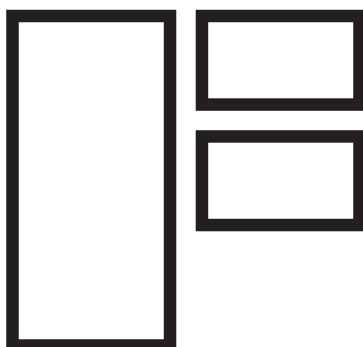


FORMES



Une enveloppe bien pensée

Architecture
Sobre et durable

Territoire
Iniquités territoriales

Objet
MTL – Repère design ?

Matériaux
Résidus du bois

Environnement
Katrina et Cie



POSTE PUBLICATION 41060025
8,95 \$ CA





Comparativement aux bardeaux réguliers, la **Technologie SureNail®** offre deux fois la résistance de collage et une bande d'adhérence commune pouvant aller jusqu'au double dans la zone de clouage. Grâce à la Technologie SureNail®, résistance et durabilité font partie intégrante de chaque bardeau de la série Duration® TruDefinition®. La bande SureNail®, un robuste matériau d'ingénierie tissé intégré dans la zone de clouage, procure une zone de clouage cible facile à repérer assurant une installation rapide, fiable et de qualité. Grâce à l'héritage de la marque Owens Corning, vous pouvez être sûr avec la Technologie SureNail®. **Faites confiance à l'adhérence.**



TECHNOLOGIE
SURENAIL®

1-800-438-7465 ou visitez le site www.owenscorning.ca

LA PANTHÈRE ROSE™ & © 1964-2018 Metro-Goldwyn-Mayer Studios Inc. Tous droits réservés. La couleur ROSE est une marque déposée de Owens Corning. © 2018 Owens Corning. Tous droits réservés. La Technologie SureNail® n'est pas une garantie de performance dans toutes les conditions météorologiques. La Technologie SureNail® est offerte seulement pour les bardeaux de la série Duration® d'Owens Corning. La Technologie SureNail® est une propriété exclusive protégée aux États-Unis et à l'étranger et comprend les n°s de brevets américains 7,836,654; 8,156,704; 8,181,413; 8,240,102; 8,430,983; 8,607,521; 8,623,164; 8,752,351; 8,991,130; 9,121,178 et autres brevets en instance.



Tour du stade olympique
Source : Provencher_Roy - Photo : Clémence Perrin

9
Mot de l'éditeur

10
Le Relais de Chambord –
Se renouveler en patrimoine

15
Montréal – Un repère en design ?

18
Acceptabilité sociale –
Oui dans ma cour !

24
Manifeste pour une
architecture durable

28
Montréal – Les iniquités territoriales

65
Reconstruire après une
catastrophe naturelle

68
Les leçons de Katrina et Cie

72
Des résidus de bois à l'enfouissement

78
Prix Habitat Design –
Les lauréats 2018

81
Index



SOMMAIRE

34
Dossier
Enveloppe du bâtiment

37
Chasse aux ponts thermiques

42
Du bon usage du verre

48
Réflexion sur l'étanchéité



52
Le verdict de la simulation

55
Des matériaux qui fondent
et se solidifient

58
Des fenêtres qui changent de teinte

60
Bibliothèque de Varennes

Erratum – La bonne œuvre

Dans notre précédente édition, dans le texte « L'art public : doit-on nécessairement le définir ? », une erreur de dénomination s'est glissée pour l'œuvre de Roland Poulin. La sculpture à la mémoire de Pierre Perreault se nomme *Continuum 2009*.

Toutes nos excuses.



Bénéficiez des conseils de nos experts
et d'un soutien technique privilégié.

Profitez d'un appui financier
grâce à l'option Conception
intégrée du programme Bâtiments
d'Hydro-Québec.

Réalisez un bâtiment à haut rendement énergétique avec l'appui d'Hydro-Québec.

Hydro-Québec, partenaire de vos stratégies d'affaires.

hydroquebec.com/affaires

FORMES.CA

Abonnez-vous au magazine



Abonnez-vous au magazine *FORMES*
dès maintenant pour seulement
29,95 \$ CA.

- 6 numéros du magazine *FORMES*
- Économisez 35 % sur le prix en kiosque

FORMES recherche des collaborateurs



Architecte, urbaniste ou designer?
Vous souhaitez donner de la visibilité
à vos réalisations dans un magazine
qui a plus de 40 000 lecteurs dans
toute la francophonie?

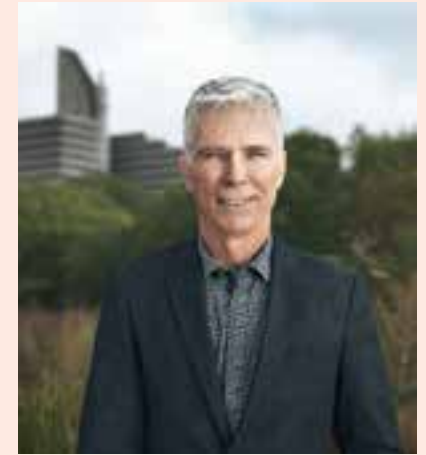
Nous recherchons des spécialistes
passionnés par leur domaine dans les
champs d'expertise suivants :

**Architecture
Territoire
Objet
Matériaux
Environnement**

Professeurs, chargés de cours,
étudiants, professionnels, designers,
journalistes, manifestez-vous !

Écrivez-nous à info@formes.ca

MOT DE L'ÉDITEUR



Crédit : Christian Blais

Fractures urbaines

Les indicateurs économiques sont au vert. À l'échelle du Québec, les statistiques sont fort favorables. Mais un regard plus pointu sur la réalité montréalaise révèle un tout autre portrait, selon que l'on se trouve à l'est ou à l'ouest du territoire. Christian Yaccarini, président et chef de la direction de la Société de développement Angus, a brossé ce portrait dans le cadre des conférences *FORMES*. Son propos révèle un territoire montréalais marqué par de profondes inégalités. Le titre de son allocution, « Une ville est aussi riche que son quartier le plus pauvre », exprime les fractures est-ouest et centre-périphérie. Notre nouvelle collaboratrice, Charlotte Lheureux, a poursuivi la discussion avec M. Yaccarini. Son texte traite de la problématique de l'iniquité territoriale en région montréalaise, qui s'exprime tout autant dans le tissu socioéconomique que spatial.

FORMES accueille deux autres collaboratrices. Eve-Marie Surprenant propose un texte à portée sociale qui n'est pas sans parenté avec le propos du précédent. Elle soulève dans son papier le rôle des promoteurs immobiliers dans la communication en matière d'acceptabilité sociale. Pour sa part, Laurie Bedikian nous présente « Montréal, un repère en matière de design ? ».

Le texte de Marie Gagnon, « Manifeste pour une architecture sobre et (vraiment) durable », questionne une tendance de fond observée dans la production architecturale, celle de « l'accoutrement grandiloquent des formes » et l'impact de cette démesure en matière environnementale.

Du côté des techniques de construction, ce numéro contient un dossier élargi sur le thème de l'enveloppe du bâtiment. Réfléchi dans le cadre du colloque annuel du Conseil de l'enveloppe du bâtiment du Québec, ce dossier rédigé par Valérie Levée aborde l'enveloppe du bâtiment sous divers angles.

Valérie Levée nous soumet trois autres textes, l'un sur la problématique des résidus de bois qui vont encore à l'enfouissement, malgré une annonce en 2011 de son bannissement en 2014, et deux autres avec pour trame de fond les catastrophes naturelles. « Reconstruire après une catastrophe naturelle » pose la question : Comment redonner un toit aux populations et comment remettre en état les infrastructures ? Tandis que « Les leçons de Katrina et Cie » propose une piste de réflexion : apprendre du passé pour parer aux catastrophes à venir.

Pour sa part, Manon Sarthou offre un sujet patrimonial avec un portrait du Relais de Chambord, signé par l'architecte Jean-Michel Wilmotte, une réalisation qui s'inscrit dans le cadre d'un ensemble architectural classé depuis 1840.

Bonne lecture !

Claude Paquin, éditeur

Le bâtiment économe, c'est une enveloppe bien pensée

34



UN DOSSIER DE VALÉRIE LEVÉE

Avant de sortir dehors affronter le froid, la pluie ou le vent, nous nous enveloppons d'une couche de vêtements appropriés aux conditions météorologiques. De la sorte, nous soulageons notre système de chauffage central corporel et nous économisons notre carburant. Si nous sortons sans vêtements chauds contre le froid hivernal, sans vêtement coupe-vent contre le nordet, sans imperméable contre les froides pluies automnales, l'humidité, le froid, le vent vont nous pénétrer jusqu'à la moelle. Notre système va dépenser de l'énergie pour se réchauffer et il va crier famine. Il faudra le nourrir davantage pour lui fournir un apport supplémentaire d'énergie. Peut-être même, attraperons-nous un rhume et notre état se dégradera.

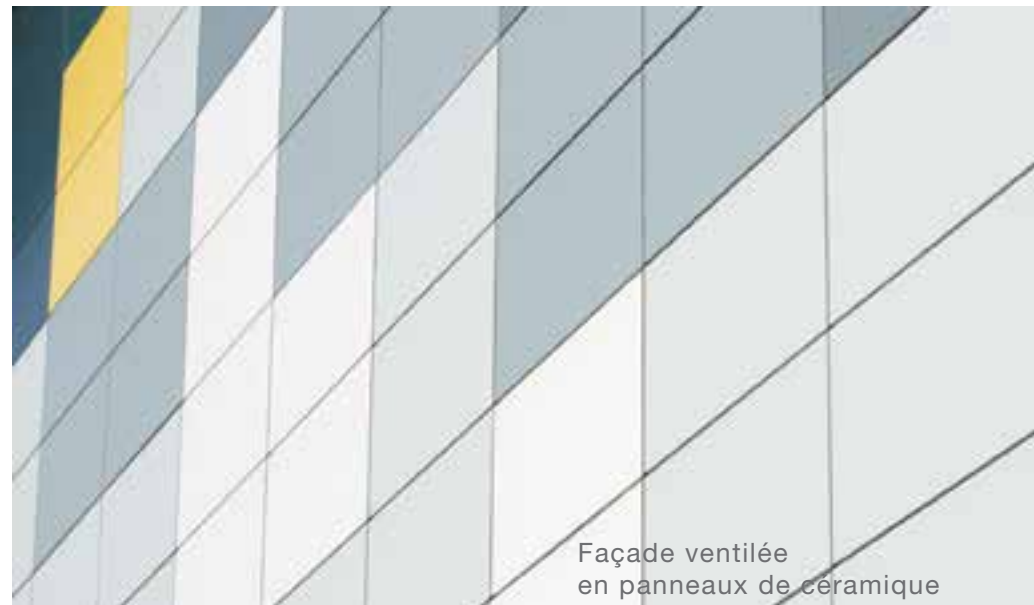
35





COMPLEXE AQUATIQUE LAURIE-EVE-CORMIER
Consortium : Poirier Fontaine Architectes / Riopel + Associés Architectes
Photographe : Olivier Gariépy

Adoptez
une enveloppe
du bâtiment
qui contribue
à un avenir
plus propre



Façade ventilée
en panneaux de céramique



1 866 384-5590

[f](#) [i](#) [p](#) [houzz](#) ceragres.ca

La Colombie-Britannique fait la chasse aux ponts thermiques

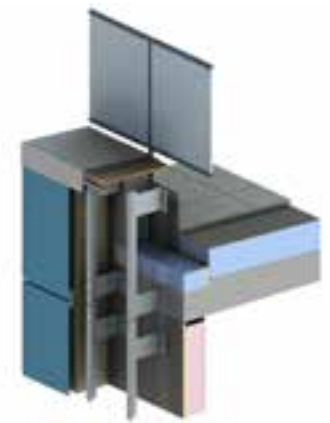
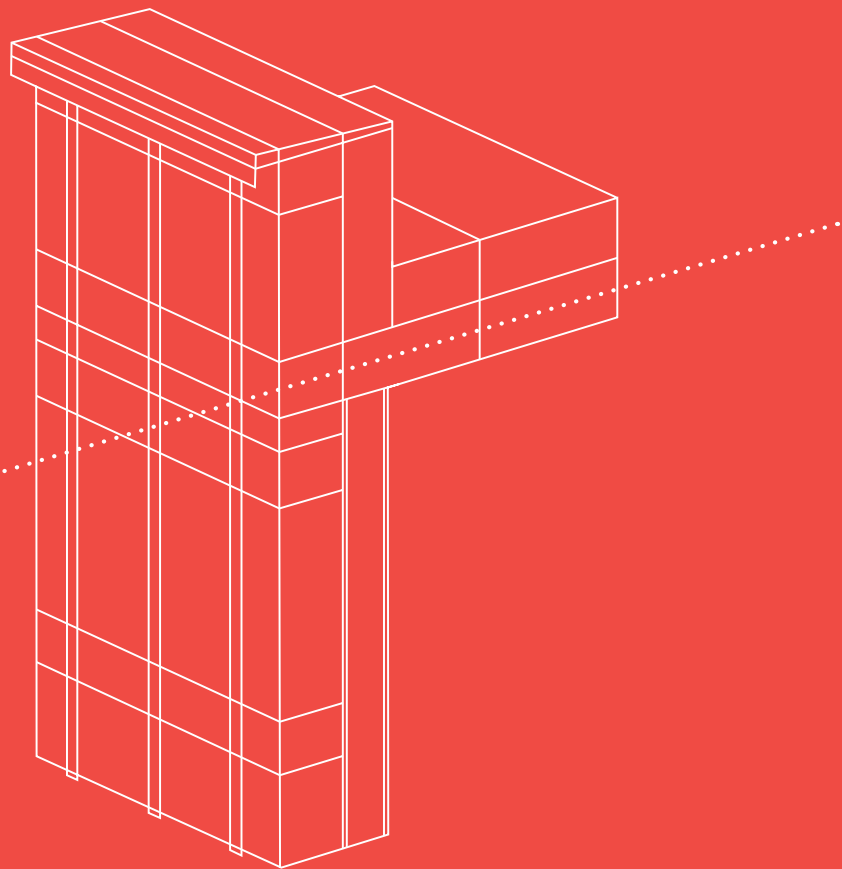
L'enveloppe a un ennemi : le flux thermique. Elle doit lui résister avec un grand R, pour résistance thermique. C'est le rôle de l'isolant auquel s'ajoutent les autres matériaux de l'enveloppe qui, chacun, ajoutent un petit surplus de résistance thermique. Mais l'enveloppe est aussi traversée par des matériaux de faible résistance thermique, voire conducteurs, qui font office de ponts thermiques pour conduire la chaleur à travers l'enveloppe. Dans une recherche d'efficacité énergétique des bâtiments, ces ponts thermiques ne peuvent plus être négligés et la Colombie-Britannique les a mis en ligne de mire dans son nouveau Code énergétique du bâtiment.

Au niveau national, les exigences en matière de résistance thermique sont dictées par le Code national de l'énergie pour les bâtiments (CNEB) 2015 pour les édifices de plus de trois étages et de plus de 600 m² et dans la partie 11, chapitre 1, Bâtiment du Code national du bâtiment (CNB) pour les petits bâtiments. Le Québec n'a pas encore adopté le CNEB 2015, ni même le CNEB 2011 et réglemente encore la résistance thermique des grands bâtiments avec la Loi sur l'économie de l'énergie dans le bâtiment, vieille de 1983! Par contre, pour les petits bâtiments, le Québec a bien transposé dans son Code de construction la partie 11, du chapitre 1 du CNB.



Source : Brian Tafel

« Pour une estimation de la consommation la plus proche possible de la réalité, les valeurs de résistance thermique doivent elles-mêmes être les plus précises possibles et donc tenir compte des ponts thermiques présents dans les divers assemblages de murs ou de toitures d'un bâtiment. »



Sur un toit, un parapet doit être isolé de la structure pour ne pas être un pont thermique. Détail illustrant la transition du mur avec ossature en acier au toit en béton, avec isolant à l'extérieur de la structure et un parapet supportant une balustrade.

Source : Morrison Hershfield

Le Code distingue les parties opaques d'un mur par opposition aux ouvertures des portes et des fenêtres. Il distingue aussi les différentes parties de l'enveloppe que sont la toiture, les murs, les planchers et la dalle de fondation. Dans sa voie normative, le Code exige d'atteindre pour les sections opaques de chaque partie de l'enveloppe, et en fonction de la zone géographique, une résistance thermique donnée. Par exemple, pour un mur hors sol dans le sud du Québec, la valeur R totale est 24,5, illustre **Denis Boyer**, coordonnateur en efficacité énergétique chez **Écohabitation**. La valeur R totale se calcule alors en additionnant les résistances thermiques respectives de toutes les composantes de l'enveloppe, du revêtement extérieur jusqu'au gypse intérieur, en passant évidemment par l'isolant. Mais ces couches de matériaux sont interrompues par l'ossature en bois ou en acier qui offre à la chaleur un pont pour traverser l'enveloppe. La valeur R totale tend donc à surestimer la résistance réelle. C'est pourquoi le CNEB a introduit la R effective qui corrige la valeur R totale par la résistance thermique de l'ossature en fonction de la surface qu'elle représente dans le mur. Pour éviter ce calcul un peu complexe, le Code de construction s'en tient à la valeur R totale et demande de couvrir les ponts thermiques par un isolant d'une valeur de R 4. Le CNEB de même que la norme Novoclimat 2.0, plus exigeants, demandent de calculer la valeur R effective. Mais la Colombie- Britannique va encore plus loin.

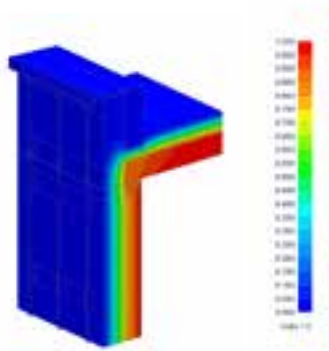
Changement de cap pour la Colombie-Britannique

La Colombie-Britannique n'a pas non plus adopté le CNEB 2015, mais elle a édicté son propre code, le BC Energy Step Code, en vigueur depuis avril 2017. Ce code encadre spécifiquement la performance de l'enveloppe, indépendamment de l'efficacité des systèmes mécaniques du bâtiment. L'objectif, en séparant l'enveloppe des systèmes mécaniques, est d'optimiser la performance passive de l'enveloppe. « Beaucoup de bâtiments ont une enveloppe qui ne performe pas bien et on met un système mécanique de chauffage et de climatisation pour compenser », constate **Catherine Lemieux**, consultante ingénieure en enveloppe du bâtiment chez **Morrison Hershfield**. Mais surtout, la nouveauté du Code n'est plus de viser une valeur R totale ou effective donnée, mais de viser une consommation d'énergie au mètre carré. « On regarde la performance du bâtiment comme telle et non la résistance de tous les assemblages d'enveloppe séparément », précise Catherine Lemieux. Au lieu de calculer la résistance des assemblages qui constituent le mur ou la toiture et de vérifier qu'elle atteint la valeur prescrite par le CNEB (ou le CNB) ou de la comparer avec celle d'un bâtiment modèle, il faut, selon le BC Energy Step Code, déterminer les résistances thermiques nécessaires pour chaque assemblage afin d'atteindre un seuil de consommation d'énergie totale pour le bâtiment en question, en utilisant un logiciel de simulation. L'objectif est alors de ne pas dépasser la consommation maximale autorisée par le Code en fonction de l'étape du Code, car comme son nom l'indique, le BC Energy Step Code procède par étapes et prévoit de réduire les objectifs de consommation maximale au fil des ans. La première étape est équivalente au CNEB, mais l'objectif de la deuxième étape est de réduire la consommation à 45 kWh/m²/an pour parvenir ultimement à une consommation de 15 kWh/m²/an.

Une sous-estimation de taille

Pour une estimation de la consommation la plus proche possible de la réalité, les valeurs de résistance thermique doivent elles-mêmes être les plus précises possibles et donc tenir compte des ponts thermiques présents dans les divers assemblages de murs ou de toitures d’un bâtiment. Un balcon qui serait une extension directe d’une dalle de plancher vers l’extérieur et, au même titre, un parapet qui sort du toit conduisent évidemment la chaleur vers l’extérieur. Les éléments structuraux sont aussi des discontinuités dans l’isolant qui conduisent la chaleur vers l’extérieur. Ces ponts thermiques sont bien connus, mais, prévient Catherine Lemieux, les attaches et les vis qui fixent le revêtement extérieur sur des lattes de bois, elles-mêmes fixées sur l’ossature ou un isolant extérieur sont aussi des ponts thermiques. Ces attaches ont beau être minimes, leur multitude leur donne de l’importance. La transition entre une fenêtre et le mur est un autre pont thermique jusque-là négligé.

« Historiquement, on n’a pas pris en compte les ponts thermiques comme on aurait dû et la performance des assemblages n’est pas aussi bonne qu’on le croyait. Par exemple, pour un mur en ossature d’acier et de l’isolant de fibre de verre, la résistance peut être réduite de 40 % à cause des montants d’acier. R21 devient R12. Autre exemple, les rails et les attaches qui fixent le revêtement extérieur sur l’isolant diminuent la résistance de 30 %. Mais si les attaches sont en fibre de verre, la résistance ne diminue que de 10 à 20 % », illustre Catherine Lemieux. La conséquence de cette sous-estimation est que les systèmes de chauffage et de climatisation seront insuffisants. Si on entre 21 au lieu de 12 dans le simulateur pour connaître les besoins en chauffage et déterminer le système mécanique, celui-ci sera insuffisant pour les besoins réels et les occupants auront peut-être froid.



Modélisation démontrant l'efficacité du détail de parapet à minimiser les pertes thermiques.

Source : Morrison Hershfield

Le guide des ponts thermiques

Calculer la résistance effective des assemblages en tenant compte de tous ces détails s’apparente toutefois à un travail de moine. « Ce sont des matériaux qui n’ont pas vraiment de surface et les méthodes de calcul traditionnelles ne fonctionnent pas avec ces détails, reconnaît Catherine Lemieux. Mais le guide des ponts thermiques est l’outil idéal pour assister les architectes dans cet exercice. » Ce guide, c’est le *Building Envelope Thermal Bridging Guide*. Il détaille une centaine d’assemblages avec les ponts thermiques les plus courants dans les constructions au Canada et en donne la résistance thermique. Il est disponible gratuitement sur le site Internet de **BC Hydro**. Le développement de cette méthode a été initié par l’**American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers** (ASHRAE) qui a demandé à Morrison Hershfield de modéliser des ponts thermiques. BC Hydro et d’autres partenaires ont décidé de pousser le projet et ont engagé Morrison Hershfield pour le réaliser. Les collègues de Catherine Lemieux ont construit des assemblages avec et sans pont thermique et ont mesuré la chaleur qui les traverse pour quantifier l’effet du pont thermique considéré. En comparant les mesures réelles de résistance thermique de plusieurs assemblages aux simulations, ils ont calibré leur modèle qui a ensuite servi à estimer les valeurs de résistance thermique d’autres assemblages.

Les architectes et ingénieurs pourront entrer ces valeurs de résistance thermique dans un logiciel de modélisation, et à cette étape une modélisation en trois dimensions donnera une simulation encore plus réaliste. « La modélisation 3D prend en compte le flux thermique latéral et donc l’effet d’un assemblage sur un autre, explique Catherine Lemieux. Par exemple, une dalle est connectée à un mur par l’ossature d’acier et il y a un flux thermique qui part de la dalle et va à l’ossature. La modélisation 2D ne le regardait pas. »

Les architectes de la Colombie-Britannique vont devoir s’adapter au BC Energy Step Code qui leur demande de miser sur l’enveloppe pour réduire la consommation énergétique des bâtiments. Peut-être devront-ils réviser la place qu’ils accordent à la fenestration, car la relativement faible performance thermique de la fenestration par rapport aux murs opaques sera difficilement conciliable avec des objectifs de consommation énergétique maximale de 15 kWh/m²/an. « À Vancouver, c’est très populaire d’avoir beaucoup de fenêtres sur les belles vues. Mais avec 80 % de fenestration, on ne va pas atteindre les niveaux de performance, estime Catherine Lemieux. Il faudra limiter la fenestration ou avoir des systèmes plus performants et réduire les ponts thermiques. Ça va changer l’architecture. » —

FAÇADES VENTILÉES

- Température intérieure améliorée
- Insonorisation supérieure
- Élimination de la condensation
- Protection contre la pluie



Technologie avant-gardiste unique

6 mm d'épaisseur

Les dalles Maxfine osent des applications murales qui exploitent la légèreté et les dimensions, permettant de « coudre » une peau sur mesure à tout bâtiment.



marbre pierre granit onyx céramique quartz mosaïque
montréal québec brossard toronto vaughan mississauga detroit new york

ciot.com

Du bon usage du verre

La fenêtre est source de dilemme. Elle apporte la lumière, la chaleur du soleil, mais en matière de performance thermique, elle est le maillon faible de l’enveloppe. Entre le plaisir des yeux et l’efficacité énergétique, il y a des compromis à faire.

La fenêtre a d’autres fonctions que d’offrir une vue sur l’extérieur. C’est aussi un élément architectural esthétique avec lequel composent les architectes. Lorsqu’elle s’ouvre, elle joue le rôle d’aération pour renouveler l’air et rafraîchir les lieux. En laissant entrer la lumière naturelle, elle minimise les besoins en lumière artificielle et réduit la facture énergétique. Sauf quand le soleil darde sur les occupants ses rayons éblouissants qui nuisent au confort visuel. Le soleil qui entre dans une pièce apporte aussi sa chaleur sous forme de gains solaires, réduisant là aussi la facture énergétique en saison froide. Sauf que ces gains solaires sont inexistants la nuit, et qu’en hiver la période nocturne est bien plus longue que la période diurne. Comme la performance thermique d’une fenêtre est nettement moindre que celle du mur opaque adjacent, elle devient alors une cause de déperdition de chaleur. D’un autre côté, si la fenestration favorise effectivement les gains solaires, la surchauffe guette, en été et même en hiver. « Avec des fenêtres efficaces, s’il fait -25 °C, il peut faire +30 °C à l’intérieur », illustre **Denis Boyer**, coordonnateur en efficacité énergétique chez **Écohabitation**. Cette surchauffe risque de générer des déséquilibres thermiques dans le bâtiment entre les espaces chauffés par le soleil et les pièces à l’ombre. S’il faut compenser ces déséquilibres thermiques par des apports mécaniques, on risque de s’éloigner de l’efficacité énergétique et du développement durable. Pour que la fenêtre laisse entrer la lumière naturelle sans éblouir et la chaleur sans surchauffer, il y a un équilibre à trouver et un usage judicieux de la fenestration.

L’équilibre selon la réglementation

Dans un objectif d’efficacité énergétique, la réglementation exige que les fenêtres présentent une performance énergétique minimale en fonction de la zone climatique. Les petits bâtiments résidentiels de trois étages au plus et de moins de 600 m² doivent suivre la partie 11 du Code de construction du Québec. Pour les autres bâtiments, c’est la Loi sur l’économie de l’énergie dans le bâtiment, datant de 1983, qui prévaut – à moins de suivre, sur une base volontaire, le Code national de l’énergie pour les bâtiments (CNÉB). Dans tous les cas, la performance énergétique des fenêtres est exprimée par le coefficient de transmission thermique global, U, exprimé en W/m² K, explique **Louis Fortin**, chargé de projet et spécialiste du vitrage au **Conseil et laboratoire en enveloppe du bâtiment** (CLEB). La valeur U est l’inverse de la résistance thermique et elle réfère à la quantité d’énergie perdue correspondant au passage de 1 K à travers 1 m² de matériaux. Comme la performance thermique de la fenêtre est moindre que celle des murs opaques, la réglementation prescrit aussi un

pourcentage de fenestration par rapport aux murs opaques à ne pas dépasser. Pour les petits bâtiments résidentiels, la valeur U requise pour le sud du Québec est de 2 W/m² K et la fenestration ne doit pas dépasser 30 % de la surface des murs hors sol. Pour les autres bâtiments, et selon le Règlement sur l’économie de l’énergie dans les nouveaux bâtiments, la valeur U minimale d’une surface vitrée doit être de 2,86 W/m² K et la fenestration doit être inférieure à 15 % de l’air du plancher et à 40 % de la surface des murs, indique **Marie-Josée Deschênes**, directrice du service des consultations et mises en service au CLEB. « Mais le Code, c’est un minimum. On peut faire mieux », souligne son collègue **Claudio Bardetti**, directeur technique du même service. Les gains solaires peuvent en effet être optimisés selon l’orientation des fenêtres et avec des vitrages à faible émissivité.

Mettre les fenêtres du bon côté

Les gains solaires se présentent différemment dans un projet résidentiel ou commercial. « Les bureaux sont occupés le jour et des gens travaillent sur des ordinateurs. L’activité génère de la chaleur. On veut éviter de chauffer avec le soleil de midi. On préfère mettre la fenestration à l’est et au sud-est », décrit **Alejandro Montero**, le président de **TERGOS Architecture et Construction**. Inversement, les maisons sont vides le jour et le chauffage marche pour maintenir la température de consigne du thermostat. Si des gains solaires réchauffent l’intérieur, le système de chauffage sera moins sollicité. Dans les projets résidentiels, Alejandro Montero préconise donc de fenêtrer les façades sud. Pour éviter la surchauffe estivale, il faudra cependant occulter le soleil avec des stores ou des pare-soleil. « Il y a des pare-soleil orientables selon l’inclinaison du soleil, précise Louis Fortin. On peut aussi ajouter au vitrage de la céramique frittée blanche qui augmente la proportion de lumière réfléchie par le verre. » « En hiver, le soleil est assez bas sur l’horizon pour passer sous le pare-soleil et contribuer à la chauffe et, en été, le soleil est assez haut pour être bloqué par le pare-soleil, l’empêcher d’entrer et de créer de la surchauffe », abonde Denis Boyer. Selon lui, les trois autres façades devraient être fenêtrées avec parcimonie. « Au nord, les gains solaires sont négligeables et à l’ouest et à l’est, ils arrivent au mauvais moment », poursuit-il. Le soleil du matin et du soir est trop bas pour être bloqué par un pare-soleil et les rayons qui arrivent perpendiculairement au vitrage transmettent leur chaleur au maximum de leur puissance. Si, à l’est, le soleil dans l’atmosphère encore fraîche du matin est agréable, le soir à l’ouest, avec la chaleur accumulée dans la journée, c’est la surchauffe.

Alejandro Montero et Denis Boyer proposent tous deux de profiter de la masse thermique du plancher et des murs pour optimiser les gains solaires. Des matériaux comme de la maçonnerie, de la céramique, de l’ardoise ou du béton foncé et rugueux exposés au rayonnement solaire absorbent l’énergie lumineuse et emmagasinent la chaleur. En les disposant là où frappe le soleil à l’heure des gains solaires, ils vont emmagasiner la chaleur et la restituer quand le soleil poursuivra sa course. « Par exemple, au lieu d’avoir un plancher avec un tapis où la température monterait jusqu’à 30 °C, illustre Denis Boyer, avec un plancher en céramique, la température ne monterait qu’à 25 °C et le plancher restituerait la chaleur plus tard. Ça permet de lisser la courbe de température, donc d’abaisser les pointes de température maximale et donc les besoins énergétiques. » Inversement, « en été, si le plancher avec la masse thermique est maintenu à l’ombre, il va garder la fraîcheur », ajoute Alejandro Montero.



Choisir le bon vitrage

Les verres à faible émissivité sont enduits d’une couche d’oxyde métallique qui bloque la chaleur véhiculée par les infrarouges. Ces fenêtres sont caractérisées selon un coefficient de gains de chaleur solaire (CGCS) compris entre 0 et 1. Un faible coefficient réfléchit les infrarouges et laisse entrer moins d’énergie et inversement. De plus, explique Louis Fortin, si l’enduit à faible coefficient couvre la vitre externe d’un double vitrage, il réfléchit les infrarouges du soleil et diminue les gains solaires. Si l’enduit est sur la vitre interne, il réfléchit les infrarouges émis par le mobilier et retient donc la chaleur à l’intérieur. Plusieurs stratégies se présentent alors selon l’objectif recherché, la fonction du bâtiment et l’orientation de la façade. Au nord, pour retenir la chaleur à l’intérieur, Louis Fortin préconise d’utiliser un vitrage avec un enduit à faible coefficient sur la vitre intérieure. Pour limiter les gains solaires estivaux en face ouest ou sud, la solution serait aussi un vitrage avec un enduit à faible émissivité, mais sur la vitre externe. Pour maximiser les gains solaires en hiver, il faudra un enduit à coefficient élevé sur la vitre externe et en contrepartie, un pare-soleil pour éviter la surchauffe estivale. Le problème, observe Louis Fortin, est que les vitrages n’auront pas les mêmes teintes selon les façades et que ces variations interfèrent avec les critères esthétiques des architectes. D’un autre côté, il estime que jouer sur les différents verres à faible émissivité n’a qu’un effet marginal sur l’efficacité énergétique. Marie-Josée Deschênes ajoute que la couche faible émissivité augmente significativement les coûts du vitrage.



Pour que la fenêtre laisse entrer la lumière naturelle sans éblouir et la chaleur sans surchauffer, il y a un équilibre à trouver et un usage judicieux de la fenestration.

Combiner et modéliser

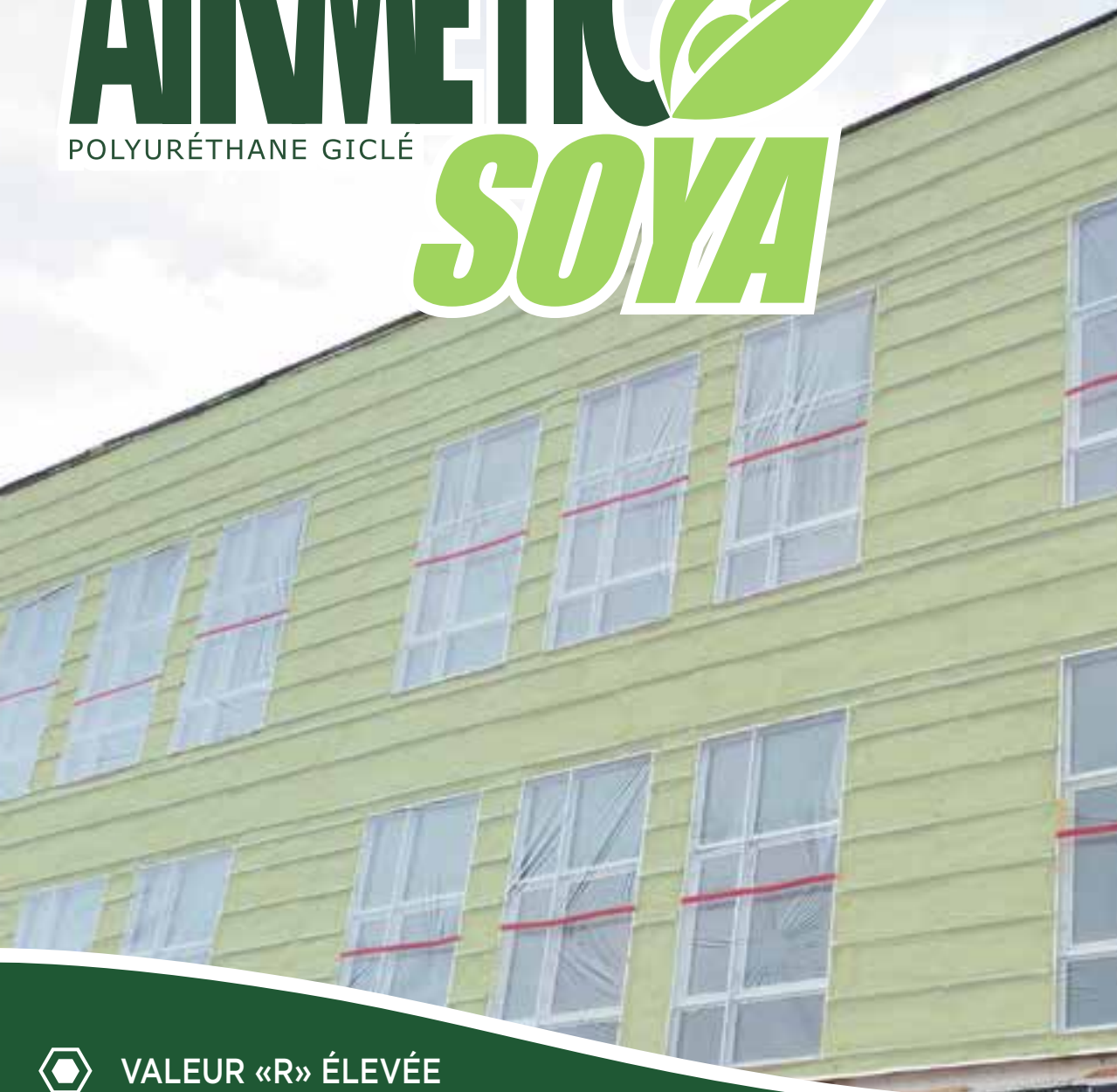
C’est finalement la combinaison d’un bon choix de vitre et de dimension des fenêtres qui permettra de contribuer à l’efficacité énergétique du bâtiment, mais il faudra la valider par simulation. C’est d’ailleurs une façon de contourner le ratio de fenêtres par mur prescrit par la réglementation, explique Claudio Bardetti. « On fait une modélisation du bâtiment en entrant toutes les données d’orientation, de type de verre, de valeur U, le rayonnement solaire, les systèmes mécaniques, la circulation d’air, la présence d’occupants en fonction des saisons pour déterminer l’énergie déployée dans le bâtiment et démontrer qu’il nécessite moins d’énergie que le bâtiment de référence conçu en respectant le ratio de fenêtre sur mur », explique Louis Fortin.

On peut toutefois se demander comment les murs-rideaux sont compatibles avec la recherche d’efficacité énergétique. « Les murs-rideaux ne sont pas du plein vitrage, rétorque Marie-Josée Deschênes, car le tympan occupe près de la moitié de la surface. » Par ailleurs, les murs-rideaux préfabriqués garantissent une bonne étanchéité à l’air au pan de mur au complet, comparativement à un mur opaque percé de multiples fenêtres. Or, comme le rappelle Louis Fortin, une bonne partie de l’efficacité énergétique passe par une bonne étanchéité à l’air.

Il reste cependant possible, estime-t-il, d’améliorer la résistance thermique des murs-rideaux en réduisant le nombre de meneaux qui, à titre de ponts thermiques, sont les points faibles de ce type de système d’enveloppe. Suivant la même logique, il reconnaît que le maillon faible de l’enveloppe étant les fenêtres, c’est en réduisant le verre et non en augmentant l’isolant qu’on améliorera la performance thermique de l’enveloppe « Mais ça va à l’encontre de la tendance qui est de faire entrer le plus possible la lumière naturelle », constate-t-il. « C’est le dilemme de l’industrie ; les scientifiques savent quoi faire pour améliorer l’efficacité énergétique, mais le marché n’est pas prêt », conclut également Claudio Bardetti. —

AIRMETIC^{MD} SOYA

POLYURÉTHANE GICLÉ



TOIT



MUR



FONDATION



DALLE

LES ARCHITECTES aiment les solutions innovantes



Fenêtres installées en usine



ÉQUIPE réduite au chantier



DÉVELOPPEMENT DURABLE

Réduction des rebuts
maintenance réduite
masse Thermique

C'EST POURQUOI BPD L OFFRE UNE SOLUTION DE SYSTÈME DE MUR PRÉFABRIQUÉ COMPLET ET PLUS LÉGER

- ✓ Légèreté
- ✓ Rapidité
- ✓ Efficacité
- ✓ Flexibilité
- ✓ Économie
- ✓ Durabilité
- ✓ Qualité

Béton architectural avec fini sur mesure

DURABILITÉ

Ancrages acier inox
charpente d'acier galvanisé

Grande FLEXIBILITÉ +++

Qualité
Produit dans un environnement contrôlé

confort thermique

Residences étudiantes ETS (phase IV) Montréal, QC
Architecte: Régis Côté et Associés
Entrepreneur Général: Décaré

Enregistré LEED Canada pour les nouvelles constructions et les rénovations importantes 2009
PCI Design Award (2014) – Best Student Housing

- VALEUR «R» ÉLEVÉE
- PARFAITEMENT ÉTANCHE À L'AIR
- ADHÉSION À 100% SUR TOUTES LES SURFACES
- 18% DE CONTENU RECYCLÉ
- ISOLANT FAIT DE PLASTIQUE RECYCLÉ ET DE SOYA
- LE SEUL PRODUIT TESTÉ POUR LE CONTRÔLE DU RADON

DEMILEC

BOISBRIAND
870 Curé Boivin, Québec J7G 2A7
1.866.437.0223



CUTCA

Info@Demilec.ca | Demilec.ca



SLENDERWALL® est disponible partout dans le monde auprès des fabricants qualifiés en béton préfabriqué architectural approuvés par Easi-Set® Worldwide. Easi-Set® distribué par une filiale détenue à 100% par Smith-Modell® Corp. (SE)

SLENDERWALL®
Architectural Precast Concrete/Steel Stud Building Panels

www.bpd.com



Réflexion sur l'étanchéité

Même avec la meilleure résistance thermique du monde, une enveloppe trouée sera comme une passoire pour l'air et l'humidité. Les fuites d'air feront perdre les bénéfices de l'isolation et l'humidité fera le nid de la moisissure. Contre cette défaillance, le maître mot est *étanchéité*. Mais ce maître mot empêche peut-être d'explorer des solutions de rechange. « Il faut une gestion efficace de l'humidité afin de contrôler le transfert de chaleur, d'air et d'humidité. Un manquement dans cette gestion peut avoir des effets néfastes sur l'enveloppe du bâtiment. Un retour aux principes de base de la science du bâtiment est plus que nécessaire afin de concevoir des enveloppes de bâtiment très performantes, du point de vue énergétique et hygrothermique », affirme Wahid Maref, professeur en science du bâtiment à l'École de technologie supérieure (ÉTS-Montréal).

Étanchéité à l'eau

L'enveloppe du bâtiment est un séparateur qui protège les occupants des intempéries, mais l'intérieur du mur doit aussi en être protégé. Si de l'eau s'infiltre au sein de l'enveloppe, alors la pourriture s'installe, compromettant ainsi l'intégrité de l'enveloppe. Le revêtement extérieur, les gouttières, les solins et toutes les stratégies pour éloigner la pluie ou la neige de l'enveloppe sont la première ligne de défense du bâtiment. Au Québec et dans les régions côtières humides, l'enveloppe est renforcée par une deuxième ligne constituée d'une membrane pare-intempérie séparée du revêtement extérieur par une cavité et qui fera partie du mur de fond. La lame d'air intercalaire assure la ventilation et le drainage de l'eau qui aurait pu franchir le revêtement.

Tout au long de l'année, l'enveloppe du bâtiment est soumise à des mouvements d'humidité qui peuvent se présenter sous formes solide (glace ou givre), liquide ou gazeuse. Pour éviter la détérioration des matériaux, il faut gérer la quantité d'humidité qui pénètre dans l'enveloppe ainsi que le temps qu'elle prend pour en sortir. Il faut alors empêcher la pénétration d'eau de pluie dans l'enveloppe, en appliquant des stratégies générales visant à éliminer ou à minimiser une des conditions nécessaires à la pénétration de la pluie, à savoir la présence d'eau à la surface de l'enveloppe, un orifice par lequel l'eau peut s'infiltrer et une force motrice pour faire pénétrer l'eau à travers les orifices. Cette force motrice peut être une différence de température ou de pression de part et d'autre du mur. Si la vapeur d'eau pénètre dans la cavité murale de l'enveloppe et qu'elle rencontre une surface froide, elle va condenser. « À cause du grand potentiel de condensation dans les pays froids, le pare-vapeur est fondamental et obligatoire et il doit être installé du côté chaud du mur », affirme Wahid Maref. En Floride, où il fait chaud et humide à l'extérieur et frais à l'intérieur, le pare-vapeur doit être installé à l'extérieur. La stratégie est de minimiser la diffusion de vapeur afin de réduire la fréquence et l'intensité de la condensation. Le but est de contrôler le flux de vapeur de telle manière que la température soit au-dessus du point de rosée (point de saturation), afin d'éviter la condensation interstitielle en été ou en hiver.



Conformément au Code national du bâtiment, le pare-vapeur doit avoir une perméance à la vapeur d'eau inférieure à 60 ng/Pa.s.m². La perméance réfère à la quantité de vapeur d'eau qui traverse une surface de matériau en une seconde sous une pression différentielle entre l'extérieur et l'intérieur d'un Pascal. Elle se distingue de la perméabilité, exprimée en ng/s.m.Pa, et qui représente la quantité de vapeur d'eau qui traverse un mètre d'épaisseur du matériau par unité de temps sous une pression différentielle d'un Pascal. Des matériaux comme le polyéthylène 6-mils (0,15 mm), dont la perméance est inférieure à 10, bloquent la vapeur d'eau. Le pare-vapeur doit être durable, minimum type 1 et type 2 avec revêtement à faible perméance et installé du côté chaud, indique Wahid Maref. Il doit être le plus continu possible, mais il n'est pas nécessaire de le sceller parfaitement. Un chevauchement minimum de 100 mm est suffisant, à moins que le pare-vapeur tienne lieu également de pare-air, auquel cas, il doit être scellé sans faille. Le pare-air est d'ailleurs autant, sinon plus important, que le pare-vapeur pour ce qui est du risque de condensation, de la consommation et de la performance énergétiques.

L'architecte **Micheline Gaudreau** partage cet avis. « Le pare-air est une composante plus importante que le pare-vapeur. C'est la conclusion qu'il faut tirer. Par contre, une enveloppe très étanche à l'air, même si celle-ci permet un certain échange gazeux au travers le pare-vapeur de type 2, pourrait nécessiter tout de même une ventilation mécanique. Si on s'appuie uniquement sur une ventilation naturelle, sans récupération de chaleur, c'est qu'on accepte de faire entrer de l'air très froid en hiver pour changer l'air... ».

Dans le cas d'une construction tout bois très étanche à l'air, précise M^{me} Gaudreau, « on devra recourir à la ventilation à un moment ou à un autre, naturelle ou mécanique, et cela n'a rien avoir avec le fait que les murs soient plus ou moins isolés ».

Pour les sous-sols, c'est différent, poursuit M^{me} Gaudreau. « Des études de l'Université de Waterloo ont démontré que, dans le cas de l'isolation des murs en sous-sol, l'ajout d'un pare-vapeur à l'intérieur crée des problèmes. Ces chercheurs recommandent un isolant résistant à l'humidité de perméance moyenne sans pare-vapeur quand on isole le sous-sol de l'intérieur, mais avec un excellent pare-air. La raison est la suivante : comme le mur est sous le niveau du sol et que l'humidité relative dans le sol est à 100 %, il faut donner la possibilité à l'humidité qui pourrait pénétrer dans le mur de s'assécher vers l'intérieur ».

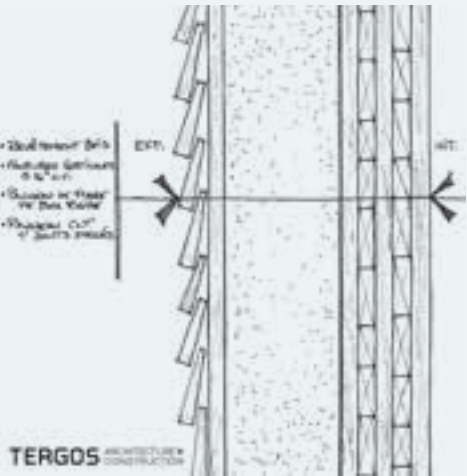
Étanchéité à l'air

Comme l'air contient de la vapeur d'eau, toute fuite d'air s'accompagne d'un transport de vapeur d'eau à travers l'enveloppe. Or, les fuites d'air transportent 100 fois plus de vapeur d'eau que la diffusion à travers les matériaux. « Si, à travers une paroi étanche, la diffusion transporte 0,3 litre de vapeur d'eau, avec cette même paroi qui aurait un trou de ¾ de pouce, l'écoulement d'air transportera 30 litres d'eau », illustre Wahid Maref. Il faut donc s'assurer d'une bonne étanchéité à l'air pour une bonne efficacité énergétique. Avec les fuites d'air, c'est aussi la chaleur qui sort. « Des gens rénovent leur maison et rajoutent de l'isolant alors qu'elle n'est pas étanche. Mais l'isoler davantage sans étanchéité, c'est comme ne rien faire », estime Wahid Maref.

La perméabilité à l'air est mesurée en L/s.m². Le Code national du bâtiment exige que le matériau pare-air présente une perméabilité de 0,02 L/s.m² à une pression différentielle de 75 Pa. Il doit être durable et pouvoir supporter les charges de vent et ne pas être affecté par la présence d'eau. Surtout, il doit être continu sur toute l'enveloppe et à toutes les intersections avec le mur hors sol, les fenêtres et les toits, insiste Wahid Maref. Le système pare-air, constitué d'un ensemble continu de matériaux pare-air, doit alors avoir une perméabilité à l'air de 0,2 L/s.m². —

Des enveloppes perméables

D'autres avenues sont possibles dans le cas de bâtiments qui ne sont pas soumis aux règles d'une construction incombustible. Même s'il applique les prescriptions du Code, **Alejandro Montero**, le président de **TERGOS Architecture et Construction**, se montre critique sur les membranes plastiques qui étanchéifient les maisons. « C'est comme mettre des légumes dans un sac plastique au frigo », compare-t-il. Il aimerait pouvoir profiter davantage des propriétés hygroscopiques du bois qui lui permettent d'absorber et de désorber l'eau selon les conditions ambiantes. « Je crois aux monomatériaux par opposition aux assemblages de matériaux aux propriétés physiques différentes, poursuit-il. L'enveloppe pourrait être 100 % bois avec une ossature extérieure en bois lamellé-croisé, isolée par l'extérieur avec de la laine en fibre de bois. Il n'est alors pas requis d'avoir un pare-vapeur plastique, car l'assemblage structural en bois assume cette fonction. »



Résidence, Lac Etchemin, revêtement de bois
Source : Tergos - Photo : Stéphane Bourgeois

« La vapeur d'eau voyage avec les exfiltrations ou infiltrations d'air. Pour éviter les exfiltrations et les infiltrations, on met un pare-air qui rend la maison étanche. L'air est vicié et il faut un échangeur d'air », poursuit Alejandro Montero pour qui les systèmes mécaniques sont un mal nécessaire. Selon lui, nous ne devrions pas dépendre d'une machine pour nous assurer d'un apport d'air sain. C'est le système de chauffage par plinthes électriques qui impose cette quête de l'étanchéité à l'air absolue. Les plinthes n'ont aucune masse thermique et chauffent l'air par convection, rappelle-t-il. La moindre fuite d'air fait tourner le compteur électrique pour continuer à chauffer l'élément de la plinthe pour qu'il réchauffe l'air. Un radiateur en fonte, fort de sa masse thermique, aurait encore de la chaleur emmagasinée et disponible pour réchauffer l'air sans solliciter le chauffe-eau instantanément. « Nous avons tout intérêt, dans notre climat québécois, à mieux tirer profit des masses thermiques dans nos habitations », ajoute M. Montero.

Autre point de discussion, curieusement, aucun test d'infiltrométrie n'est requis par le Code du bâtiment pour vérifier l'efficacité du système pare-air durant la construction. « Le Code exige des niveaux de résistance thermique, mais n'exige rien pour l'étanchéité. Ça va un peu à contresens de légiférer pour l'isolation et pas pour l'étanchéité », objecte **Denis Boyer**, coordonnateur en efficacité énergétique chez **Écohabitation**.

Bâtiments incombustibles étanches perméables à la vapeur d'eau

Dans le cas des bâtiments incombustibles, l'architecte **Micheline Gaudreau** juge possible de concevoir des enveloppes étanches à l'air, mais un peu plus perméables à la vapeur d'eau avec un pare-vapeur de type 2. « Il faut vérifier la perméance de chacun des matériaux de l'enveloppe, car leur perméance doit être croissante une fois franchi le pare-vapeur, vers l'extérieur jusqu'à l'espace ventilé derrière le revêtement extérieur, explique l'architecte. C'est ce qui empêche l'humidité qui pourrait se retrouver dans le mur d'y rester trappée, en permettant l'assèchement du mur hors-sol vers l'extérieur. »



CEBQ
QBEC

Conseil de l'enveloppe du bâtiment du Québec
Quebec Building Envelope Council

28 ANS DE CONFÉRENCES, D'ÉCHANGES ET D'AVANCEMENT SUR L'ENVELOPPE DU BÂTIMENT

www.cebq.org



POLYISOCYANURATE
POUR TOITS

POLYISOCYANURATE
POUR MURS

MOUSSE DE POLYURÉTHANE
PULVÉRISÉE

CELLULOSE

POLYSTYRÈNE
EXTRUDÉ



TECHNOLOGIES
innovantes en ISOLATION

SOPREMA – NE LAISSE RIEN PASSER

Votre solution en isolation pour l'ensemble du bâtiment



SOPREMA

SOPREMA.CA

1.877.MAMMOUTH

Le verdict de la simulation

Au départ, il y a une esquisse avec une forme de bâtiment, la disposition des pièces et des fenêtres... Puis, l'esquisse devient plan avec moult détails de matériaux et d'équipements mécaniques. En ligne de mire, il y a un projet architectural avec un objectif de sobriété énergétique, voire même une certification. Et en chemin, il y a la modélisation du bâtiment pour simuler son comportement et ses besoins énergétiques, pour peaufiner le design et faire des ajustements et finalement le mener à l'objectif.

La simulation procède couche par couche en commençant par la géométrie de base du bâtiment. Le résultat est une boîte nue qui est ensuite habillée avec les portes et fenêtres et les matériaux de l'enveloppe, en indiquant les propriétés physiques de toutes ses composantes. Certaines données, comme la résistance thermique du toit ou l'étanchéité d'une fenêtre, sont faciles à entrer. D'autres, comme les infiltrations d'air, sont plus délicates. « C'est difficile parce que ça dépend du soin apporté à la construction, ce qui n'est pas évident à modéliser. Mais on peut faire des hypothèses. Si un projet vise une norme comme Novoclimat qui impose un niveau maximum d'infiltration, on peut se dire que ce niveau sera atteint », relate **Michaël Kummert**, professeur agrégé en génie mécanique à l'**École polytechnique**. « On fait l'hypothèse que tel niveau d'étanchéité sera atteint selon la qualité de la construction, si on connaît le produit de fenestration, le type de maison préfabriquée, le travail du constructeur », estime également **Denis Boyer**, coordonnateur en efficacité énergétique chez **Écohabitation**. À ces fuites d'air incontrôlées, il faut ajouter les infiltrations contrôlées de l'échangeur d'air. « On peut les modéliser pour voir leur impact sur la température et l'humidité dans le bâtiment, poursuit Michaël Kummert. L'humidité a une grosse importance sur le confort thermique et, s'il faut humidifier l'air, ça va augmenter la demande d'énergie. »

L'orientation et l'environnement du bâtiment sont aussi pris en compte et notamment, l'ombrage d'une montagne ou d'autres bâtiments ou la présence d'arbres. « Il peut y avoir une fenêtre au sud, mais à cause de la montagne, il n'y aura pas de soleil avant l'après-midi », illustre Denis Boyer. Les gains solaires escomptés ne seront pas là. Le tout est confronté aux données climatiques du lieu et indiquera le comportement dynamique du bâtiment au fil de l'année et en fonction de la course du soleil.

Le résultat sera un bilan énergétique qui fera ressortir les besoins annuels en chauffage, les risques de surchauffe et, éventuellement, les besoins en climatisation et les coûts associés. Les besoins annuels moyens ne doivent cependant pas occulter les pointes de chauffage ou de climatisation, car ce sont ces pointes qui déterminent le dimensionnement des équipements. La simulation a cependant son lot d'incertitudes et Denis Boyer invite à la prudence : « On essaie d'être conservateur plutôt qu'optimiste parce qu'il vaut mieux calculer une surconsommation et surdimensionner le système de chauffage que de planifier un système insuffisant pour les besoins réels. »

À partir d'un premier bilan, les concepteurs vont pouvoir jouer avec les composantes du bâtiment pour faire tendre le bilan simulé vers l'objectif. « On peut ajouter plus d'isolants dans les murs, installer des fenêtres plus performantes ou réduire la fenestration et, de façon itérative, s'approcher du niveau de performance ou du niveau de coût de chauffage que le client a en tête », décrit Denis Boyer.

« On fait l'hypothèse que tel niveau d'étanchéité sera atteint selon la qualité de la construction, si on connaît le produit de fenestration, le type de maison préfabriquée, le travail du constructeur »,

estime également Denis Boyer

Le comportement du bâtiment peut aussi indiquer des pistes de solution pour concilier l'objectif de consommation énergétique, le confort des occupants et la liberté créative des architectes. « On peut voir le confort des gens selon l'endroit qu'ils occupent dans le bâtiment. Ils peuvent subir la surchauffe des gains solaires ou ressentir le rayonnement froid de la fenêtre », illustre Michaël Kummert.

En jouant avec les paramètres et les options, la simulation peut prendre plusieurs chemins parallèles qui aboutiront à un résultat semblable. Pour simplifier, Denis Boyer donne l'exemple d'un isolant quatre fois plus performant ou d'un système de chauffage qui nécessiterait quatre fois moins d'énergie, les deux solutions conduisant à un même bilan énergétique. Mais la première solution sera plus résiliente en cas de panne de chauffage et coûtera moins cher à entretenir à long terme. La simulation ne dit pas tout !

Le plein potentiel de la simulation demande cependant qu'elle soit utilisée dès le début d'un projet. Michaël Kummert constate que ce n'est pas toujours le cas. « Trop souvent, les architectes font les plans, les ingénieurs en mécanique font le design des systèmes, et après seulement on fait la simulation pour montrer que le projet respecte le Code de construction ou pour gagner des points LEED, observe-t-il. Alors que si on a une équipe de conception intégrée dès le début, chaque fois qu'on change la forme du bâtiment ou les paramètres de l'enveloppe, on peut calculer la performance. »

Mais dans tous les cas, il y a une inconnue que les concepteurs ne pourront pas entrer dans le modèle et qui pourrait fausser le résultat : le comportement des occupants. —

PRIX D'EXCELLENCE

Cecobois

Architecture | Design | Innovation | Ingénierie

Reconnaître l'excellence
et l'innovation dans
la construction en bois!

Soumettez vos projets

du 1^{er} juillet au 31 août 2018
cecobois.com/prixdexcellence



prix
d'excellence
cecobois
2019



Gala

le jeudi 21 février 2019
Palais Montcalm

Des matériaux qui fondent et se solidifient dans les murs

Lorsque la glace fond sous l'effet de la chaleur, l'eau, devenue liquide, a emmagasiné de l'énergie. Si l'eau gèle et retourne à l'état solide, inversement, elle va restituer l'énergie emmagasinée. Le principe vaut évidemment pour tous les matériaux dès lors qu'ils changent de phase. De ce principe a surgi une idée : intégrer dans l'enveloppe du bâtiment un matériau qui change de phase aux alentours de 20 °C pour emmagasiner l'énergie des gains solaires et soulager les systèmes mécaniques de chauffage et de climatisation. Aperçu de la recherche et développement sur le sujet.

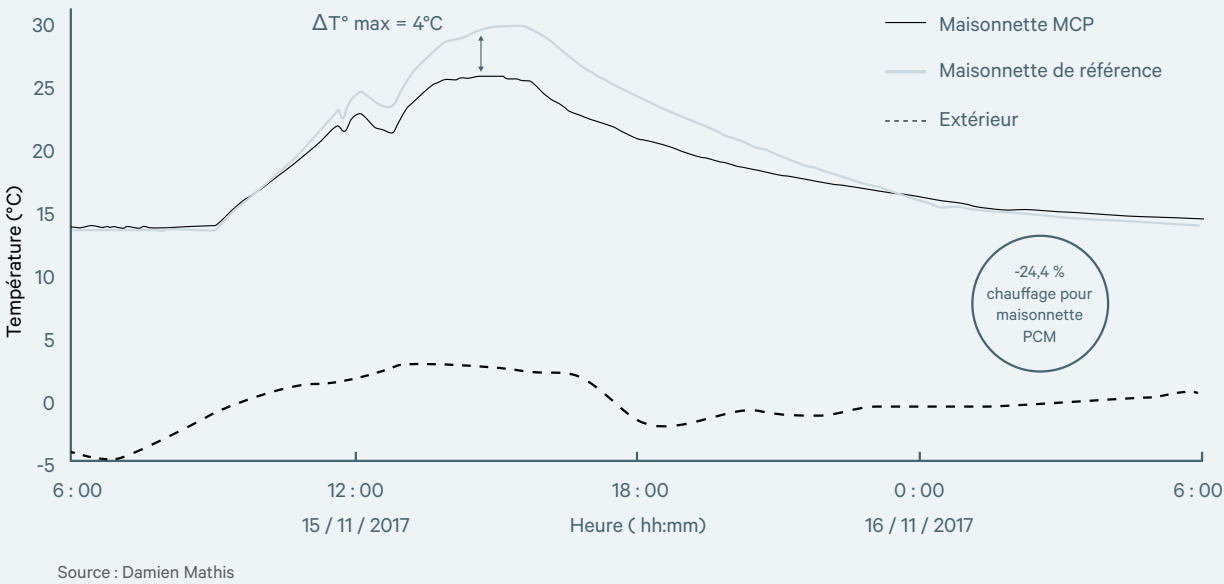
« Un matériau à changement de phase (MCP) est un matériau capable de stocker de la chaleur par fusion et, inversement, de relâcher cette chaleur pendant la solidification », explique **Damien Mathis**, étudiant à la **Chaire industrielle de recherche sur la construction écoresponsable en bois** (CIRCERB) à l'Université Laval et qui effectue un doctorat sur l'intégration des MCP dans les murs en bois. Conséquence de ce changement de phase, les MCP ont une grande masse thermique pour un petit volume. « Le but de mettre des MCP dans un mur est d'augmenter la masse thermique. C'est ce qui fait qu'un bâtiment va se réchauffer ou se refroidir moins vite. C'est particulièrement intéressant pour les constructions en ossature légère », explique à son tour **Michaël Kummert**, professeur agrégé en génie mécanique, à l'**École polytechnique**, et qui a participé à une étude avec **Hydro-Québec** pour intégrer des MCP dans un mur.

Concrètement, en hiver, le soleil qui frappe un mur sans masse thermique pourrait faire monter la température dans la pièce à 25 °C, et dès que le mur passera à l'ombre, la température redescendra et le chauffage se remettra en marche rapidement pour maintenir la température de consigne du thermostat. Avec des MCP, la chaleur du soleil fait fondre les MCP qui vont ainsi emmagasiner la chaleur alors que la température dans la pièce atteindra peut-être 23 °C. Quand le soleil disparaît, les MCP se solidifient et relâchent la chaleur, mais comme la solidification prend du temps, la température mettra du temps à redescendre à 21 °C, retardant la mise en route du chauffage. Cependant, nuance Michaël Kummert, « la masse thermique n'a pas d'effet sur la résistance thermique du mur. Elle ne change pas les déperditions de chaleur. Elle déplace les pointes de température et peut permettre de mieux utiliser les gains solaires ».



Échantillon d'un panneau de finition intérieure en bois renfermant un sachet de matériaux à changement de phase biosourcés et utilisé dans le projet de recherche de Damien Mathis.

Comportement des maisonnettes pour une journée ensoleillée de novembre



Le processus fonctionne en sens inverse en été, mais avec une différence que soulève Michaël Kummert. « Ce qui crée les besoins en chauffage en hiver, c'est qu'il fait froid dehors et il fait froid tout le temps. En été, ce qui crée les besoins de climatisation, ce sont les gains solaires et, même en été, le soleil se couche et le bâtiment a un peu de répit la nuit », compare-t-il. Les MCP vont absorber la chaleur pendant la journée, réduire en l'étalant dans le temps la hausse de température dans le bâtiment, et donc étaler la demande de climatisation. Éventuellement, si cette hausse de température n'est que de 2 °C et donc supportable, les MCP éviteront même de climatiser.

La nuit, avec la baisse de température, les MCP vont se solidifier en relâchant la chaleur emmagasinée. « Il faut une ventilation nocturne adaptée pour refroidir et solidifier le MCP pour qu'il puisse à nouveau fondre et accumuler la chaleur le lendemain », prévient Damien Mathis.

Les besoins de climatisation dépendent aussi des activités dans le bâtiment. Michaël Kummert donne un exemple d'application dans la cuisine d'un restaurant où la surchauffe vient des appareils de cuisson. Des MCP dans le plafond qui fondent à 23 °C peuvent emmagasiner la chaleur pendant leur fusion et empêcher ou retarder la montée de la température au-delà. Mais encore une fois, « la chaleur est là et il faudra l'évacuer. Ça va aider la climatisation en la déplaçant dans le temps, mais pas forcément l'éviter », commente Michaël Kummert.

Parallèlement, les MCP présentent un autre avantage pour le confort thermique des occupants. Damien Mathis rappelle en effet que le confort thermique dépend de la température opérative, qui tient compte de la température ambiante indiquée par le thermomètre, mais aussi de la température radiative des murs. Des murs chauds radient une chaleur non mesurée par un thermomètre classique, mais perçue par les occupants. En été, des murs équipés de MCP chaufferont moins que des murs qui en sont dépourvus. Ainsi, des murs plus froids échangeront moins de chaleur par rayonnement avec les occupants et ceux-ci verront leur confort thermique augmenter.

De la théorie à la pratique

Les MCP demandent cependant d'être apprivoisés pour en tirer tous leurs bénéfices potentiels. Pour être fonctionnel, le MCP doit alternativement passer de l'état liquide à l'état solide. Le premier défi est alors de connaître la température de changement de phase optimale selon le climat, voire même selon l'orientation du bâtiment. « Si on a un MCP qui fond à 25 °C et qu'on n'atteint jamais 25 °C, il ne sera jamais activé », illustre Michaël Kummert. Le deuxième défi vient du fait que les MCP ne changent pas de phase à une température aussi précise que l'eau. Le changement de phase peut se dérouler sur une fourchette de quelques degrés. Un troisième défi vient avec le transfert de chaleur entre le mur et le MCP. Si la couche extérieure du mur chauffe sans avoir le temps de transférer sa chaleur au MCP, il ne sera pas activé non plus.

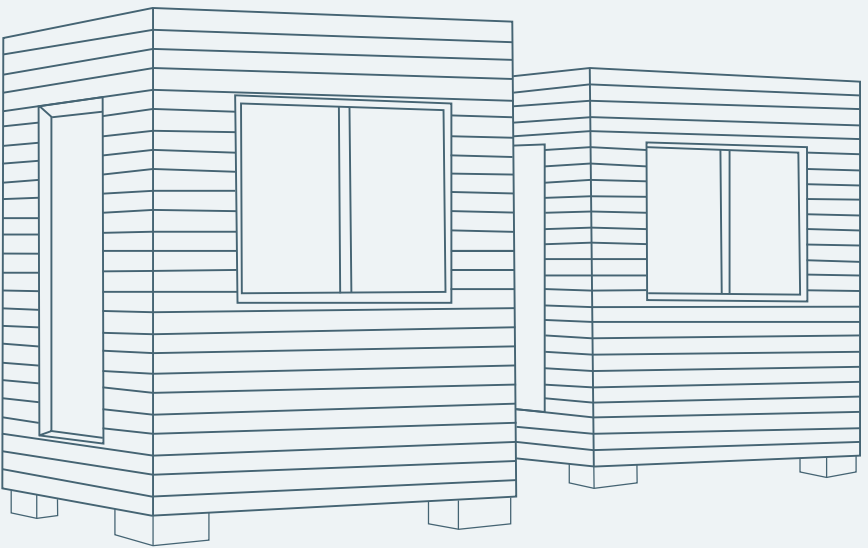
En pratique, les MCP en cours d'expérimentation dans les bâtiments ont une température de changement de phase comprise entre 15 et 25 °C. Ce sont des sels hydratés ou des composés organiques qui peuvent être encapsulés dans de petites billes ou ensachés dans des pochettes de plastique.

Damien Mathis utilise pour ses recherches un MCP 100 % biosourcé fabriqué à partir de résidus agroalimentaires. Il est ensaché et inséré dans un panneau de bois de finition intérieure qui cumulerait donc les fonctions esthétique et fonctionnelle. Il a construit deux maisonnettes prototypes en ossature légère en bois avec une enveloppe classique constituée du revêtement intérieur, un isolant, un pare-vapeur et la finition de bois intérieure pourvue ou non de MCP. Côté sud, une fenêtre surdimensionnée apporte des gains solaires, excessifs en été pour mettre à l'épreuve les MCP en condition de climatisation. Les maisonnettes sont équipées de calorifères avec la consigne de maintenir la température à 18 °C la nuit et à 20 °C le jour. Des capteurs de mesure installés dans les maisonnettes ont mesuré la température et les besoins en chauffage toutes les cinq minutes pendant huit mois. Pour la saison de chauffe, une réduction de la consommation en chauffage grâce au MCP a été observée. Cette économie est maximale lors de journées parfaitement ensoleillées mais devient négligeable les jours avec un ciel couvert. Par exemple, les MCP ont permis une réduction de consommation d'environ 9 % pour les mois de mars et avril. Pour le confort d'été, les MCP parviennent à réduire la surchauffe.

Certains jours, la réduction de la surchauffe atteint 5 °C. Tous ces résultats seront compilés cet été puis feront l'objet d'une publication scientifique.

De son côté, Michaël Kummert a testé des MCP organiques distribués par **BioPCM** et incorporés dans des pochettes plastiques qui peuvent être fixées, par exemple, derrière des panneaux de gypse. Ils ont été testés dans deux cabanons dans les installations d'Hydro-Québec à Shawinigan. Là aussi, il s'agissait de mesurer la demande de chauffage pour atteindre la température de consigne afin d'évaluer l'effet des MCP sur la demande énergétique. « L'effet mesuré a été faible parce qu'il faudrait de grandes quantités de MCP pour augmenter réellement la masse thermique, rapporte Michaël Kummert. Mais on a compris comment fonctionnait le matériau et on a de bons modèles pour simuler son comportement. »

Mieux que des essais dans des prototypes, Damien Mathis rapporte une étude réalisée grandeur nature lors de la rénovation d'un bâtiment à Lyon. Les MCP intégrés dans les plaques de plâtre des murs ont permis d'abaisser à la fois la température ambiante et la température des murs pour un meilleur confort des occupants. Mais il en faudrait d'autres, des essais grandeur nature. « On a besoin de projets pilotes efficaces et démonstratifs de la performance de la technologie », estime Damien Mathis. —



Dans le cadre de sa recherche sur les MCP, Damien Mathis a conçu deux maisonnettes prototypes, l'une pourvue de MCP, l'autre non.

« Dans les bureaux, on a tendance à allumer les lumières par défaut, alors que dans les espaces périphériques, il arrive que la lumière naturelle soit plus que suffisante pour éclairer certains espaces de travail », observe Jean-Michel Dussault.

Des fenêtres qui changent de teinte

Travaux de démonstration et d'essais de verres électrochromes réalisés au Lawrence Berkeley National Laboratory
Source : Roy Kaltschmidt



On connaît les lunettes qui s’opacifient en fonction de la luminosité. Mais il existe aussi des fenêtres dont les verres changent de teinte. À la différence des lunettes, des technologies permettent de faire ce changement sur commande. Comme les lunettes, ces verres – lorsqu’ils sont teintés – réduisent l’éblouissement, mais en bloquant les rayons solaires. Ils ont de surcroît le potentiel de réduire les gains solaires. Coup d’œil sur cette technologie naissante avec **Jean-Michel Dussault**, fondateur et président de **Veridis Solutions**.

Veridis Solutions est une jeune entreprise spécialisée en efficacité énergétique de l’enveloppe du bâtiment, en plus d’être un laboratoire de simulation (laboratoire accrédité par le NFRC et le groupe CSA) qui accompagne les manufacturiers dans le processus de certification de leurs produits de fenestration. « On assiste les manufacturiers de produits de fenestration quant à l’amélioration et à la certification de leurs produits. On assiste également les architectes quant aux notions énergétiques de l’enveloppe liées à leurs projets », décrit Jean-Michel Dussault. Mais avant d’en arriver là, il a consacré ses études de maîtrise et de doctorat au développement des connaissances dans le domaine des fenêtres intelligentes au sein du Laboratoire d’Énergétique et de Transfert Thermique du Département de génie mécanique de l’Université Laval.

Dans la famille des verres intelligents, la technologie la plus mature et la plus prometteuse est celle des verres électrochromes. Ils changent de teinte sous l’effet d’un stimulus de nature électrique qui déclenche une réaction chimique et qui change les propriétés optiques du verre. La réaction est réversible et le verre peut se teinter ou s’éclaircir à différents degrés intermédiaires selon les besoins. « Et c’est le contrôle efficace de la teinte selon les besoins du bâtiment qui en fait réellement des verres intelligents », précise Jean-Michel Dussault. En jouant avec la teinte des verres, il devient entre autres possible de réduire l’éblouissement, d’optimiser l’apport en lumière naturelle pour réduire l’éclairage artificiel et de minimiser les gains solaires pour réduire les besoins en climatisation.

Il existe différentes stratégies de contrôle des verres intelligents. Par exemple, dans un contexte de bâtiment dominé par les charges de climatisation, l’une de ces stratégies vise à teinter le verre à un certain degré pour réduire les gains solaires tout en considérant un apport en lumière naturelle pour limiter les besoins en éclairage artificiel. « Dans les bureaux, on a tendance à allumer les lumières par défaut, alors que dans les espaces périphériques, il arrive que la lumière naturelle soit plus que suffisante pour éclairer certains espaces de travail », observe Jean-Michel Dussault.

Il faut en tirer profit pour limiter les charges de climatisation tout en assurant le confort des occupants. Dans cet exemple, le contrôle est rendu possible par l’ajout de capteurs détectant l’intensité lumineuse sur les surfaces de travail. Pour rendre ces stratégies plus complètes, plusieurs autres paramètres tels que les périodes d’occupation peuvent être considérés. En présence d’occupants, le contrôle doit maintenir le compromis entre les lumières naturelle et artificielle. « S’il n’y a plus personne, il n’y a plus de compromis et on peut teinter au maximum pour minimiser les gains solaires », décrit Jean-Michel Dussault. Cela peut être le cas par exemple dans des bureaux en début ou en fin de journée ou sur l’heure du dîner. On peut également penser à fragmenter le contrôle des verres d’une même façade en différentes sections contrôlées séparément, selon leur position et les besoins en énergie et en confort.

Enfin, il est important de noter que les verres intelligents tels que les verres électrochromes sont des technologies complémentaires aux technologies plus traditionnelles de verres à faible émissivité et que la combinaison de ces deux types de technologies dans une même unité scellée offre des performances accrues. Bien que les débuts de la recherche dans ce domaine datent d’il y a déjà quelques dizaines d’années, les technologies de verres intelligents

sont encore relativement nouvelles sur le marché et viennent évidemment avec un surcoût qu’on ne peut justifier que par des analyses de retour sur investissement, surtout dans le contexte québécois, considérant les besoins modérés en climatisation et le faible coût de l’énergie.

La recherche dans ce secteur se poursuit. Une fois rendue mature, la technologie pourrait augmenter ses parts de marché à mesure que le coût de l’énergie augmente et que les incitatifs gouvernementaux et les exigences des codes de construction se resserrent autour de l’efficacité énergétique. —

Bibliothèque de Varennes

Efficacité énergétique à livre ouvert

La **Ville de Varennes** avait une ambition : agrandir la **bibliothèque Jacques-Lemoyne-de-Sainte-Marie** avec une construction à consommation énergétique nette zéro. Orientation du bâtiment, fenestration, contrôle des gains solaires, masse thermique, étanchéité, simulation... ont été réfléchis en conception intégrée pour maximiser la performance de l’enveloppe et réduire la demande énergétique. Le résultat est un bâtiment qui consomme 78 % moins que le bâtiment équivalent construit selon les standards du Code de construction.

Un bâtiment à consommation énergétique nette zéro n’est pas un bâtiment autonome. Il est relié au réseau électrique, mais il est équipé lui-même pour produire de l’énergie. Sur une année complète, le bilan de l’énergie produite sur place et achetée au réseau doit être nul. Or, « toute production d’énergie sur place est plus difficile et coûteuse que le kWh acheté à Hydro-Québec. La priorité était donc de réduire avant de produire », rapporte **Maxime Gagné**, aujourd’hui architecte chez **LEMAYMICHAUD architecture design**, mais à l’époque associé chez **Laroche et Gagné** et concepteur principal du projet. Pour réduire la consommation d’énergie, le chemin passe par des stratégies passives, bioclimatiques et une optimisation de l’enveloppe, bonifiées par un contrôle intelligent des systèmes passifs et mécaniques du bâtiment.

Le plein de soleil sans en abuser

La première stratégie a été d’orienter le bâtiment pour tirer parti des rayons du soleil. C’est donc un bâtiment tout en long de 53 m sur 18 m qui s’étire est-ouest avec une fenestration adaptée sur chaque façade. Le côté nord, qui abrite des bureaux, est fenêtré à 15 % avec des vitrages triples pour minimiser les déperditions de chaleur. Au sud, des vitrages à gains solaires élevés occupent 45 % de la façade, et au plancher la masse thermique de la dalle de béton emmagasine la chaleur. En contrepartie, pour éviter la surchauffe estivale et réduire les besoins de climatisation, les fenêtres sont munies de brise-soleil dont les lames ont été précisément dimensionnées et inclinées à 27 degrés pour bloquer le soleil d’été tout en le laissant passer en hiver. « En hiver, le soleil entre à 27 degrés, les rayons du soleil sont parallèles aux lamelles du brise-soleil, décrit Maxime Gagné. En été, le soleil entre à 60 degrés et l’espacement fait en sorte que l’ombrage porté d’une lamelle sur l’autre opacifie complètement la façade. » Les simulations sur un cycle annuel montrent que l’angulation de 27 degrés et l’espacement laissent entrer 90 % des rayons directs du soleil en hiver et aucun en été. Cependant, la lumière naturelle du soleil n’est pas complètement perdue. Elle est réfléchi par les lamelles des stores et sur le mobilier de couleur claire. « Ça fait un éclairage diffus et uniforme plutôt qu’un ensoleillement direct qui créerait un inconfort pour les usagers », ajoute Maxime Gagné. À l’ouest et à l’est, la stratégie est encore différente, car les rayons du soleil sont trop bas pour être interceptés par les brise-soleil. « C’est là où la charge de climatisation est la plus élevée. Il faut un enduit plus performant pour bloquer les gains solaires que celui qu’on met sur les autres façades », relate Maxime Gagné. Pour réduire encore la demande en climatisation, le mur ouest est équipé de câbles métalliques pour faire grimper des plantes et former un écran végétal. Enfin, l’utilisation d’un mur-rideau en bois a permis de réduire les ponts thermiques, le bois étant un meilleur isolant que les autres matériaux.



La façade nord est fenêtrée à 15 % pour réduire les déperditions de chaleur. Sur le toit, des lanterneaux apportent une lumière naturelle.
Source : Maxime Gagné - Architectes en consortium : Labbé - Laroche et Gagné - Leclerc et associés



Bibliothèque Jacques-Lemoyne-de-Sainte-Marie, à Varennes.

En façade sud, le toit incliné à 37 degrés est couvert de panneaux solaires photovoltaïques. Sur le mur, des brise-soleil coupent les rayons du soleil pour réduire les gains solaires dans le bâtiment. En façade ouest, des câbles métalliques doivent permettre la croissance de plantes grimpantes pour végétaliser le mur et réduire la surchauffe.

Source : Maxime Gagné

Au-delà de la simulation, le contrôle des systèmes

Sur les sections opaques de l’enveloppe, les simulations ont permis d’optimiser l’isolation en se fondant sur la R effective et non la R totale. Une priorité a été de couper les ponts thermiques par une isolation extérieure. Par itérations successives, les concepteurs sont parvenus à une valeur R de 38 pour les murs et de 45 pour la toiture. Les simulations ont permis d’améliorer encore l’enveloppe en en faisant ressortir une défaillance. « On a constaté avec les simulations qu’une donnée souvent négligée et qui a une importance énorme sur la consommation est l’étanchéité, poursuit l’architecte. On a beau avoir R40, s’il y a un petit trou et que l’air entre, c’est pire que la perte de chaleur par conduction. » En partenariat avec le **CLEB**, les assemblages ont été mis à l’essai pour optimiser l’étanchéité. Mais il y a une limite à user des simulations pour améliorer l’enveloppe. « Au début, chaque dollar investi en isolation permet d’économiser deux dollars en chauffage. Mais à un moment donné, la logique s’inverse, les gains montent très lentement alors que les coûts grimpent. C’est le moment d’arrêter d’optimiser l’enveloppe et de voir où investir notre dollar », commente Maxime Gagné. C’est le moment de mettre en œuvre des systèmes de senseurs et de contrôle pour faire dialoguer les systèmes passifs et mécaniques en temps réel selon les conditions ambiantes. Par exemple, en fonction de la chaleur accumulée dans la masse thermique du plancher de béton, la circulation du fluide caloporteur dans le plancher radiant cesse et le chauffage ne repartira qu’une fois la chaleur restituée et évacuée. De même, les fenêtres s’ouvrent et se ferment automatiquement selon la température. La nuit, elles s’ouvrent jusqu’à une température de 13 °C pour refroidir le bâtiment et la dalle radiante du plancher maintiendra la fraîcheur jusqu’à midi, retardant d’autant la mise en marche de la climatisation. Mais comme les livres craignent une trop grande humidité, la commande de l’ouverture des fenêtres dépend aussi de l’humidité extérieure.

Produire 120 000 kWh/an

Outre l’optimisation de l’enveloppe et le contrôle, les concepteurs ont mis en œuvre d’autres stratégies pour réduire la demande énergétique du bâtiment. Par exemple, pour apporter un niveau d’éclairage satisfaisant aux usagers, les systèmes d’éclairage suspendus au niveau des tablettes requièrent moins d’électricité que des systèmes au plafond. La ventilation au pied des rayonnages requiert moins de force motrice pour amener l’air aux usagers. Les machines distributrices de boissons fraîches, gourmandes en énergie, sont absentes du bâtiment. Toutes ces mesures ont permis d’abaisser la consommation énergétique annuelle du bâtiment à 120 000 kWh. Pour atteindre un bilan nul, il doit donc produire cette même quantité d’énergie. Le bâtiment est donc équipé de neuf puits géothermiques et de 710 m² de panneaux photovoltaïques installés sur la face sud du toit incliné à 37 degrés. Ces panneaux ont fait l’objet de recherche de la part de chercheurs de l’**Université de Concordia** et de **CanmetÉNERGIE** pour déterminer leur inclinaison optimale à 37 degrés et pour tirer profit de la chaleur qu’ils dégagent. Les panneaux ont en effet une efficacité de 20 %, ce qui signifie qu’ils convertissent seulement 20 % de l’énergie solaire en électricité, le reste étant dissipé sous forme de chaleur. De plus, les panneaux perdent de leur efficacité lorsqu’ils chauffent. Une lame d’air entre les panneaux et le toit permet alors de les refroidir, tandis qu’une prise d’air récupère l’air préchauffé.

La conception intégrée, c’est aussi l’ouverture

Toutes ces stratégies n’auraient pu s’accorder avec cohérence sans un processus de conception intégrée impliquant tous les partenaires – architectes, ingénieurs, chercheurs et équipe municipale. Douze charrettes de conception ont regroupé autour de la table une vingtaine de personnes pour développer le projet sans perdre de vue l’objectif. La présence municipale a été particulièrement utile pour la délivrance du permis de construction, car le bâtiment orienté est-ouest se trouve à 45 degrés par rapport à la rue et sa toiture pentue lui fait dépasser la hauteur permise. « Avoir les autorités autour de la table a évité les embûches inutiles. La Ville a utilisé son bon jugement pour voir que le bâtiment était dans l’intérêt public et que la réglementation pouvait être adaptée », relate Maxime Gagné. Il a été plus difficile de mettre les chercheurs et les ingénieurs sur la même longueur d’onde ; les ingénieurs qui portent une part de la responsabilité du projet avaient quelques réticences à appliquer des principes préconisés par les simulations sans avoir été éprouvés. De leur côté, les architectes devaient faire preuve d’ouverture, car les résultats des simulations ont une influence majeure sur la forme et l’esthétique du bâtiment. « Il faut regarder le processus avec un *a priori* positif. On applique autant que possible les recommandations, comme la toiture à 37 degrés, et si ça n’a pas d’allure, il y a toutes sortes de façons créatives de les mettre en œuvre », estime Maxime Gagné. Comme concepteur principal, il avait la tâche d’assurer la vision d’ensemble et surtout de ne pas perdre l’usager de vue, car le bâtiment doit être efficace, mais la bibliothèque doit être un lieu agréable pour le public. —

Pour réduire la consommation d’énergie, le chemin passe par des stratégies passives, bioclimatiques et une optimisation de l’enveloppe, bonifiées par un contrôle intelligent des systèmes passifs et mécaniques du bâtiment.



À l’intérieur, les couleurs claires de la finition et du mobilier diffusent la lumière naturelle. Les systèmes d’éclairage suspendus juste au-dessus des rayonnages de livres concourent à réduire les besoins en lumière artificielle.

Source : Maxime Gagné

Équipe de conception

Cliant : Ville de Varennes

Gestion de projet : MACOGEP

Architecture : consortium Labbé – Laroche et Gagné architecture design – Leclerc et associés

Ingénierie : Dessau, Martin Roy et associés

Recherche : CanmetÉNERGIE, Réseau de recherche sur les bâtiments solaires de l’Université Concordia



Photographe: Eric Gervais
Architecte: STGM

Un bois sans maintenance pour une architecture contemporaine

Parklex[®]
www.parklex.com

En Association avec Engineered Assemblies Inc.

www.engineeredassemblies.com



Tel: 514 347 7263
Email: info@engineeredassemblies.com

Unissons l'art de la conception à l'expertise de la construction