

Andreas Athienitis, *Professeur* – Paul Fazio, *Professeur* Jiwu Rao, *Attaché de recherche* – Costa Kapsis, *Étudiant au doctorat* James Bambara, *Étudiant à la maîtrise* – Yichao Chen, *Étudiante à la maîtrise*

// DÉPARTEMENT DE GÉNIE DU BÂTIMENT, CIVIL ET ENVIRONNEMENTAL – UNIVERSITÉ CONCORDIA //

SIMULATEUR SOLAIRE ET CHAMBRE CLIMATIQUE // LABORATOIRE SSCC //

AU CANADA, LES BÂTIMENTS CONSOMMENT ENVIRON UN TIERS DE L'ÉNERGIE, ÉMETTENT DES GAZ À EFFET DE SERRE DANS LA MÊME PROPORTION ET UTILISENT UN PEU PLUS DE LA MOITIÉ DE L'ÉLEC-TRICITÉ. AUSSI DES CHERCHEURS DE L'UNIVERSITÉ CONCORDIA TRAVAILLENT À MIEUX EXPLOITER LE SOLAIRE ET À RENFORCER LES NORMES DE CONSTRUCTION AFIN DE FAVORISER LA CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE NETTE ZÉRO DES FUTURS ÉDIFICES, DONT L'APPRO-VISIONNEMENT ET LA PRODUCTION ÉLECTRIQUES ET THERMIQUES S'ÉQUIVAUDRONT.

Pour mener à bien leurs travaux, nos chercheurs possèdent maintenant des installations idéales : un simulateur solaire et une chambre climatique («laboratoire SSCC»).

La recherche effectuée au moyen du simulateur se concentre sur la réalisation de systèmes solaires intégrés, tels que le système photovoltaïque et thermique tout à fait unique (photos 1a et 1b) du pavillon de l'École de gestion John-Molson de Concordia. En plus de fournir l'édifice en électricité, il en chauffe par ailleurs l'air de ventilation – gratuitement grâce à l'énergie solaire. Bien entendu, le procédé réduit les besoins en chauffage

traditionnel. Le laboratoire SSCC permet également la conduite de projets d'avant-garde sur la captation, le stockage et l'utilisation du solaire ainsi que sur l'exploitation optimale de la lumière naturelle dans les bâtiments. La plupart des activités de recherche effectuées au moyen de la chambre climatique portent sur l'enveloppe du bâtiment. Elles visent le perfectionnement de cette paroi extérieure afin qu'elle assure, en conjonction avec les systèmes énergétiques raccordés au réseau électrique, un environnement intérieur sain et confortable tout en maximisant l'emploi de l'énergie solaire sous trois formes : chaleur, lumière et électricité. Ces installations permettent aux chercheurs de mener, à l'intérieur, des expériences dont la durée s'échelonne sur quelques jours plutôt que sur plusieurs mois s'ils devaient les effectuer à l'extérieur. Elles garantissent aussi une précision accrue et des conditions reproductibles, essentielles à la recherche de haut niveau. Le laboratoire SSCC a été construit grâce à un investissement de 4,6 millions de dollars du Programme d'infrastructure du savoir, financé conjointement par le gouvernement du Canada et le ministère du Développement économique, de l'Innovation et de l'Exportation (MDEIE) du Québec.

DESCRIPTION TECHNIQUE

La chambre se compose de deux systèmes principaux.



PHOTOVOLTAÏQUE ET THERMIQUE INTÉGRÉ

AU BÂTIMENT. VÉRITABLE PROLONGEMENT

DE LA FAÇADE, IL EST RACCORDÉ AU

IL TRANSFORME GRATUITEMENT L'AIR

FRAIS EN CHAUFFAGE ET FOURNIT DE

L'ÉLECTRICITÉ.

SYSTÈME DE VENTILATION DE L'ÉDIFICE.

PHOTO 1A. PREMIER DU GENRE, LE SYSTÈME PHOTOVOLTAÏQUE ET THERMIQUE DE L'ÉCOLE DE GESTION JOHN-MOLSON EST COMPLÈTEMENT INTÉGRÉ AU PAVILLON. IL EXPLOITE LA TECHNOLOGIE DES CAPTEURS SOLAIRES PERFORÉS.

– UN PROJET DE DÉMONSTRATION DU RÉSEAU DE RECHERCHE SUR LES BÂTIMENTS SOLAIRES DU CONSEIL DE RECHERCHES EN SCIENCES NATURELLES ET EN GÉNIE (CRSNG), QUI A ÉTÉ SUIVI PAR LE NOUVEAU RÉSEAU STRATÉGIQUE DU CRSNG SUR LES BÂTIMENTS INTELLIGENTS À CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE NETTE ZÉRO.

1 – LE SIMULATEUR SOLAIRE

Le simulateur solaire à grande échelle est conçu pour reproduire la lumière naturelle afin de tester différents systèmes solaires tels que les modules photovoltaïques, les modules photovoltaïques et thermiques comme ceux utilisés à l'École de gestion John-Molson (photos 1), les capteurs solaires à air ou à eau ainsi que toute une gamme de systèmes solaires intégrés aux bâtiments.

CARACTÉRISTIQUES DU SIMULATEUR SOLAIRE (ESSAIS À TEMPÉRATURE AMBIANTE)

- Le simulateur est composé de huit lampes aux halogénures d'un type particulier. Il comporte aussi un ciel artificiel qui supprime le rayonnement infrarouge des lampes, à intensité réglable et à commande individuelle. Il répond de plus aux spécifications des normes EN 12975:2006 et ISO 9806-1:1994 applicables.
- Quant à la collimation, environ 80% du rayonnement émis se situe dans la plage correspondant au modificateur d'angle d'incidence d'un capteur solaire plane régulier; la marge ne dépasse pas 2%.
- La taille de l'échantillon d'essai peut atteindre 2,4 m sur 3,2 m.
- L'homogénéité maximale de la radiation solaire sur un capteur s'élève jusqu'à environ ± 10%; elle est généralement de 5% sous la radiation d'un soleil (tout dépendant de la taille de l'échantillon d'essai).
- La plateforme d'essai s'adapte aux capteurs solaires à air et peut par exemple servir à effectuer des tests sur des systèmes photovoltaïques et thermiques intégrés aux bâtiments, notamment celui de l'École de gestion John-Molson.





PHOTO 2A. SIMULATEUR SOLAIRE; ESSAI EN POSITION HORIZONTALE SUR UN CAPTEUR À AIR D'UN SYSTÈME PHOTOVOLTAÏQUE ET THERMIQUE INTÉGRÉ AU BÂTIMENT.

PHOTO 2B. CHAMBRE CLIMATIQUE HAUTE DE DEUX Étages avec simulateur solaire mobile.

2 – LA CHAMBRE CLIMATIQUE

La chambre climatique, d'une hauteur de deux étages, est équipée d'un simulateur solaire mobile (photo 2b). On y procède à l'essai de différentes technologies de construction sous des conditions environnementales contrôlées, en simulant des microclimats extérieurs aussi bien arctiques que désertiques.

CARACTÉRISTIQUES DE LA CHAMBRE CLIMATIQUE

- Elle permet la mise à l'essai de matériaux de construction, tels que les systèmes muraux de pointe – notamment ceux dont les composants utilisent le solaire –, et ce, dans des conditions variant de polaires à désertiques.
- Elle favorise l'élaboration de méthodes d'essai et de normes de conception en vue de prévoir le rendement hygrothermique relatif et la durabilité des différents systèmes d'enveloppe de bâtiment sous différentes conditions climatiques.
- Elle facilite la réalisation d'essais rendement hygrothermique et énergétique, durabilité, intégration de l'électricité solaire et production de chaleur utile – sur des systèmes domiciliaires mesurant jusqu'à 7 m de haut.
- La gamme de températures d'essai s'étend de -40 à 50°C, sous certaines conditions.
- La stabilité de la température est assurée à hauteur de 1°C.
- L'humidité relative varie entre 20 et 95 % selon la température.
- Ses fenêtres spécialement conçues laissent passer la lumière produite par un simulateur solaire mobile, à six lampes.

PROJETS RÉALISÉS AU LABORATOIRE SSCC

Évaluation et modélisation du rendement du système photovoltaïque et thermique intégré au bâtiment de l'École de gestion John-Molson (James Bambara, étudiant, M. Sc.; M. Athienitis, superviseur)

Des essais en simulateur sont réalisés sur un système photovoltaïque thermique, avec capteur solaire perforé, intégré au bâtiment. Le même type de système solaire est installé sur la façade sud (288 m²) du pavillon de l'École de gestion John-Molson de l'Université Concordia, une construction récente.

Le design conçu par le professeur Athienitis et son équipe combine deux technologies solaires de manière optimale : des capteurs perforés non vitrés et des modules photovoltaïques sur mesure. Comme l'illustre la figure 3a, le système exploite le solaire pour produire de l'énergie électrique tout en chauffant simultanément l'air neuf à des fins de ventilation. Il fait partie intégrante du bâtiment et de son système énergétique.



Cette première série d'expériences en simulateur a été menée afin de comparer le rendement observé avec celui du système pleine échelle de l'École de gestion John-Molson. Les tests ont été effectués en position verticale (photo 3b), simulant la façade. L'irradiation solaire a été maintenue à 1 000 W/m² et la température ambiante, à 20°C. La quantité d'air ambiant aspiré à travers le capteur ainsi que la force du vent étaient contrôlées au moyen d'un ventilateur à vitesse variable. En ce qui a trait au rendement, les comparaisons préliminaires avec le système de l'École indiquent une bonne correspondance entre les résultats du simulateur et ceux du système pleine échelle. Par exemple, les données mesurées sur trois jours pour le système de l'École (tableau 3c) indiquent que 70 kg/h/m² d'air sont préchauffés avec une efficacité de 40,8 à 43,8% sous des conditions de vents faibles (environ 1 m/s). L'efficacité thermique de ce système est comparable à l'efficacité de 42,5% obtenue au moyen du simulateur solaire.

Cette recherche servira à élaborer des modèles mathématiques et à concevoir des logiciels qui faciliteront la conception générale de systèmes semblables pour les bâtiments à consommation énergétique nette zéro de même que pour la rénovation d'édifices existants.

Évaluation de la performance des critères de conception des systèmes photovoltaïques et thermiques intégrés aux bâtiments et de leur intégration à des habitations nordiques (Yichao Chen, étudiante, M. Sc.; MM. Athienitis et Fazio, superviseurs)

Un prototype solaire de 1,5 m de côté est intégré en façade. Il convient aux conditions propres aux hautes latitudes, où l'angle d'incidence solaire est faible, la température, froide, et les vents, forts. Ce prototype est en mesure de tester différentes configurations. Ainsi, dix modèles de capteur – soit l'équivalent de quelque 200 états d'équilibre – sont évalués dans le simulateur solaire, tandis que la chambre climatique est en préparation pour la réalisation d'essais à basse température. Afin de caractériser et de comparer les différents capteurs, chaque configuration subit quatre séries d'essais en fonction de cinq débits massiques lors de chaque série.

Quatre importantes configurations de capteur sont montrées sur la série de photos 4. Ainsi, la photo 4a illustre un capteur perforé non vitré typique. Il est essentiellement constitué d'une tôle ondulée foncée, pourvue d'entrées d'air distribuées (0,5 % de porosité). À mesure que le soleil (simulateur solaire) réchauffe la surface du métal, l'air est chauffé lorsqu'il s'introduit dans le plénum derrière la tôle ondulée poreuse; il peut ensuite être aspiré et utilisé. La photo 4c montre l'intégration de deux panneaux photovoltaïques de 60 W (zone de couverture de 50%) par-dessus le parement de capteur perforé non vitré. Cette configuration est semblable à celle du système solaire intégré à la façade de l'École de gestion John-Molson à Montréal (45°N), qui présente une couverture photovoltaïque de 70%. La photo 4b présente une amélioration novatrice par rapport au système de capteur perforé non vitré conventionnel. En effet, un rideau vitré perforé, fait de feuilles de polycarbonate à transmittance élevée avec des entrées d'air distribuées, est ajouté. De manière similaire, la photo 4d montre la surface de capteur perforé non vitré exposée (50%); le vitrage perforé constitue un ajout comparativement au modèle de la photo 4c. Les deux configurations les plus performantes (photos 4b et 4d) parmi les dix modèles de capteurs seront intégrées à la façade de la cabine d'essai (en remplacement de la façade vitrée) et feront l'objet de tests en chambre climatique.







PHOTO 3B. SYSTÈME PHOTOVOLTAÏQUE ET THERMIQUE INTÉGRÉ AU BÂTIMENT; ESSAI À LA VERTICALE DANS LE SIMULATEUR SOLAIRE.

TABLEAU 3C. RENDEMENT COMBINÉ (ÉLECTRIQUE ET THERMIQUE) DU SYSTÈME PHOTOVOLTAÏQUE ET THERMIQUE INTÉGRÉ AU BÂTIMENT; MESURÉ SOUS LES CONDITIONS D'ESSAI.



PHOTOS 4. CONFIGURATIONS DES CAPTEURS ÉCHANTILLONS : A. CAPTEUR PERFORÉ NON VITRÉ; B. CAPTEUR PERFORÉ NON VITRÉ COUVERT PAR UN VITRAGE PERFORÉ; C. CAPTEUR PERFORÉ NON VITRÉ AVEC PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES D'UN ABSORBEUR THERMIQUE; D. CAPTEUR PERFORÉ NON VITRÉ AVEC PAN-NEAUX PHOTOVOLTAÏQUES ET VITRAGE PERFORÉ.

