

Système d'enveloppe du bâtiment préfabriqué en bois

Présentation du projet de R&D, devis de performance et calendrier



Contexte général

Ce projet est réalisé dans le cadre du partenariat de recherche et développement (R&D) LAB INTERFACES BOIS, financé par le ministère des Ressources naturelles et des Forêts (MRNF) et dans lequel participent l'Université de Montréal, Polytechnique Montréal et l'UQAM, ainsi qu'une dizaine de partenaires non universitaires.

Le projet LAB INTERFACES BOIS vise à contribuer au développement des expertises et au transfert des connaissances nécessaires pour la construction d'enveloppes performantes en bois et en produits biosourcés au Québec. Plus précisément, nous cherchons à documenter des solutions innovantes, à identifier les principales barrières et à explorer les moyens de les surmonter pour développer des enveloppes en bois novatrices. Les sous-objectifs sont :

- Documenter la conception de solutions avant-gardistes et analyser les principaux facteurs qui affectent la performance d'enveloppes en bois et en matériaux biosourcés.
- Analyser les variables qui influencent la conception, la fabrication et l'assemblage d'enveloppes préfabriquées et performantes.
- Documenter et examiner les meilleures pratiques dans l'utilisation des matériaux biosourcés pour l'isolation des bâtiments et pour l'intégration des composants en bois avec d'autres systèmes du bâtiment.
- Analyser la performance énergétique des bâtiments intégrant une enveloppe en bois et les facteurs liés à l'efficacité et la qualité des solutions.

Le projet vise à répondre aux questions suivantes :

Quelles sont les principales barrières et les meilleures pratiques et solutions, au Québec et ailleurs, en ce qui concerne le développement d'enveloppes de bâtiments en bois et autres produits biosourcés ?

Comment intégrer ces solutions novatrices dans le développement d'enveloppes préfabriquées et performantes au Québec ?

Problématique

Le secteur du bâtiment est responsable d'environ 40 % des émissions de gaz à effet de serre (Dean et al., 2016). En réponse à ce défi, les gouvernements du Canada et du Québec, les professionnels et les promoteurs cherchent à mettre en place des techniques de construction moins polluantes (Popescu, 2017). Au Québec, la construction en bois est perçue comme un choix à privilégier (Popescu, 2017). À travers une gestion forestière responsable, le bois devient une ressource naturelle renouvelable. De plus, son utilisation dans la construction peut aider à l'économie des multiples municipalités rurales (Toivonen, 2021). Les composantes de construction en bois produisent moins d'énergie intrinsèque que l'acier ou le béton (Padilla-Rivera, Amor, et Blanchet, 2018) et—contrairement à ces matériaux d'origine minérale—le bois a la capacité de stocker le carbone présent dans l'atmosphère (Arehart et al., 2021 ; Cecoboïs, 2020 ; FPInnovations, 2016). Enfin, le bois permet de construire des bâtiments ayant plusieurs qualités spatiales et esthétiques reconnues par les professionnels, les donneurs d'ouvrage et les usagers (Noël, 2012).

Plusieurs panneaux et revêtements en bois existent aujourd'hui sur le marché québécois, mais peu de solutions mettent au défi les systèmes traditionnels d'ossature en bois, répondent aux principes de modularité et de préfabrication en usine et intègrent les autres systèmes constructifs (tels que la fenestration, la structure, la mécanique, etc.). Voir le rapport de systèmes préparé par notre équipe ici : <https://lab-interfaces-bois.umontreal.ca/documentation/>

Aujourd'hui, de nouvelles technologies telles que le bois lamellé croisé ou le bois lamellé collé permettent la construction de bâtiments de moyenne et grande hauteur (Cecoboïs, 2017). Ces technologies sont souvent utilisées pour la construction de poutres, colonnes, planchers et toitures. Or, peu de travaux ont été réalisés pour leur utilisation dans la construction d'enveloppes préfabriquées, modulaires et performantes. Ce projet de R&D vise à répondre à ces deux lacunes.

En effet, l'enveloppe du bâtiment—l'élément qui sépare les espaces intérieurs et extérieurs—est fondamentale pour atteindre une performance énergétique et environnementale (Ascione, 2015). La performance de l'enveloppe dépend de plusieurs facteurs, tels que le contrôle de flux de température, la durabilité des matériaux, les propriétés des isolants, les échanges de vapeurs, l'imperméabilité des surfaces, l'intégration d'autres systèmes (mécanique, structure, toiture, etc.) et le contrôle de l'humidité (FPInnovations, 2019). Tous ces facteurs doivent s'adapter aux conditions climatiques du Québec (Huynh et al., 2021) et aux techniques de construction en bois (FPInnovations, 2019). Ils représentent des risques importants pour les architectes, ingénieurs et entrepreneurs intéressés à construire des solutions écologiques et innovantes (Loonen et al., 2014).

Comme le démontrent plusieurs études, le risque, le manque d'expertise et la fragmentation organisationnelle empêchent souvent l'innovation dans l'industrie de la construction au Québec

(Leoto et Lizarralde, 2019 ; Mahmoud, 2022). Plusieurs professionnels et chercheurs considèrent que les incitatifs et l'appui à l'innovation mis en place au Québec sont parfois insuffisants (Lizarralde et al., 2014 ; Ozorhon, Abbott et Aouad, 2014). Ce projet vise à contribuer au développement des expertises et au transfert des connaissances nécessaires pour la construction d'enveloppes performantes en bois et en produits biosourcés au Québec.

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.

Processus de R&D

Le processus comporte quatre étapes qui se chevauchent et se rétro-alimentent:

Première étape - Recherche et conception : La première partie du processus se déroulera sous la forme d'un concours d'idées à la Faculté de l'aménagement entre trois ou quatre stagiaires. Elle aura lieu du 1^{er} mai au 12 juin 2025. Chaque stagiaire développera deux options au cours des trois premières semaines de stage, lesquelles seront revues et validées par un panel d'experts. À l'issue de cette évaluation, un modèle sera choisi et développé conjointement par les trois stagiaires au cours des dernières semaines de stage. Cette première étape de développement du système inclut une série de rencontres, conférences, présentations et activités avec des experts en enveloppe, construction, design architectural, code de construction, et autres thématiques connexes. Elle inclut également la réalisation de maquettes, perspectives et plans et détails (un budget est prévu pour la construction des maquettes à échelle 1:5 et 1:1).

Deuxième étape – Stages en entreprise (co-financés par MITACS) : La solution sélectionnée alimentera le travail qui sera réalisé lors de la deuxième étape de recherche et développement (R&D) avec nos partenaires de l'industrie de la construction. Cette deuxième étape inclut un ensemble de 5 stages, lesquels contribueront à la démarche de trois façons : (a) les stagiaires documenteront les lacunes techniques et organisationnelles ainsi que les défis réglementaires actuels qui limitent le développement d'enveloppes performantes, modulaires et préfabriquées en bois ; (b) les stagiaires faciliteront le transfert de connaissances et d'expertises entre le milieu académique et celui de la pratique, notamment entre les chercheurs du Lab INTERFACES Bois et les partenaires industriels et du secteur de la construction ; et, (c) les stages renforceront les compétences des stagiaires en lien avec la conception et la gestion de solutions innovantes dans la construction en bois.

Stage chez FPIInnovations (été 2025) : Ce stage a pour objectif de documenter les pratiques d'évaluation de produits et systèmes dans l'industrie de la construction et de les mettre en œuvre dans le domaine de la conception innovante des enveloppes en bois à haute performance. L'approche est composée de six étapes : (a) Réaliser une revue de la littérature sur la sélection des matériaux pour la conception d'enveloppes de haute performance ; (b)

Analyser les pratiques actuelles dans le processus de conception, fabrication et assemblage d'enveloppes en bois et identifier les lacunes et problématiques ; (c) Identifier les indicateurs les plus pertinents pour l'évaluation des produits et systèmes dans la fabrication des enveloppes ; (d) Conduire des entretiens semi-dirigés avec des concepteurs et d'autres acteurs clés dans la fabrication d'enveloppes en bois au Québec et au Canada ; (e) Analyser les données ; et (f) Développer des conclusions visant à améliorer la conception des enveloppes performantes.

Stages chez Art Massif (automne 2025 et hiver 2026) : Ces stages ont pour objectif de documenter les meilleures pratiques, au Québec et ailleurs, en matière d'utilisation du bois comme matériau de construction dans les enveloppes de bâtiment préfabriquées à haute performance énergétique. Ils se concentreront sur les enjeux liés à la fabrication en usine et à l'intégration de la technologie en bois lamellé-collé avec des matériaux biosourcés, tels que les isolants en chanvre, dans l'enveloppe, et de la configuration de cette dernière en intégrant d'autres systèmes du bâtiment (structure, mécanique, isolation et étanchéité, etc.). De manière plus spécifique, la démarche comporte cinq étapes : (a) Identifier les paramètres de fabrication d'une enveloppe préfabriquée ; (b) Explorer l'intégration d'une enveloppe préfabriquée et performante dans un bâtiment existant, qui sera analysé comme étude de cas ; (c) Collecter des données qualitatives et quantitatives liées au processus d'intégration d'une solution innovante dans ce bâtiment ; (d) Analyser les données et établir des conclusions visant le développement d'un prototype d'enveloppe.

Stage chez Nature Fibres (printemps 2026) : Ce stage a pour objectif de documenter les meilleures pratiques dans l'utilisation des produits biosourcés pour l'isolation d'enveloppes, ainsi que les principaux enjeux et problèmes fréquemment rencontrés dans ce domaine. La démarche comprend cinq étapes : (a) Réaliser une revue de la littérature et analyser les documents techniques relatifs aux matériaux isolants dans l'industrie de la construction ; (b) Identifier les normes et standards applicables aux matériaux isolants ; (c) Conduire des entretiens semi-dirigés avec des architectes, fabricants d'isolants biosourcés et ingénieurs ; (d) Analyser les données recueillies ; (e) Développer des conclusions en se basant sur l'analyse des données.

Stage chez STGM (automne 2026) : L'objectif de ce stage est de tester, à l'aide des outils de modélisation de type BIM, les solutions de design les plus prometteuses pour le développement d'une enveloppe performante et préfabriquée en bois. L'approche à suivre comprend les étapes suivantes : (a) Réaliser une revue de solutions de logiciels et analyser les documents techniques ; (b) Identifier les variables clés à intégrer dans le modèle ; (c) Effectuer la modélisation numérique en utilisant un logiciel de type BIM ; (d) Développer les conclusions et formuler des recommandations pour l'optimisation du design de l'enveloppe en bois.

Troisième étape – Modélisation : En 2026 nous réaliserons une maquette numérique du système choisi (dans un bâtiment d'évaluation). Des simulations de performance seront réalisées sur ce modèle numérique afin d'apporter des améliorations.

Quatrième étape – Tests de laboratoire : Lors de cette étape, nous réaliserons des ajustements et un prototype à l'échelle 1:1 du système sera testé en laboratoire.

À la fin du processus, notre équipe évaluera la possibilité d'obtenir des brevets sur la solution et de le tester dans un projet réel de construction. Un rapport final décrivant tous les résultats sera envoyé au MRNF.

Impact attendu

Ce projet de R&D vise à générer un impact positif sur la compétitivité des entreprises qui se sont engagées à développer des expertises liées à la construction en bois. La performance énergétique, la qualité architecturale, la réduction de la consommation de ressources et le maintien du confort des espaces intérieurs sont des enjeux importants sur le marché immobilier canadien et dans la commande publique au Québec. Ce projet de R&D contribuera au développement d'expertises et au transfert des connaissances dans un domaine d'études prioritaire pour le Canada : celui de la durabilité dans le secteur bâtiment. La construction en bois peut aider à la décarbonation de l'industrie de la construction et contribuer au développement économique du secteur forestier (Gouvernement du Québec, 2018). De plus, la formation des spécialistes dédiés à la conception des bâtiments en bois a été identifiée comme prioritaire par les gouvernements du Canada et du Québec (Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 2018 ; Ressources naturelles Canada, 2019). Les stages proposés dans le cadre de ce projet de recherche et développement (R&D) auront un impact direct sur l'adoption de nouvelles pratiques de conception de bâtiments à haute performance énergétique et sur un art de bâtir plus respectueux de l'environnement dans le contexte canadien et québécois.

Contexte d'intervention pour la première étape

L'exploration sera réalisée dans le cadre d'un projet résidentiel réel, de sept étages, à la Ville de Laval, actuellement en phase préliminaire. Les dessins sont joints en annexe. Bien que répondant aux exigences d'un projet en particulier, l'enveloppe doit être adaptable à plusieurs types de bâtiments résidentiels et permettre des évolutions ou modifications futures.

Tous les participants à ce projet devront signer une entente de propriété intellectuelle avec l'Université de Montréal et ses partenaires.

Critères de performance pour le système

Ce devis encadre le projet afin d'assurer que le système développé soit performant et adapté aux réalités du Québec, tout en laissant aux stagiaires et aux chercheurs une marge de créativité pour innover en matière de conception architecturale et de préfabrication durable. Le système d'enveloppe de bâtiment préfabriqué en bois devra répondre minimalement aux exigences et critères suivants :

1. Structure et matériaux : Le système devra intégrer des matériaux biosourcés et des principes de construction durable. Il doit privilégier l'utilisation de composantes en bois lamellé collé (neuves ou recyclées) et de matériaux écoresponsables privilégiant les circuits courts, avec un approvisionnement dans un rayon maximal de 500 km. L'usage du bois doit privilégier des essences locales (ex. : épinette, sapin, cèdre) et favoriser des traitements écologiques.

Le système ne doit pas nécessairement servir de structure portante pour le bâtiment. Il doit permettre une combinaison de panneaux opaques et fenestrés, et offrir la possibilité d'intégrer des surfaces de mur-rideau en bois. La finition intérieure sera en bois (traitement au choix de l'architecte) ou en bois encapsulé (selon les exigences du code de construction du Québec) et la finition extérieure pourra combiner plusieurs matériaux. Les composantes doivent être conçues pour maximiser la durée de vie de l'enveloppe et en minimiser l'entretien. Les

matériaux utilisés doivent être conformes aux certifications environnementales (ex. : FSC pour le bois, matériaux faibles en COV).

2. Isolation thermique : Le système devra respecter les exigences du Code de construction du Québec et des normes d'efficacité énergétique (CCQ 2015, norme Novoclimat). Valeur R minimale : Respect ou dépassement des exigences en vigueur pour les murs extérieurs. Les matériaux d'isolation devront privilégier les matériaux biosourcés. Mettre l'accent sur des principes pour réduire au minimum les transferts thermiques (déperditions thermiques / ponts thermiques) par des moyens de construction et de fixation qui prennent en compte les avantages structurels du bois (vissage direct des parements, blocages isolés, etc.).

3. Étanchéité : Réduction des infiltrations d'air et d'eau grâce à des membranes et des systèmes d'assemblage performants. Les détails d'assemblage et joints conséquents entre modules doivent assurer la continuité des plans d'étanchéité et d'isolation (pare-pluie, pare-eau, pare-air, pare-vapeur, isolation thermique).

4. Résistance au feu : Les matériaux, l'assemblage et la compartimentation doivent respecter les exigences du Code de construction du Québec (2015) ainsi que les directives et guides explicatifs de la Régie du Bâtiment du Québec (2013, 2022) en matière de résistance au feu en fonction du nombre d'étages.

5. Modularité et préfabrication : Conception adaptée à une production en usine et un assemblage rapide sur site. Les dimensions et le poids des modules devront tenir compte des exigences en matière de transport.

6. Résilience de l'enveloppe : L'intégration de stratégies passives (ex. : orientation solaire, inertie thermique, protection contre la surchauffe estivale, gains thermiques en hiver, ventilation naturelle) est encouragée, considérant un usage minimal de l'énergie pour le chauffage, la ventilation et la climatisation.

7. Empreinte carbone : L'analyse du cycle de vie des matériaux et la minimisation des émissions de GES sont encouragées. Sans s'y limiter, les concepts d'économie circulaire et du réemploi des matériaux lors d'éventuels démantèlements pourront être explorés.

Veuillez vous référer à la matrice multicritères présentée aux pages suivantes.

Matrice multicritères

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 <u>surpassant</u> 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)		•	•	•		•	

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							
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

À propos de la Chaire : La Chaire, créée grâce à une donation du Groupe Fayolle Canada, s'intéresse à la qualité de la conception architecturale et à l'emploi de technologies innovantes afin de réaliser un environnement bâti résilient, performant et écoresponsable. Les projets de la Chaire examinent les processus ainsi que les enjeux de performance et d'éthique liés à la réalisation de projets d'architecture au Canada. Ils soulignent les approches exemplaires en matière d'intervention sur le cadre bâti. La Chaire travaille en collaboration avec diverses parties prenantes du monde de la construction, et bénéficie d'un vaste réseau de partenaires locaux et internationaux. La Chaire est aussi engagée au niveau local et national dans les milieux scientifiques, professionnels, gouvernementaux, de l'industrie, ou encore, des collectivités. Pour en savoir plus :

http://www.chairefayolle.umontreal.ca/fr_index.html

À propos du Lab. BOIS : Le laboratoire INTERFACES BOIS est un partenariat de recherche et développement (R&D), financé principalement par le ministère des Ressources naturelles et des Forêts. Il regroupe une dizaine de partenaires du secteur de l'aménagement et de l'industrie de la construction, ainsi que plus de 15 chercheurs et chercheuses de l'Université de Montréal, Polytechnique Montréal et UQAM. Ce laboratoire vise à développer des connaissances à l'aide de projets de R&D sur de systèmes constructifs favorisant une utilisation accrue du bois dans la construction au Québec. Il explore les interfaces entre matériaux, systèmes constructifs, acteurs et écosystèmes afin de favoriser l'intégration du bois, réduire l'impact environnemental du secteur du bâtiment et favoriser la qualité du cadre bâti. Pour en savoir plus : <https://lab-interfaces-bois.umontreal.ca/>

Partenaires de l'industrie



Financement



Références

- Ascione, F., Bianco, N., De Masi, R. F., Mauro, G. M., & Vanoli, G. P. (2015). Design of the building envelope: A novel multi-objective approach for the optimization of energy performance and thermal comfort. *Sustainability*, 7(8), 10809-10836.
- Barrett, P., & Sutrisna, M. (2009). Methodological strategies to gain insights into informality and emergence in construction project case studies. *Construction management and economics*, 27(10), 935-948.
- Cosentino, L., Fernandes, J., & Mateus, R. (2023). A Review of Natural Bio-based Insulation Materials. *Energies*, 16(12), 4676.
- Dainty, A. (2008). Methodological pluralism in construction management research. *Advanced research methods in the built environment*, 1, 1-13.
- FPIInnovations. (2019). CLT handbook: Cross-laminated timber (2nd ed.). FPIInnovations.
- Gouvernement du Québec. (2018). Stratégie de développement de l'industrie québécoise des produits forestiers 2018-2023. Gouvernement du Québec. Retrieved from : <https://www.quebec.ca/agriculture-environnement-et-ressources-naturelles/forets/entreprises-industrie/soutien-industrie-forestiere/strategie-developpement-industrie>.
- Groat, L. & Wang, D. 2002 . *Architectural Research Methods*, New York : John Wiley & Sons.
- Hensel, M. (2013). *Design innovation for the built environment: Research by design and the renovation of practice*. Routledge.
- Hernandez, P., & Kenny, P. (2010). Integrating occupant preference and life cycle energy evaluation: a simplified method. *Building Research & Information*, 38(6), 625–637. <https://doi.org/10.1080/09613218.2010.513209>
- Huynh, A., Dias Barkokebas, R., Al-Hussein, M., Cruz-Noguez, C., & Chen, Y. (2021). Energy-efficiency requirements for residential building envelopes in cold-climate regions. *Atmosphere*, 12(3), 405.
- Kim, D. Y., & Kim, S. A. (2017). An exploratory model on the usability of a prototyping-process for designing of smart building envelopes. *Automation in Construction*, 81, 389-400.
- Korjenic, A., Petránek, V., Zach, J., & Hroudová, J. (2011). Development and performance evaluation of natural thermal-insulation materials composed of renewable resources. *Energy and Buildings*, 43(9), 2518-2525.
- Leoto, R., & Lizarralde, G. (2019). Challenges for integrated design (ID) in sustainable buildings. *Construction Management and Economics*, 37(11), 625–642. <https://doi.org/10.1080/01446193.2019.1569249>
- Liu, A. M., & Chan, I. Y. (2017). Critical role of the learning transfer climate in fostering innovation in construction. *Journal of Management in Engineering*, 33(3), 04016050.
- Lizarralde, G., Bourgault, M., Drouin, N., & Viel, L. (2014). Stakeholder integration champions and innovation in the built environment. *Construction Innovation*, 47-63.
- Loonen, R. C. G. M., Singaravel, S., Trčka, M., Cóstola, D., & Hensen, J. L. M. (2014). Simulation-based support for product development of innovative building envelope components. *Automation in Construction*, 45, 86-95.

- Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs. (2018). Politique d'intégration du bois dans la construction. Gouvernement du Québec.
- Mahmoud, B., Lehoux, N., Blanchet, P., & Cloutier, C. (2022). Barriers, strategies, and best practices for BIM adoption in Quebec prefabrication small and medium-sized enterprises (SMEs). *Buildings*, 12(4), 390.
- Natephra, W., Yabuki, N., & Fukuda, T. (2018). Optimizing the evaluation of building envelope design for thermal performance using a BIM-based overall thermal transfer value calculation. *Building and Environment*, 136, 128-145.
- Nicole, L., Rozes, L., & Sanchez, C. (2010). Integrative approaches to hybrid multifunctional materials: from multidisciplinary research to applied technologies.
- Ozorhon, B., Abbott, C., & Aouad, G. (2014). Integration and leadership as enablers of innovation in construction: Case study. *Journal of management in engineering*, 30(2), 256-263.
- Padilla-Rivera, A., Amor, B. & Blanchet, P. (2018). Evaluating the Link between Low Carbon Reductions Strategies and Its Performance in the Context of Climate Change: A Carbon Footprint of a Wood-Frame Residential Building in Quebec, Canada. *Sustainability*, 10(8), 2715. <https://doi.org/10.3390/su10082715>
- Pathirage, C. P., Amaratunga, D., & Haigh, R. (2008). The role of philosophical context in the development of theory: Towards methodological pluralism. *The Built and Human Environment Review*, 1(1).
- Proverbs, D., & Gameson, R. (2008). Case study research. In A. Knight & L. Ruddock (Eds.), *Advanced research methods in the built environment* (pp. 99-110). Wiley-Blackwell
- Ressources Naturelles Canada. (2019). Construction en bois massif au Canada. Gouvernement du Canada. Retrieved from <https://www.rncan.gc.ca>
- Roth, P. A. (2019). *Meaning and method in the social sciences: A case for methodological pluralism*. Cornell University Press.
- Richard, R.-B. (2022). Les stratégies et technologies de l'industrialisation du bâtiment, *Magazine Formes*, Vol. 18 No 2, 11 décembre, 65-94.
- Toivonen, R., Lilja, A., Vihemäki, H., & Toppinen, A. (2012). Future export markets of industrial wood construction - A qualitative backcasting study. *Forest Policy and Economics*, 128. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2021.102480>
- Yin, R. K. (2009). *Case study research: Design and methods* (Vol. 5). Sage.

Références additionnelles

- Zak Engineered Timber Envelopes London : <https://www.youtube.com/watch?v=nwkxxFbSIUk>
- <https://www.passivehousecanada.com/>
- <https://passivehouseplus.co.uk/>
- <https://buildingscience.com/>
- <https://buildingscience.com/documents/bareports/ba-1405-draft-climate-specific-passive-building-standards/view>

- <https://cwc.ca/wp-content/uploads/2023/03/Fondations-permanentes-en-bois-2023.pdf>
- <https://frereswood.com/products-and-services/mass-ply-products/mass-ply-panel/>
- https://www.naturallywood.com/wood-performance/health-biophilia/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwhYS_BhD2ARIsAJTMMQYZ2UtrOx6eY5BALQb0kcdj_lorT5Cp-KwYcBSxsqKdPkozO5VmJx8waAn-TEALw_wcB

Calendrier

La première partie du stage (1^{er} mai au 22 mai) se déroulera sous la forme d'un concours d'idées : Chaque étudiant développera deux options au cours des trois premières semaines de stage, lesquelles seront revues et validées par un panel d'experts.

JEUDI 1ER MAI 2025 : DÉMARRAGE DE L'EXERCICE

Local # 3059 au 3ième étage, Faculté de l'aménagement

9h Présentation des participants et présentation de l'exercice par **Gonzalo Lizarralde**, professeur

9h30 Présentation du projet référence à Laval par **Simon Mammone**, Directeur du développement immobilier chez Village Urbain, **Jean Pelland**, architecte chez Sidlee et **Thibaut Lefort**, Ingénieur en structure chez Latéral

10h30 Consultation de la documentation de Cecobois

13h Présentation de **Richard Trempe**, architecte chez Trempe Architecte : Aspects techniques à considérer

14h **Rencontre en ligne avec Art Massif et Habitations Mont Carleton (tous en ligne)**

15h Consultations avec **Richard Trempe**

16h Travail individuel

VENDREDI 2 MAI

9h à 10h30 : Présentation et rencontre avec **Roger B. Richard**, architecte et professeur: Enjeux de la préfabrication et précédents

10h30 à 17h : Travail individuel sur les précédents d'enveloppes préfabriquées. Chaque stagiaire documentera trois cas

LUNDI 5 MAI

Toute la journée

Travail individuel sur les précédents d'enveloppes préfabriquées.

MARDI 6 MAI

Toute la journée : stagiaires en déplacement

12h à 14h30 : Visite de l'usine d'Art Massif

MERCREDI 7 MAI

Toute la journée

Travail individuel sur les précédents d'enveloppes préfabriquées.

JEUDI 8 MAI

9h à 10h30 : Présentation et rencontre (en ligne) avec **Julie Trottier**, architecte chez UL et Claudio Bardetti, directeur technique chez UL : Les joints et plans d'étanchéité

10h30 à 17h : Travail individuel sur les précédents d'enveloppes préfabriquées.

VENDREDI 9 MAI

9h à 10h30 : Présentation et rencontres avec **Cassandra Lafond**, ingénieure, chercheuse chez FPInnovations

10h30 à 12h : Présentation des précédents. Chaque stagiaire présentera ses précédents. Commentaires par : **Cassandra Lafond, Anne-Marie Petter et Mauro Cossu**

En après-midi : Travail individuel sur les nouvelles idées à développer

LUNDI 12 MAI

9h à 10h30 : Présentation et rencontre avec **Jhonny Gamboa**, architecte chez Jodoin Lamarre Pratte : Les enjeux de l'enveloppe

10h30 à 12h : Présentation et rencontre avec **Christiane Bérubé**, directrice générale, Nature Fibres : Les isolants biosourcés

13h à 17h : Travail individuel sur les nouvelles idées à développer

MARDI 13 MAI

Toute la journée : Travail individuel sur les nouvelles idées à développer

MERCREDI 14 MAI

9h à 12h : Consultations et échanges sur les nouvelles idées, avec **Gonzalo Lizarralde et Anne-Marie Petter**

En après-midi : Travail individuel sur les nouvelles idées à développer

JEUDI 15 MAI

9h à 10h30 : Présentation et rencontre avec **Carlo Carbone**, architecte et professeur à l'UQAM : La préfabrication de l'enveloppe du bâtiment

10h30 à 17h : Travail individuel sur les nouvelles idées à développer

VENDREDI 16 MAI

9h à 12h : Travail individuel sur les nouvelles idées à développer

13h à 16h: Rencontre avec **Richard Trempe** : revue du projet en vue d'améliorations

LUNDI 19 MAI : CONGÉ

MARDI 20 MAI

9h à 11h : Consultations et échanges sur les nouvelles idées, avec **Stephan Langevin**, architecte chez STGM

En après-midi : Travail individuel sur les nouvelles idées à développer

MERCREDI 21 MAI

9h à 11h : Consultations et échanges sur les nouvelles idées, avec **Martin Houle**, architecte chez ELEMA

En après-midi : Travail individuel sur les nouvelles idées à développer

JEUDI 22 MAI : PRÉSENTATION INTERMÉDIAIRE

9h à 12h : Travail individuel sur les nouvelles idées à développer

13h00 à 17h00

Présentations des stagiaires et commentaires par les professeurs et partenaires du projet :

Gonzalo Lizarralde (professeur UdeM)
Daniel Pearl (architecte, l'ŒUF et professeur UdeM)
Richard Trempe (architecte, Trempe Architecte)
Cassandra Lafond (ingénieure, FPInnovations)
Steve Desrosiers (président, Art Massif)
Dave Savard (directeur des ventes et du marketing, Art Massif)
Stephan Langevin (architecte, STGM)
Simon Mammone (promoteur immobilier, Village Urbain)
Jean Pelland (architecte, Sidlee)
Thibaut Lefort (ingénieur, Latéral)

LIVRABLES

- Présentation de 15 minutes par stagiaire : Précédents, Pour deux solutions : explication de l'approche, plans, coupes, détails de construction et autres dessins pertinents
- Modélisation de l'un des deux systèmes (logiciel au choix des étudiants)

- Maquette à l'échelle 1:5 de l'un des deux systèmes (montrant joint entre deux modules à l'horizontale, joint à une dalle à la verticale – modules coupés pour illustrer les systèmes et circonscrire la maquette)

À l'issue de cette évaluation, un modèle sera choisi et développé conjointement par les quatre stagiaires au cours des dernières semaines de stage (23 mai au 12 juin).

VENDREDI 23, LUNDI 26, MARDI 27 MAI

Toute la journée : Travail collectif sur deux idées à développer

MERCREDI 28 MAI

9h à 12h : Consultations et échanges avec **Anne-Marie Petter**. Définition d'une solution à développer à l'échelle 1:1

Après-midi : travail collectif sur une idée à développer

JEUDI 29, VENDREDI 30 MAI

Toute la journée : Travail collectif sur une idée à développer

LUNDI 2 JUIN

9h à 10h30 : Présentation et rencontre avec **Lisa Hasan**, architecte, candidate au PhD : Le code et les normes

10h30 à 17h : Travail collectif sur une idée à développer

MARDI 3 JUIN

9h à 12h : Rencontre avec **Richard Trempe** : revue du projet et de ses détails techniques

13h à 17h : Travail collectif sur une idée à développer

MERCREDI 4, JEUDI 5, VENDREDI 6 JUIN

Toute la journée : Travail collectif sur une idée à développer

LUNDI 9 JUIN

9h à 12h : Consultations et échanges avec **Gonzalo Lizarralde et Benjamin Herazo**

Après-midi : travail collectif sur une idée à développer

MARDI 10, MERCREDI 11 JUIN

Toute la journée : Travail collectif sur une idée à développer. Construction du prototype à l'échelle 1:1

JEUDI 12 JUIN 2025 : PRÉSENTATION FINALE

9h à 13h : Montage de l'exposition

13h30 à 16h

Présentations des stagiaires et commentaires par les professeurs et partenaires du projet :

Gonzalo Lizarralde (professeur UdeM)
Wassim Kharrat (MRNF)
Daniel Pearl (architecte, l'ŒUF et professeur UdeM)
Richard Trempe (architecte, Trempe Architecte)
Cassandra Lafond (ingénieure, FPInnovations)
Steve Desrosiers (président, Art Massif)
Dave Savard (directeur des ventes et du marketing, Art Massif)
Martin Houle (architecte, ELEMA)
Simon Mammone (promoteur immobilier, Village Urbain)
Jean Pelland (architecte, Sidlee)
Thibaut Lefort (ingénieur, Latéral)
Anne Marchand (professeure, UdeM)
Charles-Alexandre Rioux (Directeur stratégie, RIOUX | HMC)

17h00 à 19h

Exposition et réseautage

LIVRABLES

- Présentation de 30 minutes: Précédents, Pour deux solutions : explication de l'approche, plans, coupes, détails de construction et autres dessins pertinents
- Planches : explication de l'approche, plans, coupes, détails de construction et autres dessins pertinents
- Modélisation de l'un des deux systèmes (logiciel au choix des étudiants)
- Maquette à l'échelle 1:1 de l'un des deux systèmes (montrant joint entre deux modules à l'horizontale, joint à une dalle à la verticale – modules coupés pour illustrer les systèmes et circonscrire la maquette)

Note : les matériaux pour les maquettes seront payés par le projet

CADRE DE GESTION DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE ET DE L'INFORMATION CONFIDENTIELLE LIÉES AU PROJET :

« LABORATOIRE INTERFACES R&D SUR L'INNOVATION ET LA QUALITÉ DANS LA CONSTRUCTION EN BOIS » ou « LAB INTERFACES BOIS »

le « Cadre »

Le 1er septembre 2023, une subvention du Ministère des Ressources Naturelles et des Forêts (le « **MRNF** ») a été octroyée au professeur Gonzalo Lizarralde de l'Université de Montréal (l'« **UdeM** ») à titre de Chercheur Principal (le « **Chercheur Principal** ») pour la réalisation d'un projet de recherche intitulé « *Laboratoire INTERFACES R&D sur l'innovation et la qualité dans la construction en bois* » (le « **Projet** ») en collaboration avec des co-chercheurs de l'UdeM, Polytechnique Montréal et l'Université du Québec à Montréal (ensemble, les « **Établissements d'enseignement** »), et avec l'appui de partenaires industriels (les « **Partenaires** ») qui y contribuent en espèces et/ou en nature.

Durant l'exécution du Projet, des éléments de propriété intellectuelle pourraient être développés au sein des Établissements d'enseignement et de l'information confidentielle (l'« **Information confidentielle** ») pourrait être échangée entre les Établissements d'enseignement et les Partenaires.

La présente lettre vise à informer les Établissements d'enseignement et les Partenaires des modalités du Cadre établi par l'UdeM:

PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

Le Projet sera réalisé en partie par des étudiants, de premier cycle et/ou de cycles supérieurs, dans le cadre de leurs études, que ce soit à l'occasion d'ateliers, de cours, d'un stage, d'un travail dirigé, de la préparation d'un mémoire ou d'une thèse. Ces étudiants seront accompagnés et appuyés par des professeurs, en plus d'employés de soutien à la recherche des Établissements d'enseignement;

Le travail effectué par des étudiants, professeurs et employés de soutien à la recherche dans le cadre de leurs études ou fonctions à l'UdeM pourrait mener à la création d'éléments de propriété intellectuelle qui peuvent prendre plusieurs formes telles que des résultats techniques, des plans, des modèles 3D, des maquettes, des prototypes, des méthodes, des produits, du savoir-faire et des données, que ces éléments soient protégeables ou non en vertu de lois sur la propriété intellectuelle en vigueur au Canada (les « **Produits Universitaires** »);

La Politique 60.13 de l'UdeM intitulée « Politique de l'Université de Montréal sur la Propriété Intellectuelle », par ailleurs disponible au public, établit que l'UdeM dispose d'une option sur l'exploitation commerciale de tout Produit Universitaire développé par les étudiants, employés et professeurs de l'UdeM dans le cadre de leurs études ou de leurs fonctions, ou encore en bénéficiant des ressources de l'UdeM;

Ainsi, tout Partenaire intéressé par l'exploitation commerciale d'un Produit Universitaire avant, pendant ou après sa création dans l'exécution du Projet devra manifester son intérêt au Chercheur Principal qui pourra ensuite suivre les procédures internes de l'UdeM applicables au transfert de quelque droit que ce soit nécessaire à l'exploitation commerciale d'un Produit Universitaire. Des ententes spécifiques pourraient alors être mises en place par les services administratifs de soutien à

la recherche de l'UdeM. Toutes les options de transfert de droits pourront être considérées pour préserver l'esprit collaboratif du Projet.

Les Établissements d'enseignement autres que l'UdeM qui participent au Projet disposent de leurs propres politiques en matière de propriété intellectuelle. Les Partenaires devront s'entendre avec ces Établissements d'enseignements pour une propriété intellectuelle qui serait développée par un de leurs étudiants, professeurs ou employés.

INFORMATION CONFIDENTIELLE

Une entente de confidentialité sera mise en place pour tous les participants au Projet. Seules les informations identifiées « confidentielles » seront protégées par cette entente. La mise en place de cette entente vise à protéger la confidentialité de Produits Universitaires qui pourraient être transférés à un, voire des, Partenaires, en plus de protéger la confidentialité d'information appartenant aux Partenaires.

Les Produits Universitaires développés dans le cadre du Projet pourront faire l'objet de publications, s'ils ne sont pas identifiés comme étant « confidentiels ». Lorsqu'un Partenaire manifestera un intérêt à l'égard de l'exploitation commerciale d'un Produit Universitaire de l'une des façons énoncées ci-dessus, le Produit Universitaire pourra être identifié comme étant « confidentiel » et les publications à son égard pourront exceptionnellement être suspendues pour permettre au Partenaire et l'UdeM d'établir les modalités raisonnables de ces publications qui permettront une exploitation commerciale.

À l'inverse, un Partenaire pourrait vouloir divulguer de l'information confidentielle au Chercheur Principal, à ses co-chercheurs de l'UdeM et des autres Établissements d'Enseignement, et/ou aux autres « Partenaires ». En pareilles circonstances, le Partenaire concerné devra s'assurer d'identifier les informations confidentielles avant de les partager.

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

Par: _____ Date : _____

Nom : Lynda Adam

Titre : Directrice Valorisation, Innovation et Partenariat

PARTENAIRE

Par: _____ Date : _____

Nom :

Titre :