

Le comportement du verre dans la vraie vie

Très prisé dans l'architecture contemporaine, le verre est toutefois peu performant sur le plan thermique. Pour aider les professionnels du bâtiment à mieux maîtriser ce matériau, des chercheurs genevois et tessinois ont mis au point un calorimètre solaire transportable. Cet appareil permet de mesurer *in situ* le coefficient *g* d'un vitrage, soit la fraction d'énergie solaire qui le traverse.

Jane-Lise Schneeberger, sur mandat de l'Office fédéral de l'énergie/OFEN

On utilise de plus en plus le verre dans la construction, que ce soit pour habiller entièrement un bâtiment ou pour créer de grandes ouvertures lumineuses, telles que baies vitrées ou verrières. Ce matériau, qui possède par ailleurs de nombreuses qualités, pose toutefois de sérieux problèmes énergétiques: en hiver, il provoque d'importantes pertes thermiques et en été, le rayonnement solaire réchauffe excessivement les pièces. Les fabricants s'emploient à perfectionner leurs produits. Malgré tout, une façade transparente ou translucide isole toujours beaucoup moins bien qu'un mur opaque.

Pour trouver des solutions, il importe d'abord de connaître les performances énergétiques exactes d'un vitrage. Si les déperditions thermiques se mesurent assez facilement à l'aide d'un capteur de flux, l'évaluation du taux de rayonnement solaire entrant dans un bâtiment (coefficient *g*) est nettement plus complexe. Au niveau mondial, une vingtaine de centres de recherche et de laboratoires possèdent des calorimètres solaires, mais ces équipements, généralement de grande taille, sont inamovibles.

Collaboration entre Genève et Canobbio

C'est pourquoi l'Office fédéral de l'énergie a décidé en 2009 de financer la mise au point d'un calorimètre transportable que l'on puisse installer temporairement sur des façades vitrées existantes pour mesurer leur coefficient *g*. Ce projet, qui vient de se terminer, a été réalisé par deux instituts de recherche: le Laboratoire énergie, environnement & architecture (Leea) de la Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture (hepia), à Genève, et l'Institut de durabilité appliquée à l'environnement construit (Isaac), à Canobbio, qui fait partie de l'École universitaire professionnelle de la Suisse italienne (Supsi).

Au Leea, Peter Gallinelli, un architecte thermicien, a assuré le développement conceptuel et technique du dispositif. A l'Isaac, Daniel Pahud, physicien thermicien, a mis au point le système de régulation et travaillé sur l'analyse des données. Avec l'appui de leurs ateliers respectifs, ils ont construit deux prototypes de calorimètres solaires, appelés «g-box». L'un se trouve à Genève, l'autre à Canobbio. «Ces appareils sont désormais opérationnels. Nous pouvons les amener dans n'importe quel bâtiment pour identifier d'éventuels problèmes liés à la performance énergétique et tester diverses solutions», annonce Reto Camponovo, responsable du Leea. Selon les chercheurs, cet instrument de mesure unique au monde devrait susciter un grand intérêt dans les milieux de la construction. Les deux écoles vont maintenant s'employer à le faire connaître auprès des professionnels.

Fonctionnement du système

Le dispositif comprend cinq composants facilement transportables. L'élément principal est la «g-box», nom qui, par extension, désigne l'ensemble du système. Il s'agit d'un caisson isolé de 50x50x50 cm, qui contient un échangeur de chaleur et des sondes de température. Cette enceinte se plaque contre une fenêtre ou une façade, pour absorber la chaleur solaire

transmise à l'intérieur. Toute la difficulté consiste à quantifier ce flux. «Pour cela, nous maintenons une température constante à l'intérieur de la boîte en injectant dans l'échangeur de l'eau froide qui compense le réchauffement dû au soleil. Par déduction, la mesure de la quantité d'eau froide injectée nous permet de connaître l'énergie solaire qui traverse la vitre testée», explique Peter Gallinelli. Quatre données sont nécessaires pour calculer le flux de chaleur entrant: le débit de l'eau, sa température à l'entrée et à la sortie du caisson, et sa capacité thermique. Pour obtenir le coefficient g, il suffit ensuite de diviser ce flux par le rayonnement solaire disponible à l'extérieur de la fenêtre – mesuré à l'aide d'un solarimètre installé à l'extérieur.

Le fonctionnement de la «g-box» nécessite plusieurs autres appareils. Un groupe de froid produit de l'eau à 15°C. Il alimente un réservoir tampon d'une contenance de 100 litres. Une pompe fait circuler l'eau stockée dans cette cuve à travers l'échangeur qui se trouve dans le caisson isolé. Le tout est piloté par un système de régulation.

Écarts entre théorie et réalité

Les prototypes installés au Tessin et à Genève sont des «g-box duo» qui comportent deux caissons calorimétriques chacun. Ainsi, il est possible d'effectuer des mesures comparatives, par exemple avec les stores baissés sur une fenêtre et relevés sur celle d'à côté. Depuis 2011, les chercheurs ont testé différents types de façades vitrées et de protections solaires dans leurs propres bâtiments.

«Le fait de pouvoir faire ces mesures sur site constitue un apport précieux. Jusqu'à présent, architectes et ingénieurs devaient se contenter des indications fournies par les fabricants, qui se basent sur des essais en laboratoire», note Peter Gallinelli. Or, le coefficient g réel peut être très différent: «Dans la vraie vie, un bâtiment interagit en permanence avec son environnement et ses habitants, de sorte que le g évolue au fil de la journée et des saisons.» De multiples facteurs modifient cette valeur: l'orientation et l'exposition de la fenêtre, l'environnement, les salissures, l'ombre projetée par un bâtiment voisin, etc. La mesure standardisée en laboratoire ne peut pas tenir compte de ces facteurs.

De même, le facteur humain a une influence non négligeable sur le coefficient g. «La manière d'utiliser les protections solaires, par exemple, peut constituer un vrai problème», signale Peter Gallinelli. Bien des bâtiments sont équipés de stores automatisés qui descendent d'eux-mêmes dès que le soleil tape fort. S'ils estiment que la pièce est alors trop obscure, les occupants réagissent en remontant les stores. «Dans ce cas, la meilleure des protections solaires ne sert pas à grand-chose.» Au moyen de la g-box, on peut simuler et évaluer le comportement des utilisateurs.

Gaspillage d'énergie

Jusque dans les années 70, les concepteurs ne se sont pas préoccupés de poser de telles protections ou d'isoler les bâtiments. C'est pourquoi nombre d'immeubles vitrés sont de véritables gouffres énergétiques. «Le pétrole ne coûtait pas cher à l'époque. Pour maintenir une température intérieure agréable, on a installé de puissantes machines gourmandes en énergie: en hiver, le chauffage compense les déperditions thermiques et en été, la climatisation rafraîchit des locaux surchauffés par le soleil», déplore Reto Camponovo. Entre-temps, les mentalités ont heureusement évolué. «Aujourd'hui, la production massive de chaud et de froid pour corriger des défauts conceptuels n'est plus tolérée. D'ailleurs, les propriétaires commencent à réaliser qu'il est dans leur intérêt d'assainir les immeubles. Nous voulons les aider à trouver des solutions.»

La g-box permet donc aussi de tester les avantages et les inconvénients des différents types de protection solaire: stores à lamelles ou à projection, films transparents posés sur le vitrage, toiles déroulantes ou casquettes pare-soleil. Elle mesure leurs interactions avec les vitrages, le bâtiment et les occupants.