte pour le remplacement des parties de l'enveloppe à plus courte durée de vie (CSA S478)			•				•
Empreinte carbone minimisée, confirmée par ACV	•	•	•	•	•	•	•
Orientation solaire optimisant les gains	•		•				
Ensoleillement et ventilation naturelle	•		•				
Contribution énergétique (active) des parois (photovoltaïque ou changement de phase)			•	•			
Usage minimal de l'énergie pour le chauffage, la ventilation et la climatisation	•		•	•	•	•	•
Matériaux utilisés favorisant le stockage de la chaleur (inertie thermique forte) pour éviter surchauffe (ext) et optimiser le gain en conditions ambiante intérieure	•	•	•	•		•	
Bois traité écologiquement		•	•	•			
Continuité des barrières pare-air et pare-eau en tous points avec matériaux compatibles			•		•		•
Recouvrement complet des ponts thermique		•				•	•
Pare-air structuralement bien positionné pour contrer les charges du vent					•		•
Plans d'étanchéité et matériaux avec perméances à la vapeur d'eau favorisant la régulation (système perspirant)	•	•	•	•	•	•	
Esthétique		•	•	•			

Préparé par Richard Trempe le 25 mars 2025

Critères de conceptions

- **Écologie** : réduire l'empreinte carbone par l'utilisation de produits biosourcés.
- **Efficacité** : optimiser le chantier par la préfabrication.
- **Viabilité** : être répliquable à l'échelle de plusieurs bâtiments.
- **Adaptabilité** : offrir une certaine modularité d'usages.
- **Approche systémique** : s'intégrer dans une approche du bâtiment comme système.

Bâtiment d'arrimage – Le village vert



VILLAGE URBAIN



sidlee architecture

PELLAND LEBLANC ARCHITECTES GENC
75 QUEEN, #1400, MONTRÉAL, QC H3G 2N8
T 514 282 0834 F 514 284 5593
SIDLEEARCHITECTURE.com



latéral.

... ingénieurs en structure
6610 RUE HUTCHISON #120
OUTREMONT QC, H2C 4E1
T. 514 290 7777 | LATERALCONSEIL.com



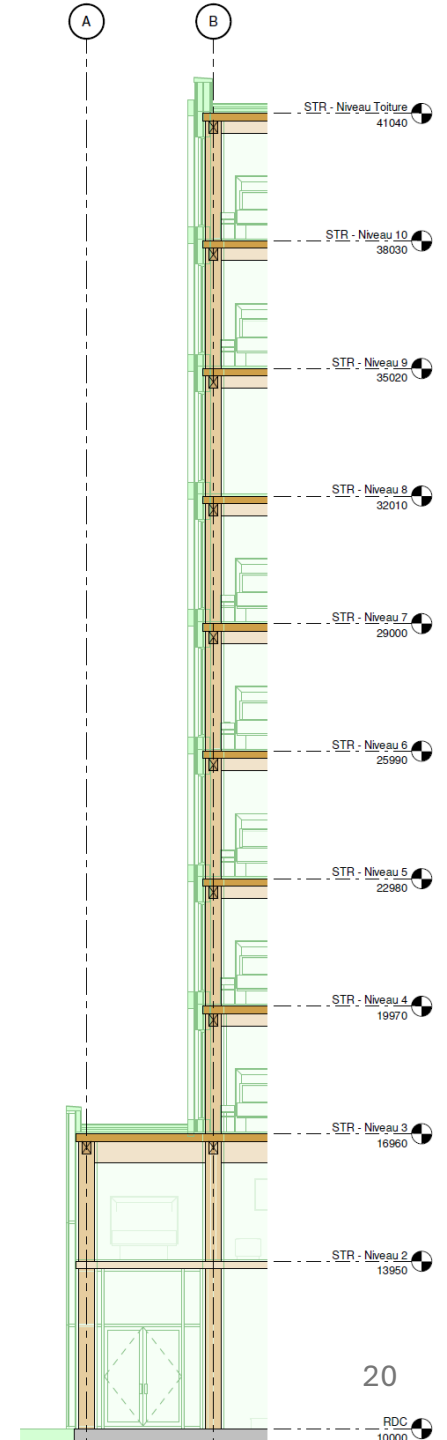
255, BOUL CRÉMAZIE EST, 9E ÉTAGE,
MONTRÉAL, QC, H2M 1L5
514 384 4222



259 CHEMIN DE LA GRANDE-CÔTE
ROSEMÈRE QC, J7A 1J2
T. 450 965 8857 | LEM.QC.CA

Bâtiment d'arrimage – Le village vert

- Logements à vocation social (cohabitat)
- 10 étages
- Structure en gros bois d'œuvre
- Situé à Laval



Contraintes législatives

Bâtiments de construction massive en bois encapsulé d'au plus 12 étages.

- 1.1. Conditions de base : tableau des dimensions minimales
- 1.5. Bois apparent
- 1.7. Vides techniques verticaux et cages d'escalier
- 1.9. Éléments combustibles permis
- 1.11. Séparation des milieux différents

Règlementation sur les balcons de la ville de Laval.

Le CNEB

Normes de transport au Québec

Dimensions maximales autorisées (transport régulier)

- **Largeur maximale : 2,6 m** (sans permis spécial)
- **Hauteur maximale : 4,15 m** depuis le sol
- **Longueur du chargement pour une remorque surbaissée** : jusqu'à 12–16 m sans permis spécial

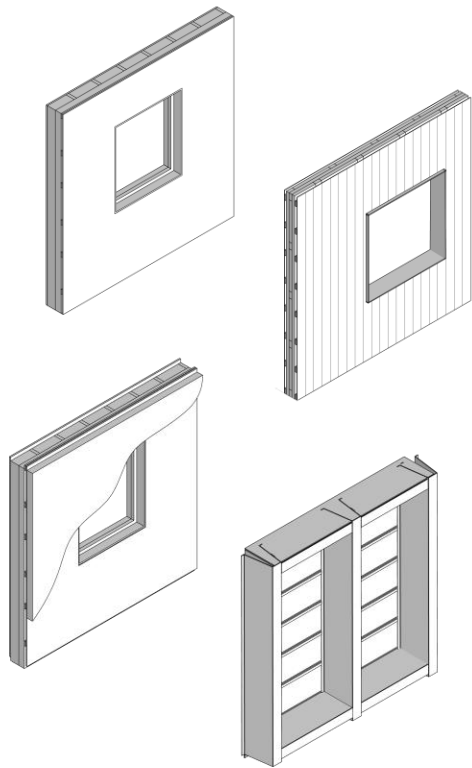
Documentation utile

- Code de la sécurité routière chapitre C-24.2
- GUIDE DES NORMES de charges et dimensions des véhicules routiers

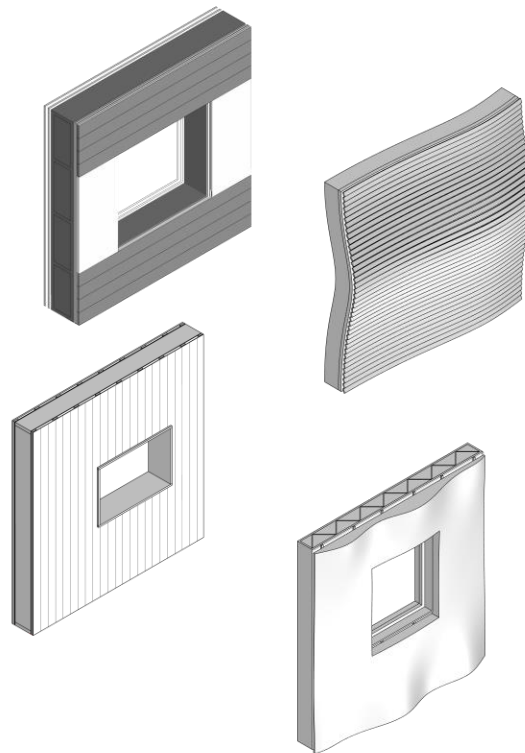
Proposition intermédiaire

Proposition générale

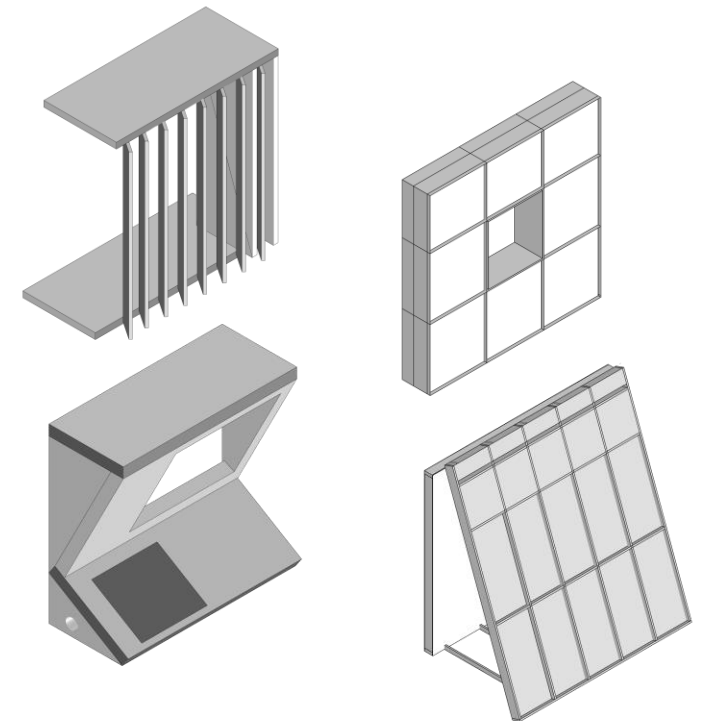
Panneaux avec ossature



Panneaux SIP



Panneaux volumétriques



Éléments à retenir

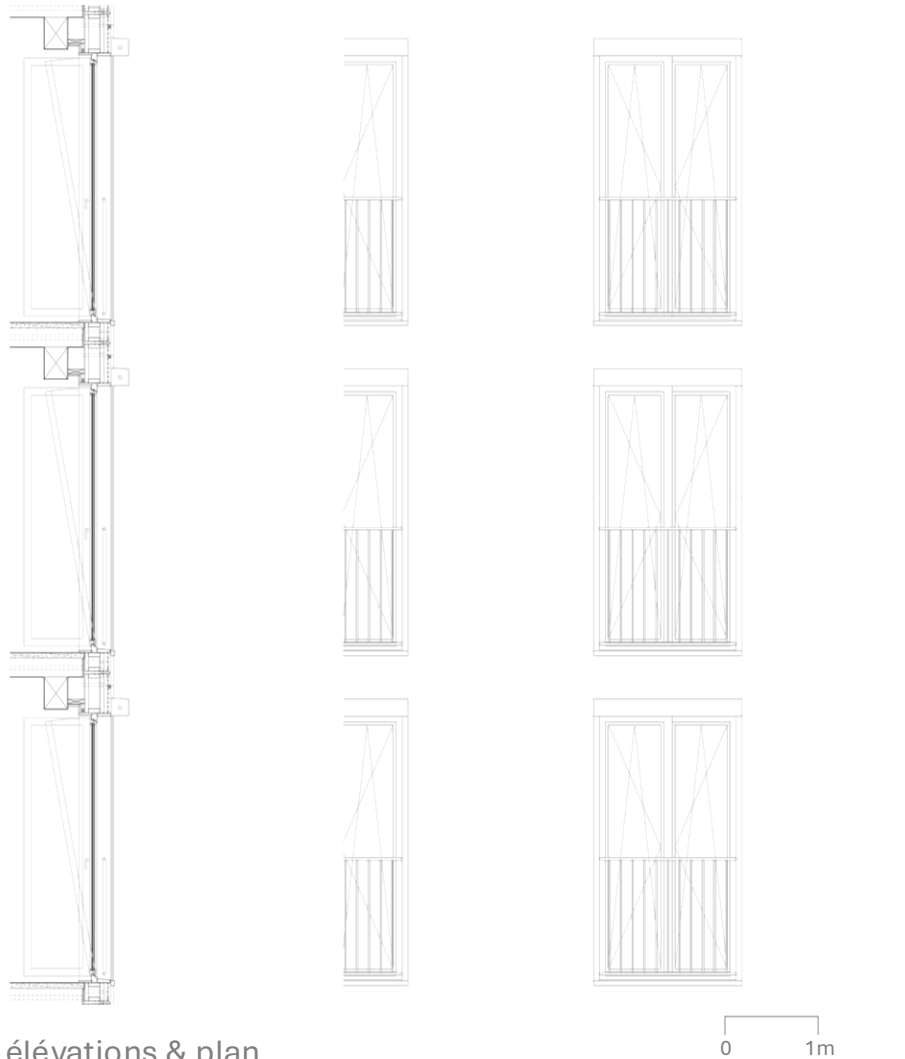
- Façade volumétrique
- Répétition et modularité
- Orientation par rapport au soleil
- Flexibilité saisonnière
- Recyclage / démontage



Proposition Finale

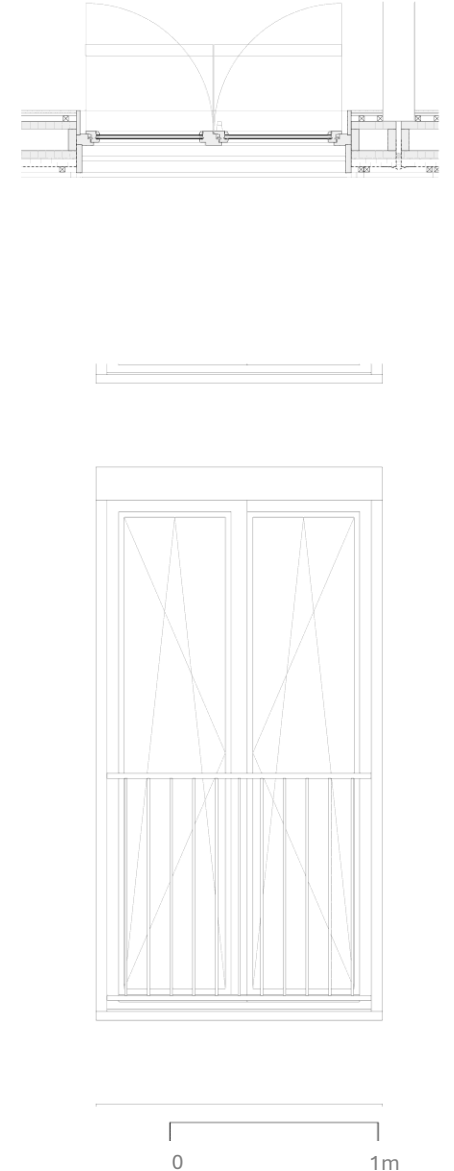
Fadila Kadiri, Laetitia Sarikey, Nicole Khoury, William Hubert

Panneau A – Mur simple

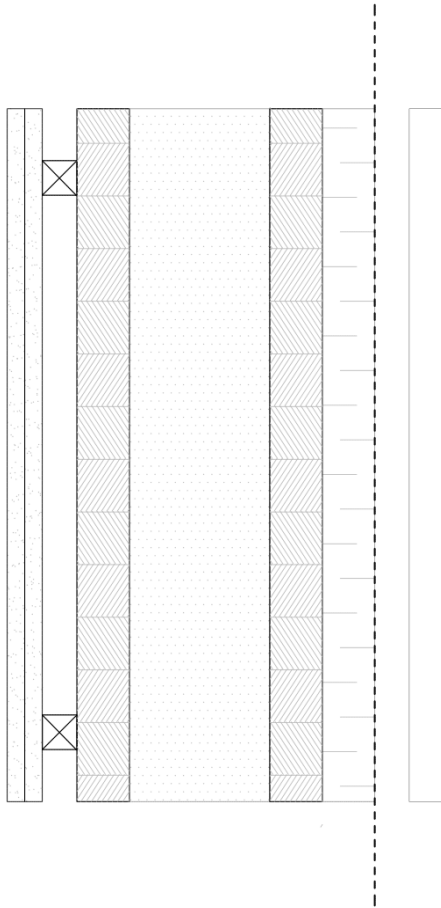


Coupes, élévations & plan

Fadila Kadiri, Laetitia Sarikey, Nicole Khoury, William Hubert



Panneau A – Mur simple



Composition mur

Parement*

Fourrures – 25 mm

Membrane pare-air

Isolant fibre de bois (SONOclimat ECO4 R2,7) – 38mm

Platelage – 38mm

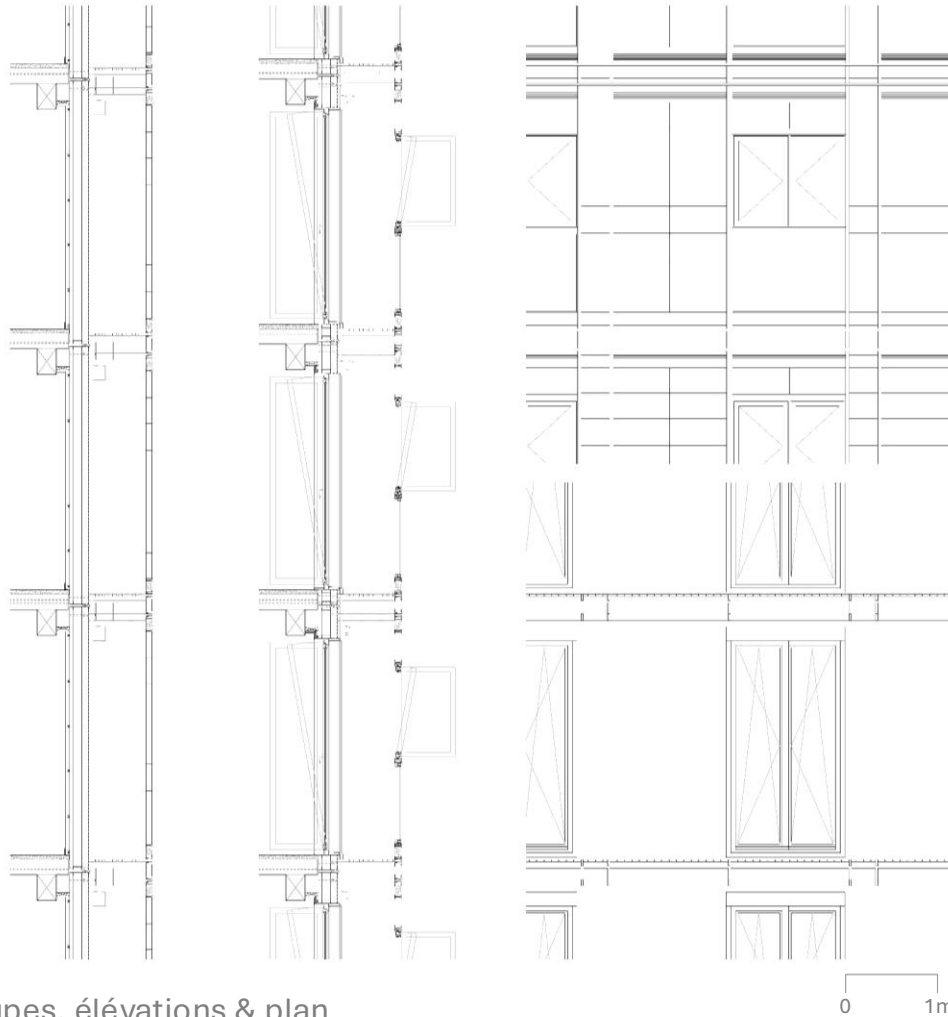
Isolant soufflé (Profib Cell R 3,7 par pouce) – 101 mm

Platelage – 38mm

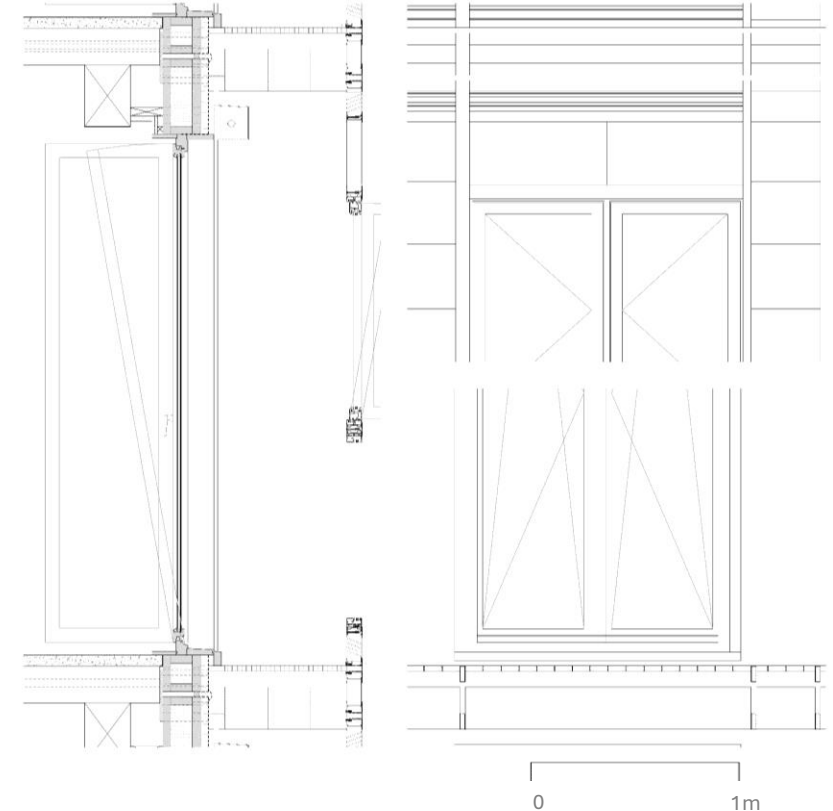
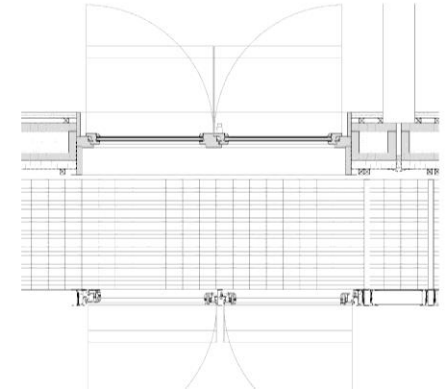
Fourrures – 25 mm

Gypse (2) – 25mm

Panneau B – Système double peau

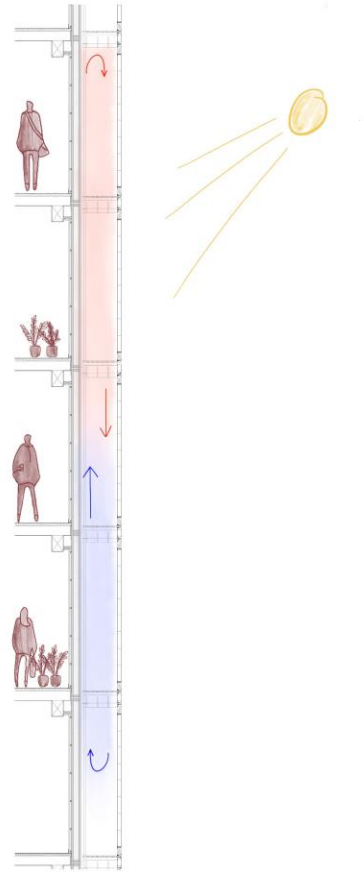


Coupes, élévations & plan

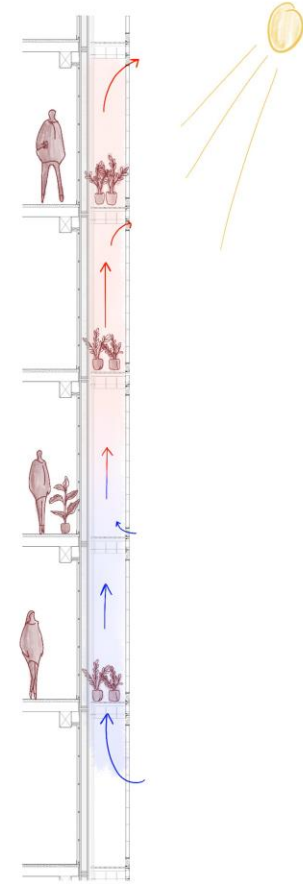


Coupe bioclimatique

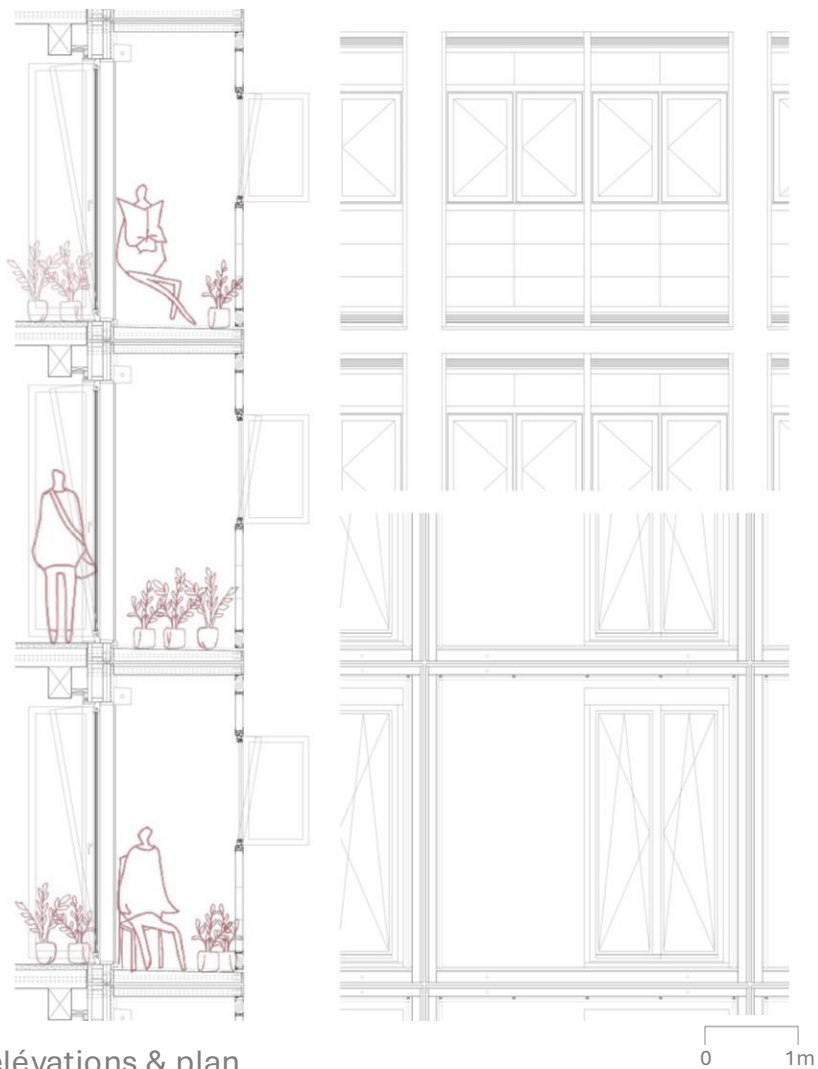
HIVER



ÉTÉ

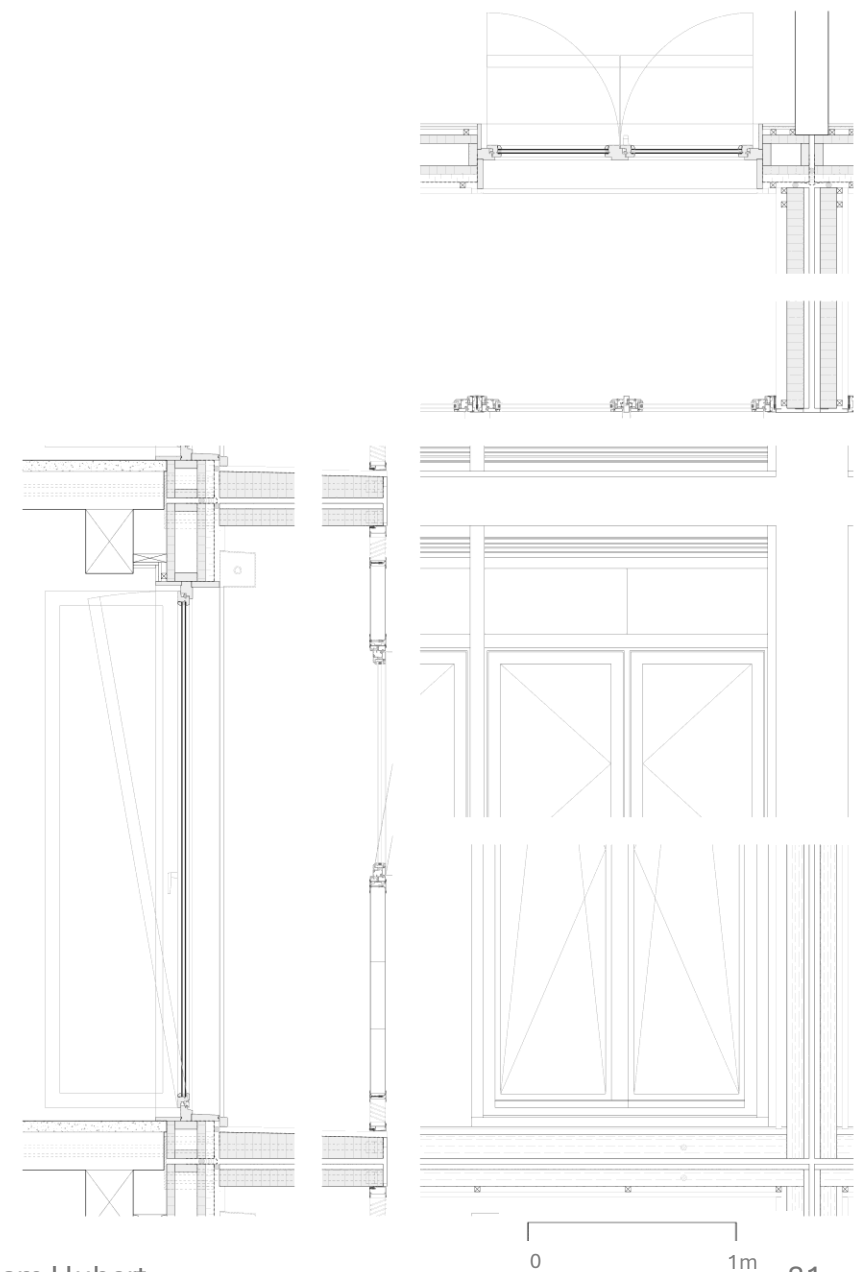


Panneau C – Système Loggia

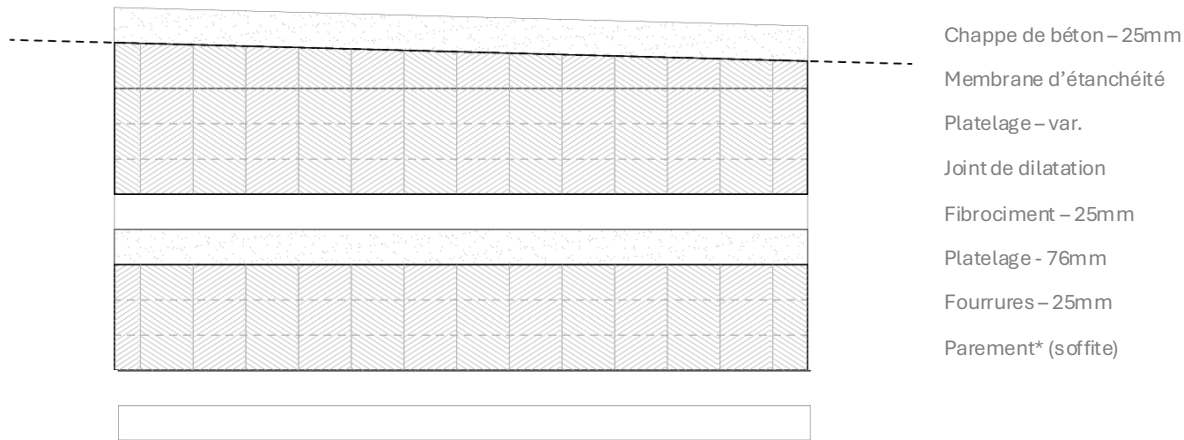


Coupes, élévations & plan

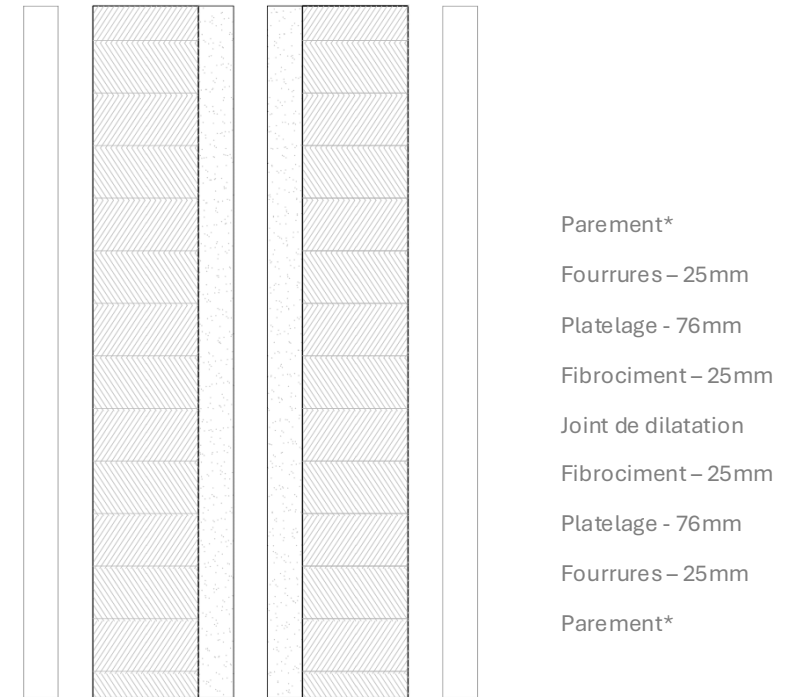
Fadila Kadiri, Laetitia Sarikey, Nicole Khoury, William Hubert



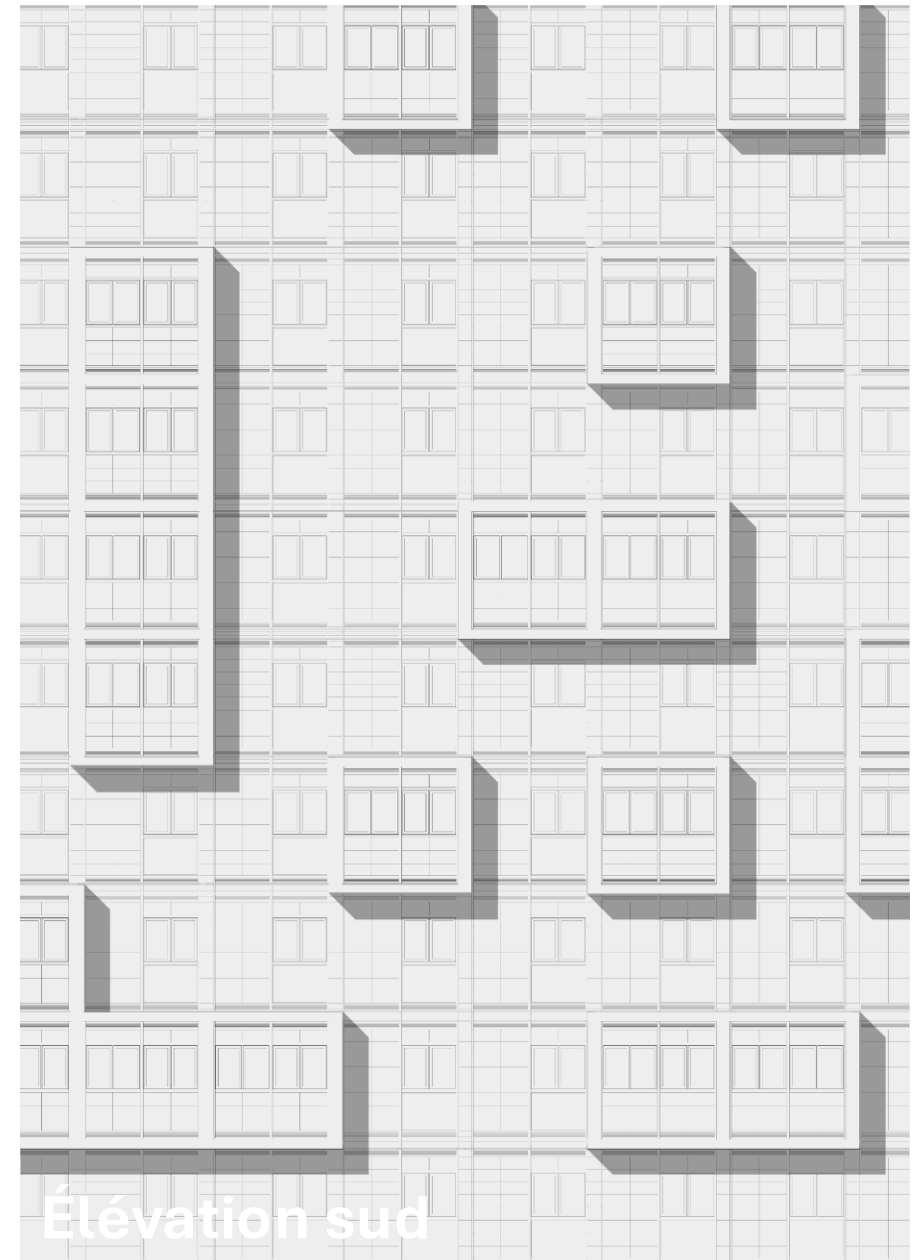
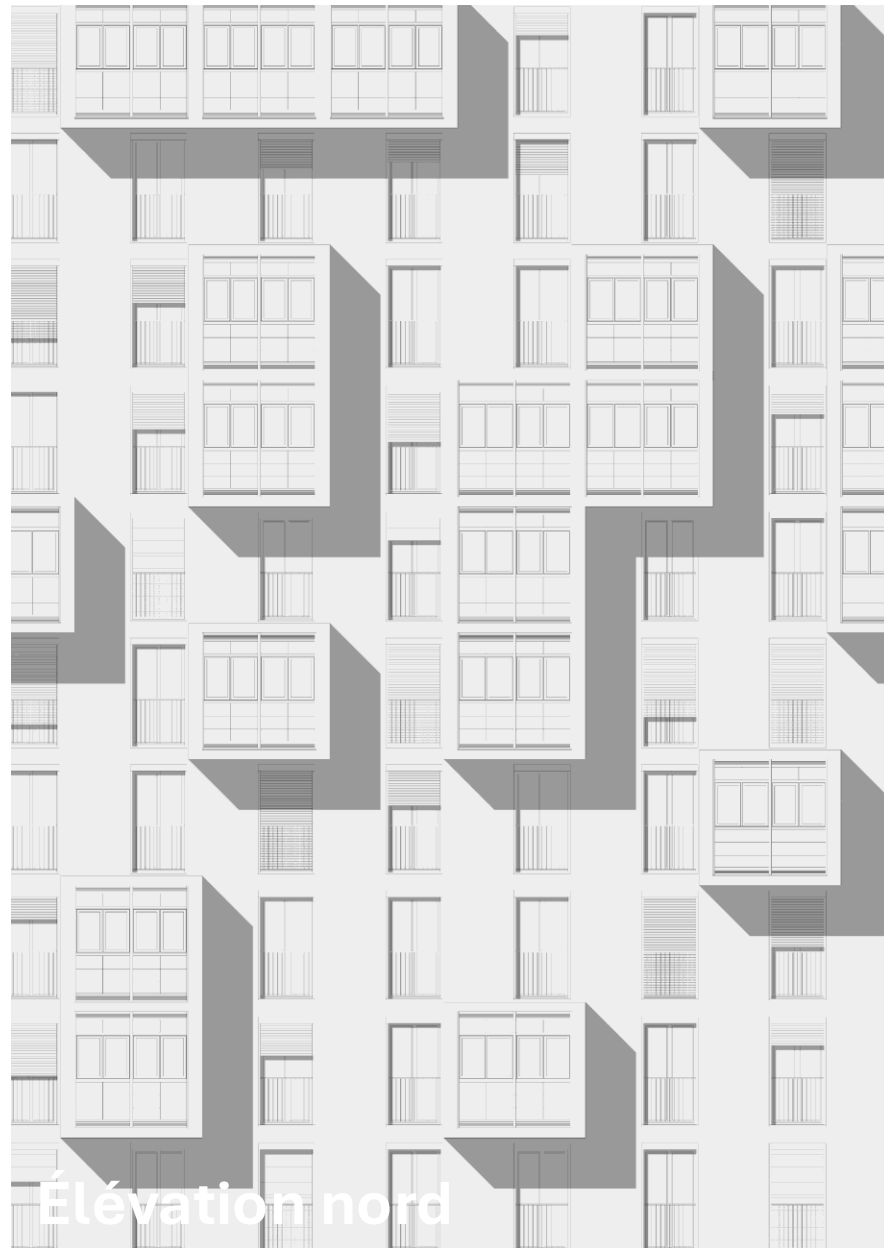
Panneau C – Système Loggia



Composition Plancher/plafond

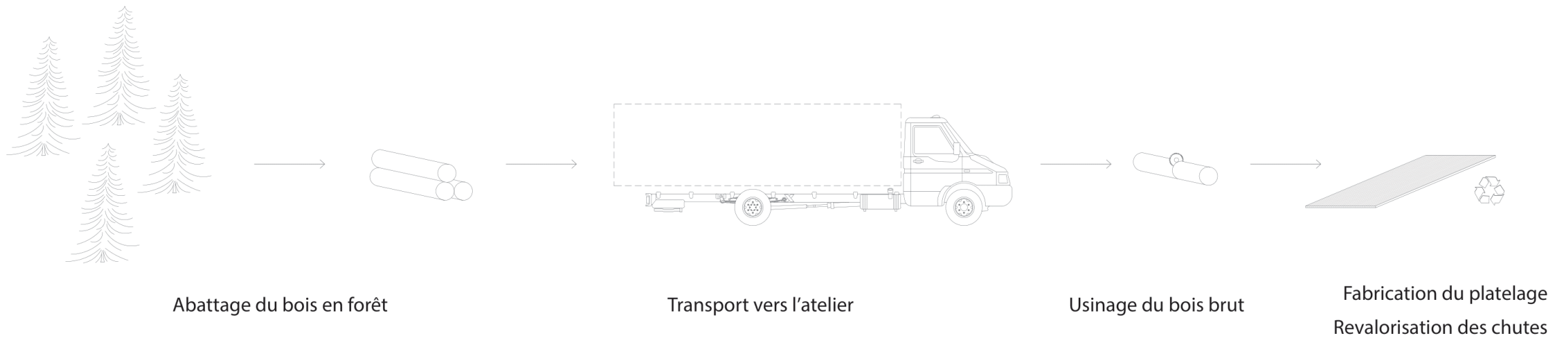


Composition Cadre

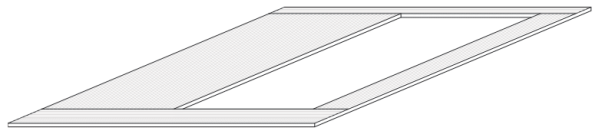


Cycle de vie

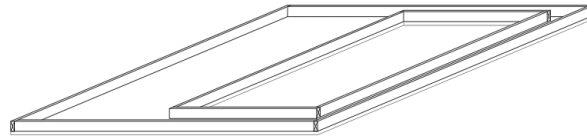
Approvisionnement en bois



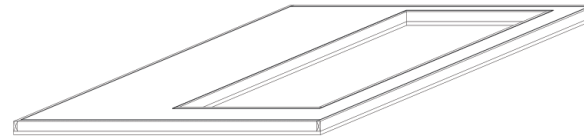
Assemblage du panneau en bois



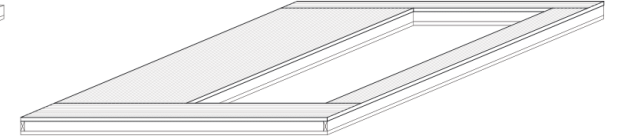
Assemblage du platelage



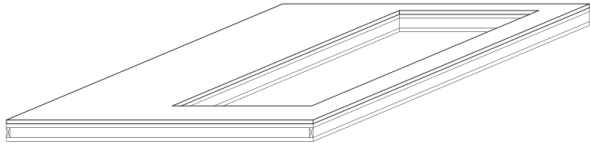
Mise en place des montants



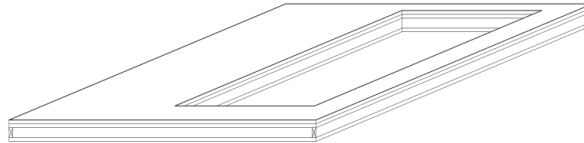
Insufflation de cellulose



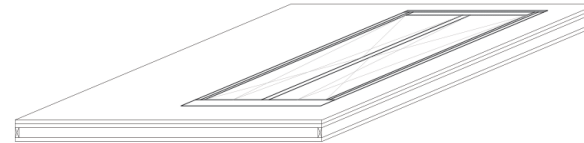
Pose du platelage



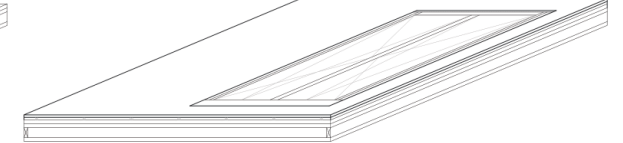
Ajout de fibre de bois rigide



Application de la membrane pare air

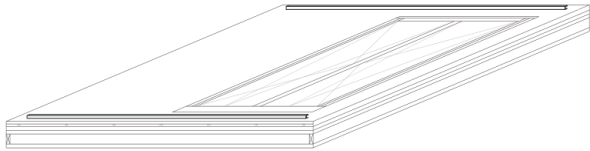


Installation des fenêtres

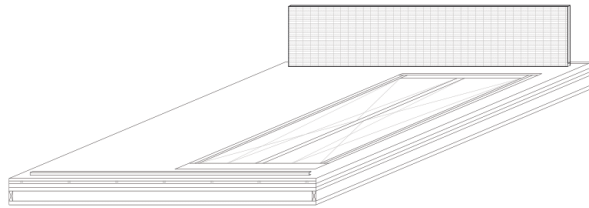


Pose du parement extérieur

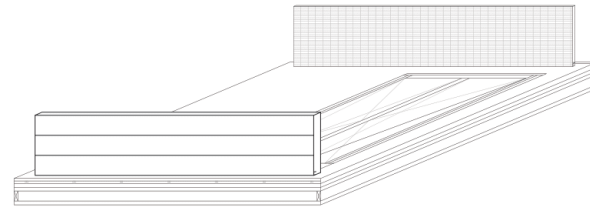
Assemblage du système de double peau



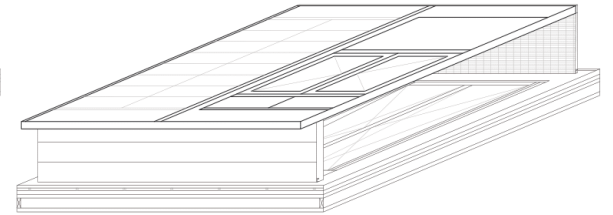
Pose des profilés en U



Installation du catwalk



Mise en place du coupe feu



Montage du mur rideau

Assemblage de la loggia



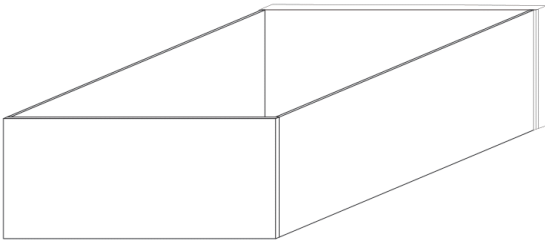
Pose du platelage



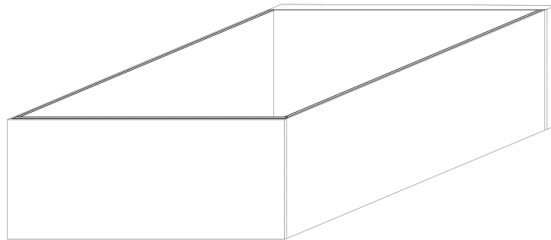
Coulage de la chape de béton



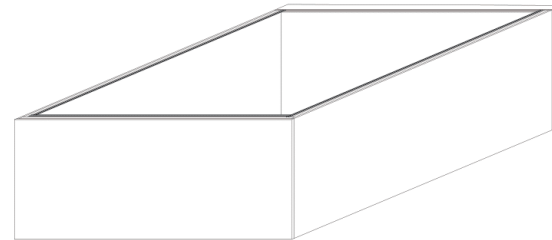
Mettre le plancher à la verticale



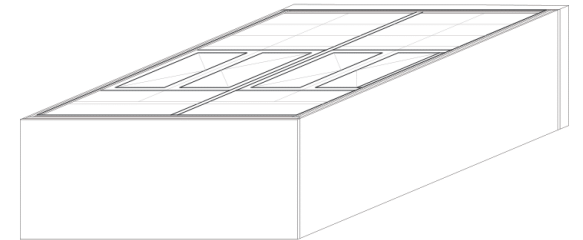
Assemblage du cadre en bois



Mise en place du coupe feu

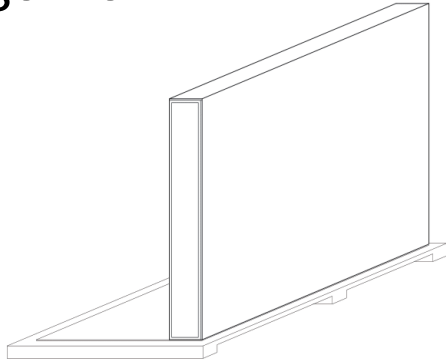


Pose du parement extérieur

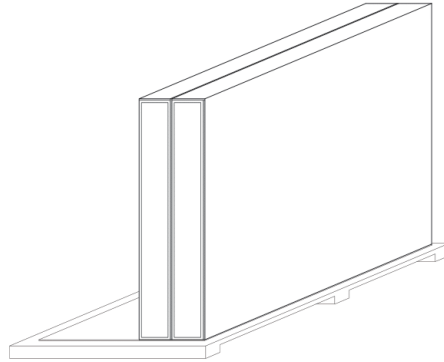


Installation du Kalwall

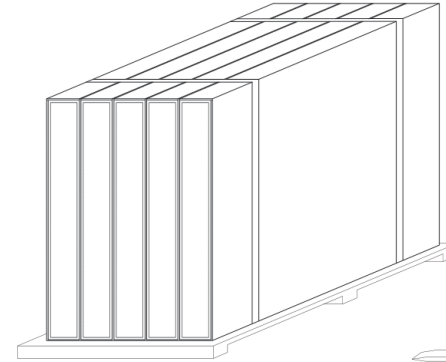
Chargement



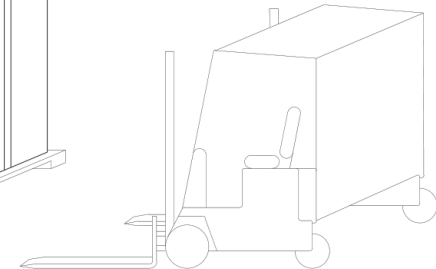
Pose du tapis antidérapant
sur les palettes recyclés



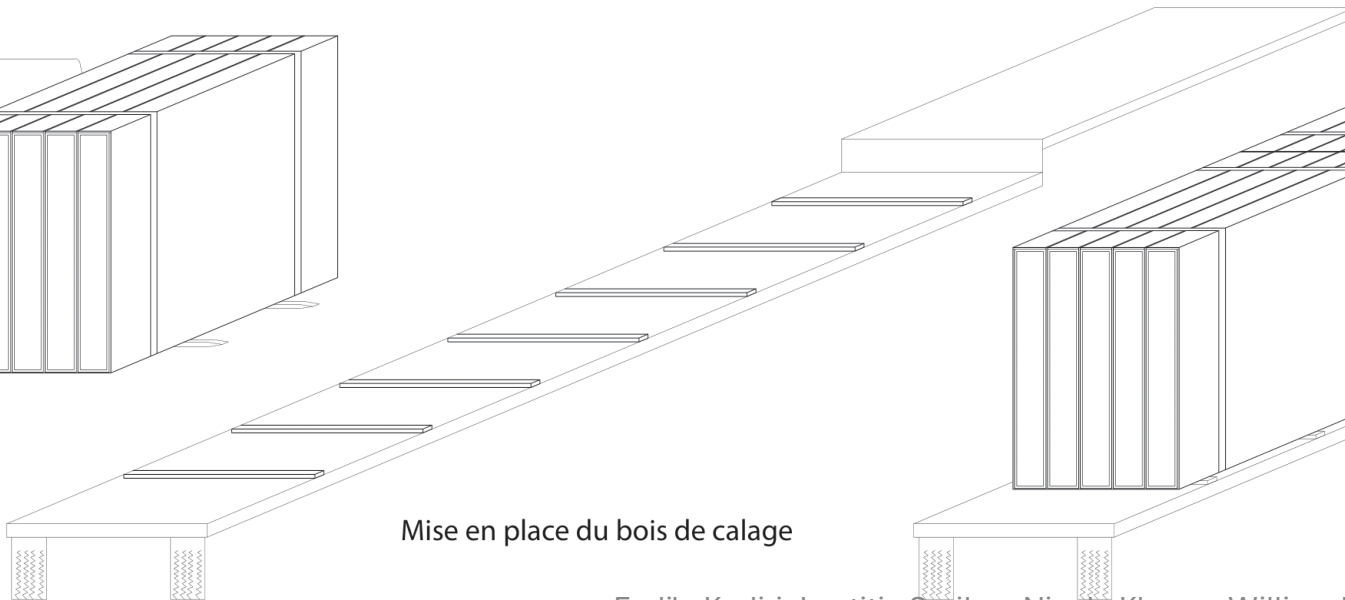
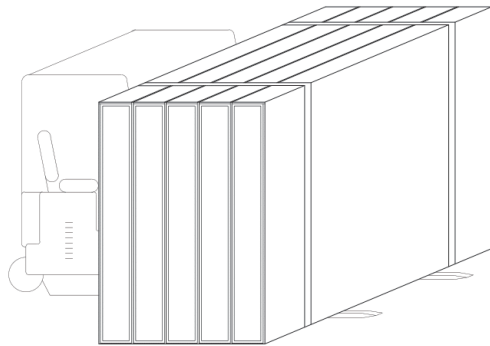
Mise en position verticale du
module



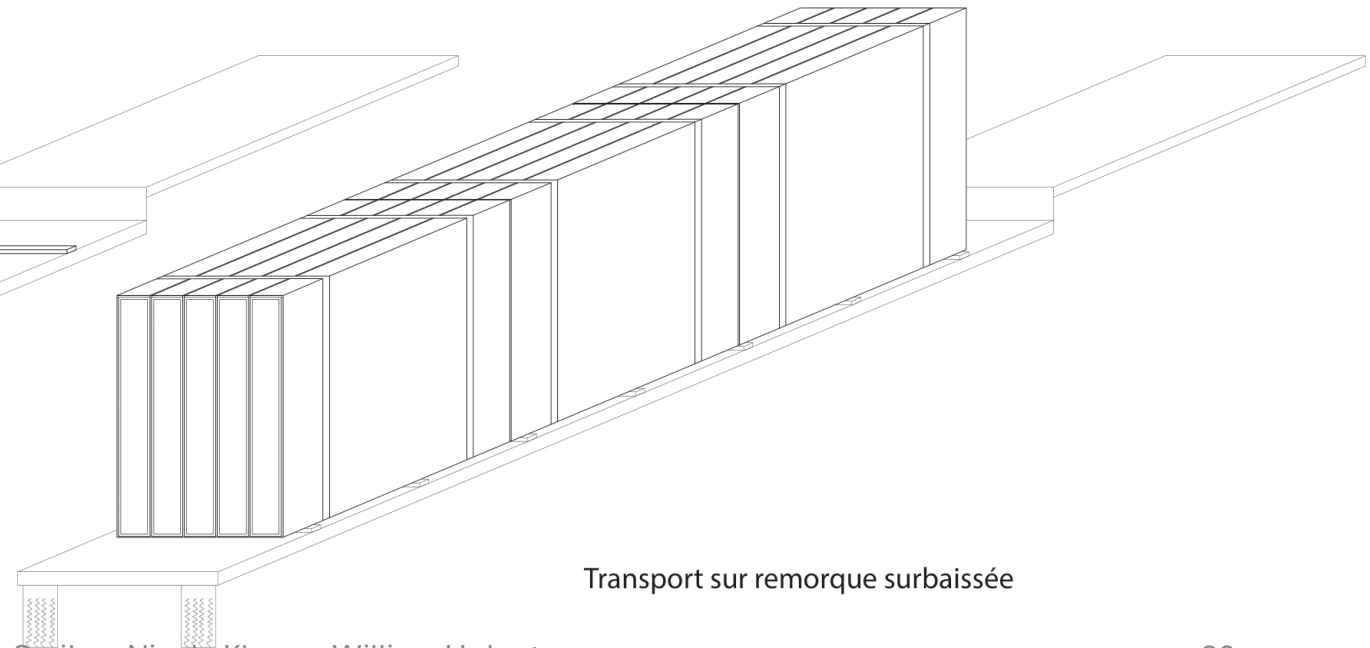
Protection avec cadre de
bois, mousse, sangles



Chargement à l'aide d'un élévateur

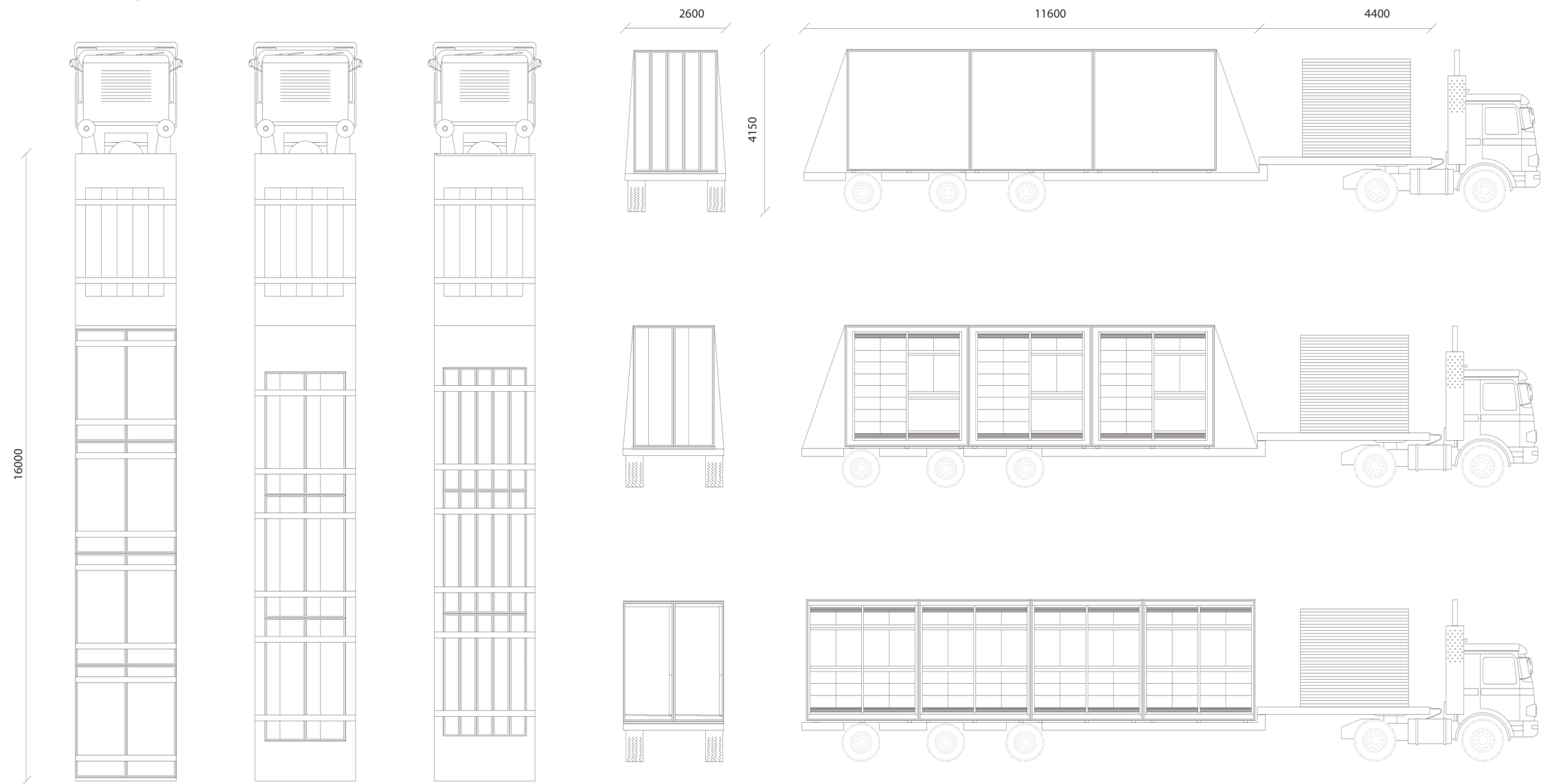


Mise en place du bois de calage



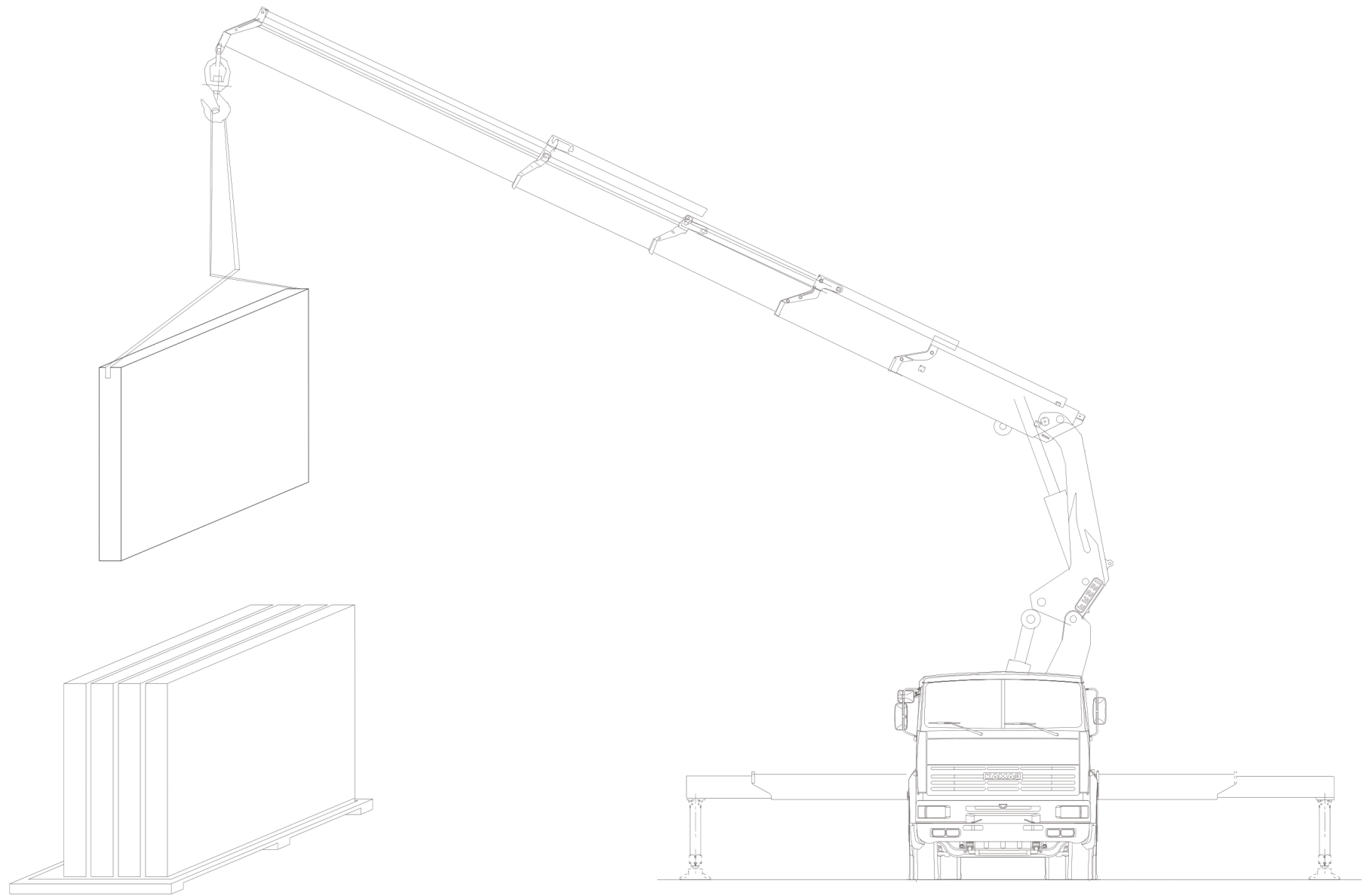
Transport sur remorque surbaissée

Transport



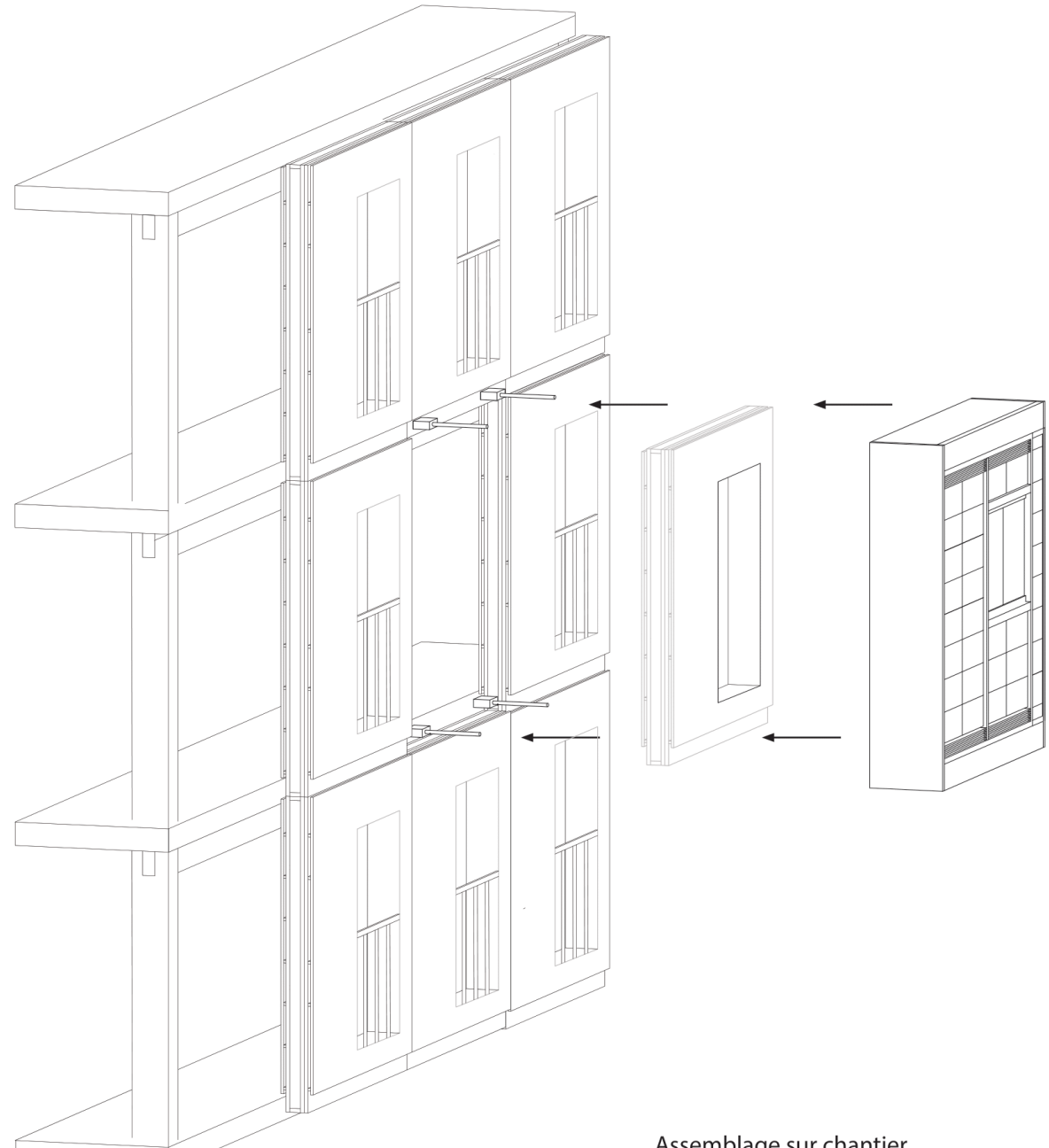
Fadila Kadiri, Laetitia Sarikey, Nicole Khoury, William Hubert

Déchargement



Levage et positionnement des modules à l'aide d'une grue

Assemblage sur chantier



Fin de vie



Désassemblage en fin de vie

Tri des matériaux
Réemploi des composants
structuraux
Recyclage ou valorisation des
éléments non réutilisables

CRITÈRES D'ANALYSE	ÉLÉMENTS CONSTRUCTIFS						
	LE SYSTEME	LES COMPOSANTES					
		Structure et matériaux de charpente	Parois extérieures	Parois intérieures	Plans d'étanchéité EAU-AIR-HUMIDITÉ	Isolation thermique	Jonctions
Note : un point désigne un élément à réfléchir, qui sera éventuellement considéré ou non dans le développement du système							
CRITÈRES DE DÉVELOPPEMENT							
Conception adaptée à une production en usine et un assemblage rapide sur le site	●	●	●	●	●	●	●
Dimension et poids des assemblages tenant compte du transport	●	●	●	●	●	●	
Utilisation de composantes en bois lamellé collé ou CLT	●	●		●			
Matériaux biosourcés		●		●		●	
Proximité d'approvisionnement		500 km max		●		●	
Essences locales de bois	●	●		●			
CRITÈRES DE PERFORMANCE NORMÉS							
Résilience de l'enveloppe aux conditions climatiques, en surpassant les normes minimales actuelles	●	●	●				
Résistance au feu selon Code de construction et guides de la RBQ (2013/2022) en fonction du nombre d'étages	●	●	●	●	●	●	●
CRITÈRES DE PERFORMANCE À VALEUR AJOUTÉE							
Développement de détails simples et rapides d'exécution	●				●		●
Possibilité de démontage et de réutilisation	●	●	●	●	●	●	●
Possibilité de déconstruction et de réutilisation des matériaux (économie circulaire)	●	●	●	●	●	●	●
Utilisation de matériaux faibles en COV (qualité de l'air et bien-être)						●	
Matériaux favorisant le bien-être			●	●		●	
Limitation de l'entretien, facilité d'accès et séquençage tenu en compte pour le remplacement des parties de l'enveloppe à plus courte durée de vie (CSA S478)	●			●			
Ensoleillement et ventilation naturelle	●		●	●		●	
Usage minimal de l'énergie pour le chauffage, la ventilation et la climatisation	●		●	●		●	
Matériaux utilisés favorisant le stockage de la chaleur (inertie thermique forte) pour éviter surchauffe (ext) et optimiser le gain en conditions ambiante intérieure	●		●	●		●	
Continuité des barrières pare-air et pare-eau en tous points avec matériaux compatibles			●	●	●		●
Esthétique	●	●	●	●	●	●	●

Fadila Kadiri, Laetitia Sarikey, Nicole Khoury, William Hubert

À retenir – 4 points d'innovations

- Mur entre ossature et massif biosourcé*
- Solution pour les vides verticaux
- Création d'espaces tempérés
- Adaptabilité du système

À poursuivre

- Bonification des jonctions entre les panneaux
- Consolidation des joints d'assemblage des panneaux
- Définition des ancrages
- Voir la pertinence d'ajouter d'autres systèmes (électriques, mécaniques, etc.)



Steve Desrosiers, Président, Directeur à l'innovation.
Geneviève Constancis, Directrice représentation et développement.



Stephan Langevin, Associé principal.



Félix Bédard, Vice-président, cofondateur. Martin Houle, architecte associé.



Montasser Muffak, Mamed Muffak.



Yvon Lachance, Président.



Jean-Marc Welli, Directeur, associé.



Cassandra Lafond, Chercheuse, Construction durable. Sylvain Gagnon, Manager Building Systems.



Ali Mikael, Senior manager. Diego Flores, Technical specialist.



Christiane Bérubé, Directrice générale



Louis Poliquin, Directeur général.



Pierre Cloarec, Président, directeur général.



Michel Deraiche, Associé.



Richard Trempe, arch. M.Sc.



Jean Pelland, architecte associé.



Thibaut Lefort, Ingénieur en structure, président et fondateur.



Simon Mammone, Directeur, Développement immobilier.

École d'architecture – Université de Montréal :

Gonzalo Lizarralde, professeur titulaire
Jean-Paul Boudreau, professeur invité
Daniel Pearl, professeur titulaire
Izabel Amaral, directrice de l'École d'architecture, chercheuse
Andrei Nejur, professeur adjoint
Ricardo Leoto, chercheur
Benjamin Herazo, chercheur
Lisa Hasan, chercheuse
Arturo Valladares, chercheur
Justine Binet, chercheuse
Henri Ayé, chercheur

École de design – Université de Montréal,

Anne Marchand, professeure titulaire.

Inven_T, Université de Montréal,

Geneviève Letourneau.

Bureau Recherche – Développement – Valorisation (BRDV), Université de Montréal,

Lynda Adam, Manuelle Lonné.

Bureau de la conduite responsable en recherche (BCRR), Université de Montréal,

Virginie Lecourt.



Polytechnique Montréal

Mario Bourgault, professeur titulaire.



École de design, UQAM

Carlo Carbone, professeur agrégé.

