

UNE FENÊTRE AVEC UNE FENTE SOUS VIDE GARDE LE FROID À DISTANCE

Une bonne isolation thermique est une condition essentielle pour un parc immobilier suisse énergétiquement efficace. La manière d'obtenir une bonne isolation des fenêtres et des murs varie d'un bâtiment à l'autre. Dans le cas des bâtiments historiques, l'installation de vitrages sous vide dans des châssis de fenêtres bien conservés peut être une solution privilégiée. Un projet pilote de l'OFEN, auquel participent plusieurs exploitations commerciales, a étudié les applications possibles du verre à vide, mais a également conçu des éléments de mur préfabriqués pour des matériaux d'isolation haute performance.

Dans les nouvelles constructions, mais également dans les rénovations de bâtiments, les fenêtres à triple vitrage isolant sont désormais à la pointe du progrès. Elles éloignent le froid des pièces d'habitation presque deux fois plus efficacement que les doubles vitrages appliqués jusqu'à présent. Ou pour l'exprimer en chiffres: les fenêtres actuelles à triple vitrage ont un coefficient de transfert thermique (U) de 0,6 à 0,5 W/m²K – par rapport à la surface du verre. Cela signifie qu'environ 10 watts-heure (ou 0,01 kWh) de chaleur sont perdus par heure sur un mètre carré de surface vitrée lorsque la



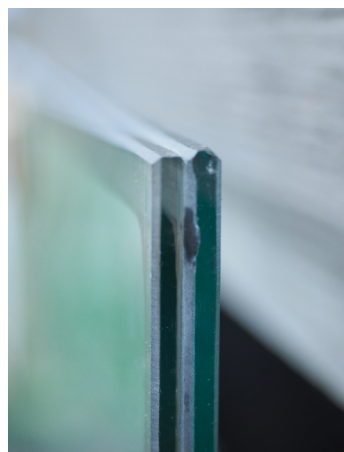
La rénovation économe en énergie des fenêtres historiques d'un bâtiment classé à Bâle a été évaluée. En installant un vitrage isolant sous vide tout en préservant le châssis des fenêtres historiques, l'isolation thermique peut être améliorée d'un facteur 3 (réduction de la valeur U de 4,9 à 1,5). Photo: Martin Gruber

différence de température entre l'intérieur et l'extérieur est de 20 degrés.

Vitrages avec fente sous vide

Les triples vitrages d'isolation offrent un haut niveau d'isolation thermique. Toutefois, les vitres prennent 40 à 60 mm d'espace supplémentaire en comparaison. Avec cette épaisseur d'élément, elles n'entrent généralement pas dans le châssis d'une fenêtre historique. De plus, les fenêtres à triple vitrage sont lourdes: cela altère leur maniabilité, réduit la longévité des ferrures et complique la construction de grandes surfaces vitrées. Les vitrages sous vide tels qu'ils sont proposés depuis quelques années sur le marché, peuvent aider: jusqu'à présent, ils isolent à peu près aussi bien que le triple vitrage, mais sont beaucoup moins épais (de l'ordre de 6 à 12 mm) et plus légers. Les vitrages sous vide sont constitués de deux feuilles de verre séparées par un espace de seulement 0,2 mm. Cette vente est mise sous vide lors de la fabrication, ce qui octroie aux fenêtres une très bonne isolation thermique. Des tampons en silicone font office de séparateurs entre les deux vitres.

Jusqu'à présent, la Suisse n'a pas encore beaucoup d'expérience dans le traitement et l'application des vitrages sous vide. Un projet pilote financé par l'OFEN a désormais apporté un savoir-faire supplémentaire. Dans le cadre d'un sous-projet, la



Un vitrage sous vide se compose de deux plaques de verre séparées par un espace étroit, dans lequel règne un vide calorifuge. Des écarteurs assurent le maintien de la fente pendant la mise sous vide. Le fabricant AGC offre une garantie de 15 ans sur ses fenêtres sous vide. Photo: Martin Gruber

société Gerber-Vogt AG (Allschwil), spécialisée dans les systèmes de fenêtres et de façades, a mis au point une fenêtre coulissante particulièrement fine pouvant être équipée de vitrages sous vide. Les fenêtres coulissantes d'une première série préliminaire ont été testées dans une maison individuelle témoin puis ont été développées. Il en a résulté une fenêtre coulissante avec une valeur U de 0,69 W/m²K, se rapportant à l'ensemble de la fenêtre, y compris le châssis. Ainsi, la fenêtre isole (légèrement) plus efficacement qu'une fenêtre de même taille avec triple vitrage (valeur U: 0.76 W/m²K).

Dans un deuxième sous-projet, des vitres sous vide ont été insérées dans des châssis de fenêtres bien conservés dans un



La fenêtre coulissante avec vitrage sous vide développée dans le cadre du projet pilote contient un moteur encastré dans le cadre, qui ouvre et ferme la fenêtre à distance. La stabilité du vitrage a été testée par la Haute école spécialisée bernoise Architecture, Bois et Construction dans le cadre du projet. Photo: Martin Gruber



La fenêtre coulissante («Skyline») récemment développée par la Gerber-Vogt AG semble plus filigrane que la fenêtre classique (à l'arrière à gauche) en raison de sa section centrale d'une largeur de seulement 60 mm. Photo: Gerber-Vogt AG

bâtiment ancien de Bâle. Encore une fois, un résultat énergétique intéressant a été obtenu (valeur U pour l'ensemble de la fenêtre: 1.5 W/m²K). « Les vitres sous vide sont actuellement recommandées en premier lieu pour l'assainissement des fenêtres historiques dans les bâtiments classés. Dans ce cas, elles offrent un grand potentiel d'économies d'énergie réalisables immédiatement », explique Martin Gruber, qui a géré le projet sous l'égide de l'association professionnelle de Bâle-Ville.

Fenêtre coulissante pour vitrage sous vide ou isolant

Les vitres sous vide sont proposées par des fabricants asiatiques tels que le groupe verrier japonais AGC et sont désormais également produites en Europe via la filiale Interpane. Dans la mesure où les vitres ne peuvent pas être appliquées sans mesures supplémentaires sur un châssis existant, des fenêtres appropriées doivent être conçues. La fenêtre coulissante,

que Gerber-Vogt AG a construite dans le cadre du projet pilote de l'OFEN, offre précisément cette possibilité: la fenêtre se compose d'un châssis bois-métal, comme le préfèrent de nombreux architectes. « Nous voulions fournir aux architectes une fenêtre coulissante avec un châssis filigrane qui leur permettrait de créer de grandes baies vitrées pour les immeubles de bureaux et résidentiels, les écoles, les maisons de retraite ou les hôpitaux », explique Michael Gerber, directeur général de la Gerber-Vogt AG. Les fenêtres coulissantes présentent l'avantage, par rapport aux fenêtres oscillo-battantes, que les battants ne font jamais saillie dans la pièce. Cela rend les grandes fenêtres plus sûres et plus maniables.

Afin d'adapter les grands verres aux châssis étroits, ces derniers ont été renforcés par une âme composée de plastique à fibre de verre. Les fenêtres coulissantes peuvent être ouvertes et fermées automatiquement grâce à un moteur intégré au

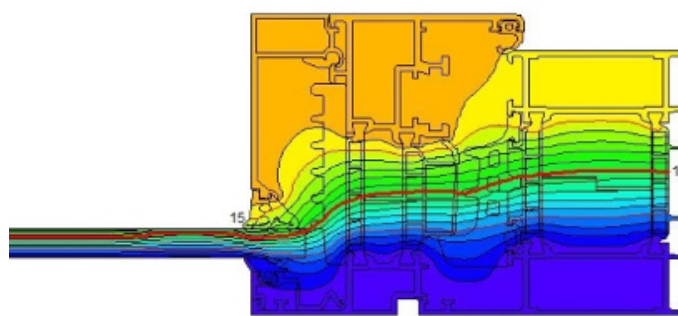
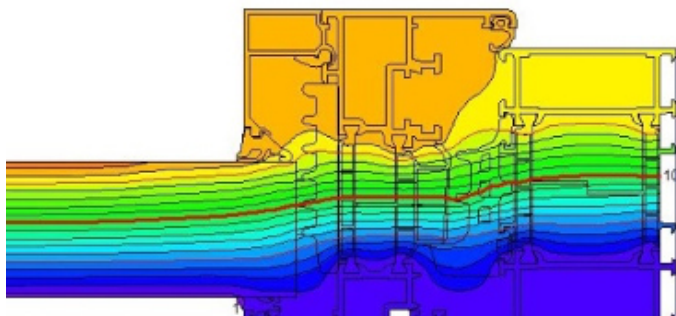


Image thermique d'un triple vitrage isolant (à gauche) et d'un vitrage sous vide. Le côté gauche montre la vitre, le côté droit le châssis. Illustration: Gerber-Vogt AG

ÉLÉMENTS MURAUX PRÉFABRIQUÉS

En plus des fenêtres équipées de vitres sous vide, un autre sous-projet a permis de développer des éléments muraux préfabriqués avec des tapis d'aérogel hautement isolants composés de divers matériaux tels que la silice (dioxyde de silicium). Ces éléments muraux sont deux fois moins épais que les éléments préfabriqués classiques dans la construction à montants et avec de la laine de roche comme matériau d'isolation, mais ont la même faible valeur U ($0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$). L'entreprise de construction en bois Renggli AG (Sursee) a conçu et construit les éléments muraux, tandis que la AGITEC AG (Dällikon) a apporté son savoir-faire en matière de matériaux isolants haute performance. Les éléments ont été utilisés dans un projet pilote pour une maison individuelle à Meilen (ZH): bien que les murs soient très minces (l'isolation ne mesure que 10 cm), le bâtiment répond à la norme Minergie A.



Un élément mural conventionnel avec isolation en laine de roche (à gauche) est nettement plus large que le nouvel élément avec isolation en aérogel. Photos: Martin Gruber

L'un des défis du projet était la recherche de techniques appropriées pour le traitement des matériaux isolants fragiles. Une solution consiste à les fixer dans un système en sandwich au moyen d'un serrage et à les rigidifier avec des toiles filigranes (comme les ailes d'un planeur). Ce procédé a été mis en œuvre avec succès avec des tapis d'aérogel, mais peut également être utilisé pour d'autres matériaux hautement isolants tels que l'isopet ou l'aérogel en caoutchouc.

L'aérogel est encore relativement coûteux par rapport aux produits concurrents malgré de meilleures valeurs d'isolation thermique dans de nombreuses applications. Afin de promouvoir l'utilisation du matériau d'isolation, les auteurs de l'étude pilote soulignent que la production préalable des éléments muraux doit encore être améliorée: l'important étant une exécution précise aussi bien du cœur du bâtiment (tolérance inférieure à 2 cm) que des éléments muraux qui y sont ajoutés. Une coordination étroite entre les acteurs concernés est indispensable. BV



Production d'éléments muraux préfabriqués avec isolation par aérogel (en gris) à l'usine de Renggli à Schötz (LU). Photo: Martin Gruber



La maison pilote de Meilen (ZH) a montré qu'une enveloppe de bâtiment ultra-mince peut répondre à la norme Minergie-A: les murs ont une couche isolante d'aérogel de seulement 10 cm d'épaisseur, et les fenêtres des vitres sous vide de 12 mm. La maison a été construite par la société Dietrich Schwarz Architekten AG qui a participé au projet pilote de l'OFEN. Photo: Martin Gruber

châssis. Cela permet le refroidissement nocturne pendant les chaudes journées d'été dans le cadre d'un système de gestion automatique des bâtiments. Les fabricants de fenêtres ont accordé une attention particulière à l'interface entre le verre et le châssis. Afin de réduire les pertes de chaleur, les vitrages sous vide doivent être enfoncés plus profondément dans le châssis que ce qui est habituel avec les verres isolants. Cela est dû au fait que les vitres sous vide isolent relativement mal sur leur bordure. Malgré la solution obtenue, des optimisations sont souhaitables afin d'améliorer encore l'isolation thermique des fenêtres à vitrage sous vide, comme l'indique le rapport final du projet: « Le joint de bordure en verre reste un point faible en termes d'ingénierie thermique et doit être amélioré à l'avenir ». Pour les fenêtres avec vitrage sous vide, une valeur U de 0,4 W/m²K pour l'ensemble de la fenêtre pourrait devenir réalité.

Une meilleure isolation des fenêtres historiques

La société Gerber-Vogt AG commercialisera une nouvelle fenêtre coulissante en 2021. Une percée pour les vitres sous vide ne devrait pas automatiquement en découler car il est probable que les fenêtres seront principalement équipées d'un triple vitrage, comme le prévoit Michael Gerber. En ef-

fet, celui-ci est tout aussi bien isolé mais moins cher. Les experts continuent de considérer le marché du vitrage sous vide comme un substitut du verre dans les bâtiments historiques: lorsque les châssis sont en bon état, le vitrage simple peut être remplacé par un vitrage sous vide. Même si le joint de bordure ne peut parfois pas être conçu de manière optimale en raison d'un faible retrait du verre, la valeur U des fenêtres peut être améliorée d'un facteur 3, de 4,9 à 1,5, comme le projet pilote a pu le montrer sur la base d'exemples pratiques. Les bâtiments des années 1960/1970 présentent une deuxième application envisageable pour les vitres sous vide. Les châssis de fenêtres de cette époque sont généralement trop étroits pour l'installation de triple vitrage isolant. Cependant, ils pourraient être équipés d'un double vitrage (1 x normal, 1 x sous vide).

- Le rapport final du projet pilote de l'OFEN «Développement de systèmes de fenêtres hautement isolantes avec des verres sous vide et des éléments de façade opaques ultrafins» est disponible sur: <https://www.aramis-admin.ch/Texte/?ProjectID=38688>
- Dr Men Wirz ([men.wirz\[at\]bfe.admin.ch](mailto:men.wirz[at]bfe.admin.ch)), directeur du programme de projets pilotes, de démonstration et de projets phares de l'OFEN communique des informations sur le projet.
- Vous trouverez d'autres articles spécialisés concernant les projets de recherche, les projets pilotes et de démonstration ainsi que les projets phares dans le domaine Bâtiments et villes sur www.bfe.admin.ch/ec-batiments.

PROJETS P+D DE L'OFEN

Le projet sur l'application de vitres sous vide à haute isolation thermique et de cloisons préfabriquées en aérogel a été soutenu par le programme pilote et de démonstration de l'Office fédéral de l'énergie (OFEN). L'OFEN encourage ainsi le développement et l'expérimentation de technologies, de solutions et d'approches innovantes qui contribuent de manière significative à l'efficacité énergétique ou à l'utilisation des énergies renouvelables. Des requêtes d'aide au financement peuvent être déposées à tout moment.

- www.bfe.admin.ch/pilotdemonstration