



Doc. Saint-Gobain

A

Planchers de verre L'attraction du vide prend de l'ampleur

Après les garde-corps et les marches d'escalier, l'usage du verre se développe à grande vitesse pour les planchers. Dans les lieux recevant du public, mais également chez les particuliers, des règles strictes ainsi que des principes de bons sens encadrent ces conceptions.

Tout comme les garde-corps entièrement vitrés, les planchers de verre connaissent depuis une décennie un grand succès. Si l'on admet que les premiers pavés de verre en sont les précurseurs, la comparaison s'arrête là. Les pavés striés installés dans les magasins de la Samaritaine comme dans certaines gares de Paris dans les années 1930 étaient des puits de lumière autant que le signe d'une certaine modernité. L'engouement ces trente dernières années pour les passerelles, les mezzanines, les paliers d'escalier et les sols entièrement vitrés résulte d'une idée de modernité, avec en outre la volonté de créer un effet physiologique. La révélation du vide, l'envie du frisson, l'ouverture d'une autre perspective ou une vue nouvelle expliquent certainement ce succès. On se souvient des passerelles de verre créées par les architectes Borja Huidobro et Paul Chemetov pour le réaménagement de la Galerie de zoologie du Muséum national d'histoire naturelle, à Paris en 1991. Ils avaient, par l'emploi abondant du matériau, réinventé la muséographie. Un ouvrage tel que le Skywalk, réalisé en 2007

aux États-Unis, a quant à lui franchi une étape sensorielle. Cette passerelle métallique qui constitue une boucle au-dessus du Grand Canyon offre grâce à son plancher une vue sur pas moins de 1 300 m de vide ! Dans le même esprit et plus récemment en France, des créations telles que le Pas dans le vide à l'aiguille du Midi ou les parties vitrées du premier étage de la tour Eiffel révèlent la puissance d'attraction de ces ouvrages transparents. Les architectes l'ont bien compris et s'en donnent à cœur joie – quand le budget le permet – pour des projets de bureaux, de musées ou de restaurants. Dans leur grande majorité et pour d'évidentes raisons de sécurité, ces planchers sont intérieurs. Outre les avantages pratiques tels que le nettoyage facilité et les apports lumineux, ils lèvent le voile sur ce qui était habituellement caché. Dans le cas d'un restaurant, cela peut être la vue sur la cave. Dans celui d'un musée, on peut imaginer que les visiteurs marchent au-dessus de la salle des archives ou des ateliers de restauration des œuvres. Les possibilités sont presque illimitées, jusqu'à flirter avec le désagréable. En plus de la sen-

Réglementation

Textes de référence

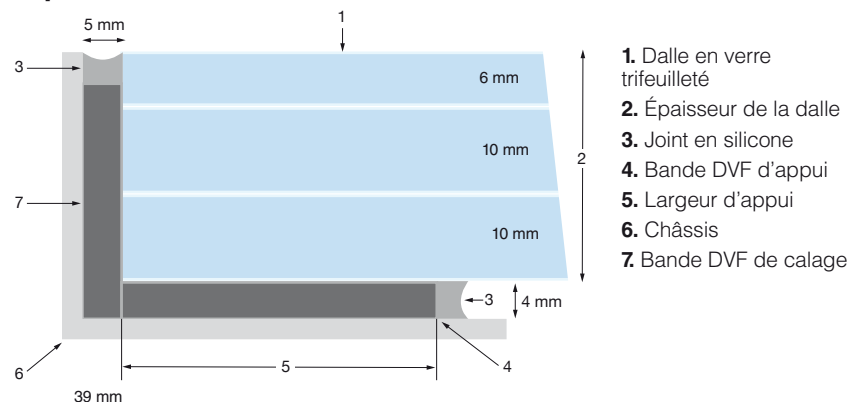
■ Les Cahiers du CSTB n° 3448 sont, depuis leur publication en mars 2003, considérés comme le document de référence en matière de dalles de plancher et marches d'escalier en verre. Y sont définies les conditions générales de conception, de fabrication et de mise en œuvre. La Fédération française des professionnels du verre (FFPV) étudie une mise à jour du texte, en vue d'en élargir le champ d'application et d'en faire la base préalable à une norme d'application DTU.

■ La norme NF P06-001 établit les bases de calcul des charges d'exploitation selon les bâtiments. Elle définit notamment l'épaisseur du verre de protection devant résister à une charge de poinçonnement.

■ La circulaire interministérielle n° DGUHC 2007-53 du 30 novembre 2007 recommande de réduire la glissance, en particulier en extérieur, par des traitements antidérapants.



Une largeur d'appui égale à une fois et demie l'épaisseur de la dalle



1. Dalle en verre trifeuilleté
2. Épaisseur de la dalle
3. Joint en silicone
4. Bande DVF d'appui
5. Largeur d'appui
6. Châssis
7. Bande DVF de calage

A En 2007, la passerelle Skywalk, au-dessus du Grand Canyon aux États-Unis, a inauguré l'ère des planchers vitrés avec sensations fortes garanties.

B À l'étage d'une boutique, le plancher a été vitré : une astuce qui permet de voir la marchandise à vendre au rez-de-chaussée.

sation de vertige à laquelle certains sont sensibles, apparaît le risque du « voyeurisme ». Sur ce terrain, le bon sens devrait prévaloir. Classiquement, les maîtres d'œuvre préconisent ainsi un verre sablé ou opale, lequel supprime la transparence et réduit d'autant l'intérêt même du plancher de verre. Toutefois, chez les particuliers, cette question ne se pose parfois pas, cette transparence pouvant être clairement exprimée dans la demande du client.

Couches de protection et porteuses

La destination et l'emplacement de l'ouvrage déterminent sa nature. À ce titre, les maîtres d'ouvrage sont obligés d'inscrire les conditions d'utilisation dans le dossier d'intervention ultérieure sur l'ouvrage (DIUO), et les maîtres d'œuvre dans le cahier des charges techniques particulières (CCTP). Dans un établissement recevant du public (ERP) ou chez un particulier, les charges d'exploitation diffèrent radicalement. Et logiquement, entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment, le plancher vitré se distinguera par un traitement antidérapant, la pente, ainsi que l'étanchéité. Comme pour des esca-

liers, les planchers destinés aux particuliers affichent une charge d'exploitation moindre (environ 150 kg/m²) et les surfaces dépassent rarement 3 ou 4 m².

Dans les ERP, et conformément à la norme NF P06-001 relative aux charges d'exploitation des bâtiments, celles-ci vont de 250 kg/m² jusqu'à 500 kg/m². L'épaisseur du complexe verrier change alors : elle est composée d'au moins trois verres trempés tous feuilletés et de quatre films solidaires. Le premier verre est dit « de protection ». D'une épaisseur d'au moins 6 mm, il sait encaisser les chocs ainsi que les rayures. Les discussions vont bon train dans les commissions de normalisation, et notamment à la Fédération française des professionnels du verre (FFPV), pour savoir s'il devrait être simplement posé – et donc facilement remplaçable –, ou solidaire du bloc porteur. Il en est même qui envisagent de s'en passer, afin d'alléger l'ensemble, quitte à recourir à du verre trempé chimiquement, plus résistant aux chocs mais également plus sensible aux rayures. Cette question, cruciale, n'est pas encore tranchée en France, alors que dans de nombreux pays européens ce verre n'est pas (•••)



Doc. Sete

Dans le cadre du réaménagement du premier étage de la tour Eiffel, l'agence Moatti-Rivière architectes a fait remplacer les grillages et les parties opaques en périphérie du vide central par du verre.

(●●●) obligatoire. Les deux verres en dessous, dits « porteurs », supportent toute la charge.

L'épaisseur de ce « sandwich », d'au moins 30 mm et d'au plus 50 mm, varie évidemment en fonction des charges à reprendre. Dans le cas d'une passerelle par exemple, il faudra veiller à prendre en compte la charge supplémentaire que représente le verre pour le dimensionnement de la charpente, sachant que la dalle pèsera au moins 50 kg/m². En raison de cette question du poids et de la manutention, en général, on limite la taille d'une dalle à 1,5 m². Enfin, au registre des charges, les dalles sont considérées comme des remplissages, et non des éléments structurels. « De même

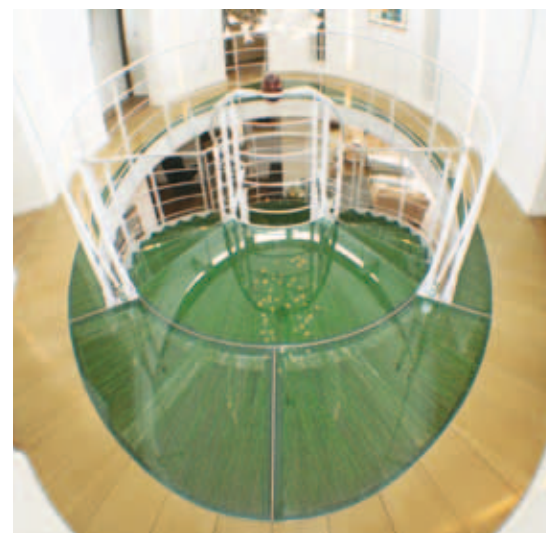
que les marches d'escalier, elles ne doivent pas subir de déformations dues aux mouvements de la structure ou du sol », rappelle-t-on chez Saint-Gobain.

Prise d'appui continue ou partielle ?

Dans la très grande majorité des configurations, en ERP ou dans le domaine privé, les dalles de verre sont prises en appui sur les quatre côtés ; et ce, généralement dans un encadrement fabriqué sur mesure par le charpentier métallique ou l'entreprise de métallerie. Cette dernière aura veillé à prendre en compte l'espace de 5 mm minimum entre l'encadrement et le verre, sachant qu'il est impératif d'éviter le contact

Tendances Des inclusions pour tous les goûts

■ Théoriquement, presque tous les matériaux disponibles en feuille peuvent être inclus dans un verre feuilleté. Jusqu'aux plus insolites. Ainsi, pour un escalier fabriqué par la métallerie Schaffner pour un particulier alsacien (*photo ci-contre*), le miroitier Righetti a placé des brins d'herbe séchés et teintés sur un film entre deux verres. Les végétaux en inclusion sont toutefois passés de mode, et on sait qu'il existe des problèmes de vieillissement des matières organiques, de compatibilité chimique et de compatibilité avec le film. À l'inverse, des feuilles métalliques (or, argent, aluminium, inox, etc.), des textiles et des impressions numériques connaissent un certain succès et sont mises en œuvre par une petite poignée de spécialistes européens. Depuis le lancement de Glassled par AGC, on note une attention des donneurs d'ordres pour les planchers avec inclusion de leds. La seule limite de ces « enrichissements » par de la matière et de l'énergie semble être le coût et, d'une certaine manière aussi, le bon goût.



Doc. Righetti



Docs. JM; Bruno Decaris

A Les dalles avec incrustation de leds offrent des possibilités inédites de signalétique et de décoration. Le branchement du verre au courant est une tendance forte qui, tôt ou tard, gagnera les planchers.

B Pour sa maison de Belle-Île (Morbihan), l'architecte Bruno Decaris a créé une passerelle entièrement vitrée sous une toiture de verre. Les glaces qui font office de garde-corps, tout comme le verre du plancher, reposent sur deux appuis.



B

direct entre le métal et le complexe verrier. Cet espace est comblé par des cales d'appui en néoprène et un joint en silicone noir de finition. Dans le document de référence que constituent *Les Cahiers du CSTB* n° 3448, toutes les règles de conception et de dimensionnement, généralement connues des miroitiers et métalliers, sont développées. Y sont traités les cas les plus courants, en appui sur deux ou quatre côtés. Des accroches par points avec des agrafes inox peuvent cependant être envisagées, à l'instar d'une façade en vitrage extérieur agrafé (VEA). Le plancher devient alors une affaire de spécialistes aguerris. Outre les calculs spécifiques à réaliser, il faut disposer de l'outillage pour percer les produits verriers épais avant trempage. Ces projets extrêmement épurés de passerelle suspendue ou sans châssis métallique visible entraînent cependant une contrainte esthétique. « La découpe et la finition du verre doivent être irréprochables, comme c'est le cas pour les marches d'escalier prises sur seulement deux côtés », insiste Thierry Utard, directeur de la miroiterie Righetti. Concernant les points d'appui en acier tels que les encadrements, une protection anticorrosion de qualité est de mise, même lorsque l'ouvrage est posé en intérieur. Les chocs, voire la malveillance sur les joints, associés à l'eau de nettoyage et à la condensation auront autrement vite fait de créer des attaques de corrosion aux conséquences fâcheuses. « L'infiltration

d'eau et d'humidité est une préoccupation majeure pour les dalles de verre, mais avant tout pour des questions esthétiques. La structure n'est pas mise en danger, mais l'aspect est dégradé », note Olivier Douard, délégué technique de la FFPV. Ce dernier se montre d'ailleurs réservé sur le développement des planchers de verre dans les lieux à fort trafic, par exemple les gares ou les grands magasins : « Les mouvements de foule génèrent des efforts et des charges considérables ; ils créent une forte usure sur le verre comme sur les joints. »

Un feuilleté recherché

Globalement, sur le terrain des dalles de verre, les donneurs d'ordres se trouvent face à une solution technique mature et pour laquelle on dispose d'un recul suffisant pour ne pas prendre de risques inconsidérés. Les données n'ont guère évolué ces quinze dernières (●●●)

Extensions Un double vitrage pour éviter les ponts thermiques

■ On peut imaginer une extension surplombant un ruisseau, la mer ou un vide en montagne. Un plancher de verre y ferait un bel effet. Pour éviter d'en faire un pont thermique qui refroidirait rapidement le reste du bâtiment. « Nous recommandons l'assemblage en double

vitrage décalé de la dalle de sol avec un feuilleté faiblement émissif en sous-face. Le châssis fixe aura également des feuillures spécifiques, note Thierry Utard, directeur de la miroiterie Righetti. Ainsi, on passera aisément d'un coefficient U_w de 5,7 à 2, voire 1,3 $W/[m^2.K]$. »

POINT DE VUE Olivier Douard, délégué technique de la Fédération française des professionnels du verre (FFPV)

« Respecter les jeux entre le cadre et le verre »



« Afin d'éviter les mauvaises surprises, il convient de se poser en amont la question du dimensionnement du plancher de verre. Très rapidement, il faut avoir une idée précise de la structure porteuse et de l'épaisseur de verre qu'elle devra accueillir. Des maîtres d'œuvre ont dessiné une structure très fine et se sont retrouvés avec une structure épaisse devant reprendre une charge considérable. Ensuite, il est capital de veiller à une bonne communication entre le miroitier et le métallier concernant le respect des jeux entre le cadre et le verre. Une réserve insuffisante ne prenant pas en compte l'épaisseur des joints entraîne des désagréments fâcheux. Le poids, la reprise de charge et la réserve doivent être discutés entre les deux professionnels. Chez les particuliers, où il est théoriquement possible de réaliser ce qu'ils demandent, il est utile de savoir que l'absence de rampe ou de garde-corps pour des raisons esthétiques est un choix dangereux. La glissance d'un plancher de verre est importante. Une mezzanine en verre suspendue à des câbles et sans garde-corps est certainement esthétique, mais anxiogène au quotidien. »



A Le plancher peut devenir verrière, à condition de respecter la pente pour l'écoulement des eaux pluviales, de veiller aux charges de neige, de prévoir des traitements antidérapants... et un garde-corps.

B Une mezzanine en verre « brisé » ou « crashé » chez un particulier. Réussir à « casser » ainsi la matière pour lui donner cet effet est une affaire d'expérience et de savoir-faire.



Doc. Quidam

(...) années, si ce n'est l'épaisseur du module verrier qui a augmenté de quelques millimètres entre les années 1990 et aujourd'hui. À l'époque, on réalisait un triple feuilleté avec des verres de 8 mm, aujourd'hui passés à 10 mm, voire plus. L'évolution des méthodes de calcul en est à l'origine, et non des accidents corporels qui auraient engendré un surcroît de précaution. Par ailleurs, la recherche sur le film du feuilleté n'a jamais cessé. Plusieurs miroitiers ont ainsi choisi d'abandonner le classique polyvinyle de butyral (PVB) – selon eux, trop sensible à l'humidité et aux écarts élevés de température – au profit de l'Evasafe. Il s'agit d'un film éthylène acétate de vinyle, dont le brevet a été développé par Bridgestone pour les panneaux photovoltaïques, toujours exposés au soleil et à la pluie. Dans des applications extérieures ou en bordure de piscine intérieure, le PVB a pu générer des désordres de type « effet feuille de chêne » en périphérie des verres. Avec l'Evasafe, par ailleurs plus facile à mettre en œuvre que le PVB, ce désagrément ne devrait plus se produire. « Il est aussi question d'intercalaires structuraux, tels que SentryGlas de DuPont et DG 41 de Saflex, qui améliorent encore les performances mécaniques du feuilleté », indique Olivier Douard.

Des innovations lumineuses

Toutefois, l'avancée majeure qui touche le verre dans son ensemble est son lien avec l'électricité. « Les dalles peuvent devenir de puissants vecteurs d'éclairage et de signalétique. La lumière peut se déclencher quand on marche sur le verre par exemple, avec des effets très surprenants. On peut travailler à partir de cristaux liquides », s'enthousiasme Philippe Noyer, responsable commercial chez Vitrum-Quidam, miroitier d'origine italienne spécialisé dans les ouvrages à forte valeur technique. Le sol est amené à s'animer grâce au verre et à générer de nouvelles fonctionnalités. « L'éclairage et le courant dans le verre représentent une tendance lourde pour les parois vitrées verticales ; il n'y a pas de raison que les planchers y échappent ! » conclut Olivier Douard. La lumière par le sol même la nuit, voilà qui ouvre des perspectives réjouissantes. *Jan Meyer*