

Condensation extérieure et mouillabilité du verre flotté

Le verre avec un coefficient global de transmission thermique U_g de $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ est aujourd'hui la norme standard. De plus en plus de vitrages à triple isolation avec des valeurs U_g de $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ et moins font leur apparition. Cet avantage pour l'atmosphère ambiante présente cependant un inconvénient majeur : la condensation sur les surfaces extérieures du verre n'est pas exclue.

Texte et photos : Thomas Fiedler

En ce qui concerne les vitrages, le verre isolant avec un coefficient global de transmission thermique U_g de $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ est aujourd'hui la norme standard. Jusqu'à l'entrée en vigueur du 1er règlement relatif à l'isolation calorifique en novembre 1977, la valeur U_g était d'environ $3,0 \text{ W/m}^2\text{K}$, et elle n'a cessé de s'améliorer depuis lors. Dernière évolution en date : la croissance exponentielle du nombre de vitrages à triple isolation avec des valeurs U_g de $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ et moins.

Réduction du flux thermique

Afin de conserver les faibles coefficients globaux de transmission thermique, l'espace hermétique entre les vitres est rempli de gaz rare, qui conduit la chaleur moins bien que l'air. En raison de la circulation du gaz, la valeur U_g atteint son point le plus bas avec un espace défini entre les vitres en fonction du type de gaz de remplissage utilisé. Le flux thermique de l'intérieur chaud vers l'air extérieur froid est ainsi considérablement réduit. Une proportion importante de la faible valeur U_g repose sur la couche fonctionnelle quasiment invisible sur la surface de verre du côté de l'espace entre les vitres. Cette couche fonctionnelle laisse passer tels quels les rayons de la partie visible du spectre solaire entre environ 380 et 780 nm par rapport à un verre isolant comparativement non revêtu, tandis que le rayonnement infrarouge invisible est en grande partie réfléchi. Résultat : seule une partie infime de l'énergie calorifique de la pièce chauffée est évacuée vers l'extérieur à travers le verre isolant.

Principes physiques

Cet avantage pour le climat ambiant et le sentiment de bien-être de l'occupant présente cependant un inconvénient majeur : certaines conditions météorologiques provoquent de la condensation sur les surfaces externes du verre, diminuant le niveau de transparence de ce dernier. Pour expliquer ce phénomène, quelques principes physiques doivent d'abord être exposés. Selon les lois de la nature, il y a toujours compensation d'une énergie élevée à une énergie plus basse. Tout corps, y compris la vitre extérieure du verre isolant, dégage de l'énergie calorifique vers des éléments plus froids. La quantité d'énergie dégagée suit une fonction exponentielle dépendant de la différence de température. Le dégagement est optimal lorsque la



Une contamination a entraîné au niveau de cette surface de contact une modification de l'activité de surface du point de vue chimique.

nuit est claire et sans nuages. La température orbitale correspond au zéro absolu : -273°C . Une autre loi de la nature stipule que l'air froid accumule moins d'eau que l'air chaud. À 20°C , l'air peut ainsi absorber $17,3 \text{ g/m}^3$ d'eau, contre seulement $9,4 \text{ g/m}^3$ à 10°C . Dans les deux cas, la capacité d'absorption maximale est atteinte, l'air est saturé et l'humidité relative de l'air est de 100 %. Si la saturation de l'air décrite est atteinte dans la nature, l'eau se présente sous forme de brume, de pluie ou de neige. C'est ainsi que l'eau se comporte lorsqu'elle entre en contact avec les surfaces de corps plus froids que l'air et dont les températures de surface sont inférieures au point de rosée. L'eau se présente sous forme de condensation.

Condensation sur le verre : un phénomène anodin

En particulier au printemps et en automne, les nuits claires sont souvent très froides par suite du rayonnement thermique. Après le lever du soleil, l'air se réchauffe très vite, et l'humidité d'air absolue augmente. Les surfaces des vitrages isolants se sont sensiblement refroidies pendant la nuit. Lorsque les fenêtres sont à l'ombre, les vitres ne se réchauffent pas assez vite. La température de surface du vitrage extérieur reste inférieure à la température ambiante. Plus la valeur U_g est faible, plus la température de surface diminue d'une manière générale et

plus les surfaces vitrées à l'ombre se réchauffent lentement. Si l'humidité de l'air est proche du point de rosée, ce dernier n'est pas atteint au niveau de la surface froide du verre et de la condensation se forme sur les vitres. Les valeurs U_g ayant tendance à être toujours plus faibles, ce phénomène va devenir de plus en plus fréquent. La condensation sur la surface vitrée est certes gênante, mais néanmoins totalement sans risque. L'eau de condensation disparaît toute seule, au plus tard lorsque le verre reçoit suffisamment de chaleur du soleil. Des empreintes apparaissent à la lumière du jour. De nombreux utilisateurs ressentent comme particulièrement gênante la soudaine apparition dans la condensation d'empreintes corporelles ou digitales, de marques d'étiquettes et de ventouses, de bandes laissées par des traces de silicone, et contestent les performances. Ces apparitions proviennent de la capacité de mouillabilité spécifique à chaque substrat. Ce processus s'explique à nouveau par les lois de la nature. Si l'on regarde une surface vitrée au microscope, on constate qu'elle n'est en aucun cas aussi nette que lorsqu'on la regarde à l'œil nu. Afin d'éviter tous dégâts au niveau de la surface du vitrage de base lors du transport, des éléments de séparation sont intégrés au niveau des vitres de $3,21 \times 6,00 \text{ m}$. Des ventouses servent d'éléments de butée pour le transport par grue. Lors de la coupe, il est techniquement né-

Des images auxquelles nous devons nous habituer : des valeurs U_g de 0,7 W/m²K et moins favorisent la condensation.



Différentes formes de gouttes créant diverses images.

cessaire d'ajouter de l'huile de coupe. Afin que les surfaces du verre

soient d'une propreté irréprochable au niveau de l'espace entre les vitres, qui devient inaccessible après l'assemblage, les éléments de séparation ainsi que les résidus générés lors du transport et de la coupe doivent être entièrement éliminés. Ce processus se déroule dans des machines à laver spéciales avec plusieurs niveaux de lavage avec de l'eau déminéralisée à l'aide de brosses oscillantes et rotatives.

Surface propre : fragilité élevée

Le processus de nettoyage décrit avec de l'eau déminéralisée rend la surface du verre non seulement extrêmement propre, mais aussi considérablement activée. Le moindre petit « encrassement » est visible. En cas de contact avec la peau, les acides gras et la sueur par ex. sont transférés sur la surface active du verre. Les étiquettes et les plaquettes d'écartement peuvent laisser différents composants de colles lorsqu'elles restent longtemps sur les vitres. Lorsque le verre est transporté ou installé à l'aide de dispositifs à ventouses, la dépression peut aspirer ou repousser vers l'extérieur de l'eau ainsi que différentes particules de la surface inégale du verre, modifiant du point de vue chimique l'activité de surface au niveau de cette zone de contact.

En particulier lors du transport, du vitrage et de la construction, la poussière, la pluie et l'humidité chargent et encrassent en outre plus ou moins la surface vitrée. Aussi paradoxal que cela puisse paraître, même un nettoyage habituel du verre provoque une certaine forme d'encrassement. L'eau de nettoyage est encore plus chargée d'impuretés à la fin du nettoyage des fenêtres qu'au début. La peau de chamois, les éponges et les chiffons en tissu absorbent des impuretés et les dispersent sur la surface du verre. Néanmoins, une fois sec, le verre est luisant et propre. L'objectif du nettoyage est ainsi atteint. Les surfaces vitrées changent au niveau des différentes zones contaminées par le processus d'adsorption et de diffusion avec des tissus étrangers au verre. Il s'ensuit alors un au-

tre processus de dispersion (la responsabilité incombant ainsi au subjectile) résultant de la modification de l'énergie de surface par des gouttelettes d'eau sur les surfaces vitrées, par ex. en cas de condensation ou lorsque les vitres sont mouillées par la pluie.

Différentes gouttes d'eau, différentes formes

Chaque impureté ou tissu a une énergie de surface qui lui est propre. La taille et la forme des gouttes d'eau peuvent varier, allant de plates à hémisphériques. Ces différentes formes de gouttes entraînent l'apparition de formes lorsque les vitres sont humides. Plus une goutte d'eau est plate, autrement dit plus l'angle de mouillage de la goutte est aigu, plus la surface de mouillage est importante et plus la contrainte au bord est faible.

Plus une goutte est haute, autrement dit



Thomas Fiedler, ingénieur diplômé, est le directeur technique de UNIGLAS GmbH & Co. KG et responsable du verre, du verre dans la construction et de la physique du bâtiment.

La mouillabilité spécifique des surfaces vitrées ne peut constituer un motif de réclamation ni pour le fabricant du verre, ni pour le producteur de verre isolant, ni pour l'artisan réalisant les travaux d'usinage du verre.

www.uniglas.net

de mouillage est petite et plus la contrainte au bord est élevée. Ce n'est que lorsque les gouttelettes deviennent trop grosses et trop lourdes que la contrainte au bord est surmontée, l'eau s'écoule et de petites gouttelettes se forment à nouveau.

Nettoyage possible

La norme DIN 18361, VOB/B stipule en tant que prestation accessoire sous 4.1.6 « Élimination sans résidus de rubans adhésifs, étiquettes, plaquettes d'écartement ou éléments de liaison du verre ». Les influences entraînant la mouillabilité spécifique du verre flotté par l'eau ou la vapeur d'eau ne sont pas dues à des résidus (visibles) dans l'esprit du VOB (cahier des charges pour les marchés de construction) qui doivent être éliminés en tant que prestation accessoire. Lorsque la mouillabilité spécifique des surfaces s'avère gênante dans des cas tenaces, elle peut être éliminée. Il faut essayer de parvenir sous la tension de l'angle de mouillage des substrats en enlevant ou en accédant aux couches gênantes. L'essence ou des préparations traditionnelles à base d'alcool sont tout aussi inappropriées en règle générale que les produits de nettoyage de vitres usuels. Les produits de nettoyage éprouvés appropriés sont ceux qui contiennent de l'ammoniac. Dans les cas tenaces, une technique efficace consiste à imprégner un chiffon propre avec un mélange contenant environ 50 % d'ammoniaque dilué et 50 % d'alcool et à ajouter du « Wiener Kalk » (poudre nettoyante semblable au blanc de Meudon) de manière à former une boue. Le « Wiener Kalk » est disponible dans les magasins spécialisés et la plupart des drogueries. Appliquer ensuite cette boue sur les vitres et bien frotter. La paille de fer fine n° 00 et les produits d'entretien usuels pour l'acier inoxydable comme par ex. « Stahlfix » donnent des résultats satisfaisants sans trop d'efforts. Étaler le produit d'entretien pour l'acier inoxydable en frottant avec la paille de fer n° 00, et frotter les résidus blancs séchés avec un chiffon en coton propre et sec. ■