

DETAIL – Revue d’Architecture

2007 □ 1/2 · Construire en Verre

Résumé français

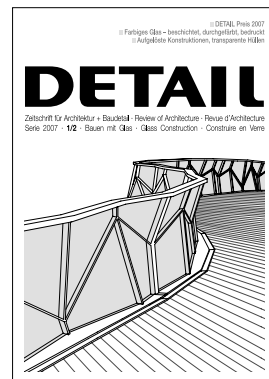
Traduction:

Xavier Bêlorgey, architecte

E-Mail: xbelorgey@aol.com

Vous trouverez une présentation en image de tous les projets sous:

<http://www.detail.de/Archiv/De/HoleHeft/176/ErgebnisHeft>



Page 30
Escalier de verre à Paris

Le nouveau siège d’un groupe de communication est situé à quelques pas de l’Arc de triomphe. L’escalier arrondi, entièrement construit en verre fait partie d’un atrium de représentation. Il relie les zones privées du rez-de-chaussée avec le premier étage où sont regroupées les salles de réunion. La particularité de l’escalier tient, en plus de sa réduction formelle, à sa structure. Des vitrages cintrés à hauteur d’étage maintenus par un câble en acier inoxydable précontraint de 6 mm constituent la colonne vertébrale statique du système et reprennent tout autant les efforts de compression que les tensions. Les vitrages sont maintenus sur le sol par des fixations ponctuelles; les déformations dûes aux changements de température sont prises en compte par des joints de dilatation dans les supports. Le limon interne continue jusqu’à la hauteur de la main courante et est relié par les marches et les traverses avec le vitrage externe auto porteur. Des fixations dimensionnées au minimum renforcent la transparence de l’escalier. Une autre particularité est constituée par les marches; les architectes ont choisi d’éviter les perforations et préféré poser les marches sur le chant de seulement 15 mm de large, découpé en escalier, d’un composant du triple vitrage.

Plan échelle 1:100
Coupe échelle 1:20
Détails de l’escalier échelle 1:5

- 1 zone privée
- 2 atrium
- 3 cloison
- 4 allège verre de sécurité feuilleté cintré en verre float 3x 15 mm
- 5 mur de verre auto porteur verre de sécurité feuilleté cintré en verre float 3x 15 mm
- 6 montants de garde-corps 60/35 mm
- 7 main-courante tube acier inoxydable Ø 48 mm
- 8 marches verre de sécurité feuilleté en verre float 8 mm + 2x 15 mm + 8 mm, surface sablée anti-dérapante, joints remplis de silicone
- 9 fixation ponctuelle acier inoxydable
- 10 contre-ancrage tube acier inoxydable Ø 34 mm
- 11 pierre polie 20 mm, lit de mortier 50 mm chape 45 mm, couche séparatrice, isolant acoustique 15 mm, béton armé 300 mm

- 12 joint silicone
- 13 recouvrement des rails en acier inoxydable
- 14 profil de maintien du verre LJ 70/32 mm
- 15 support ponctuel 200/246/15 mm

Page 32
Extension en verre à Londres

Le maître d’ouvrage souhaitait pour une maison en bande de 4 étages une extension dans laquelle l’utilisateur se sente protégé, tout en pouvant vivre le plus directement possible dans l’espace extérieur. L’architecte, son client, l’ingénieur et le fabricant ont travaillé en étroite collaboration à la conception d’un pavillon en verre le plus minimal possible. Le toit est constitué d’un seul panneau en verre feuilleté de sécurité, les poutres de verre transfèrent les charges via des assemblages en acier inox dans les murs de verre encastrés à leur base. Des tests de vérification de la statique, jusqu’à la cassure, ont été effectués sur un prototype à l’échelle 1 pour garantir le rendement du système. Les étroites fentes périphériques, à partir desquelles les parois de verre semblent «pousser», ne dissimulent pas seulement les encastresments mais aussi des chéneaux d’évacuation de l’eau et le dispositif d’éclairage en fibres optiques. Pour éviter les surchauffes en été, un système de ventilation mécanique aspire l’air frais par des gaines intégrées dans le plancher en béton et le redistribue par les joints ouverts du dallage en dalles d’ardoise du pavillon de verre. L’air usé est extrait par des grilles en acier inoxydables situées à la jonction avec la partie ancienne de la maison. En hiver le chauffage au sol réchauffe le sol du pavillon; il est aussi possible de le dissocier du séjour par des portes en verre coulissantes.

Coupe horizontale • Coupe verticale
Échelle 1:5

- 1 mur: verre de sécurité feuilleté constitué de verre trempé 12 mm + résine 2 mm + verre trempé 12 mm
- 2 bandes sablées pour cacher les arêtes des panneaux vitrés
- 3 joint du vitrage collé
- 4 poutre en verre: verre de sécurité feuilleté constitué de verre trempé 12 mm + résine 2 mm + ver-

- re trempé 12 mm + résine 2 mm + verre trempé 12 mm
- 5 acier-inox 10 mm, rondelle en plastique côté verre renforcée de fibres 2 mm, dissimulée par sablage sur la partie interne du vitrage
- 6 fixation ponctuelle aluminium 12 mm
- 7 porte verre trempé 8 mm
- 8 profil acier inox L 95/59 mm
- 9 porte coulissante verre trempé 10 mm
- 10 toit: verre de sécurité feuilleté (une seule vitre) constitué de verre trempé 8 mm + résine 2 mm + verre trempé 8 mm, surface du toit avec traitement autonettoyant
- 11 panneau ardoise 30 mm
- 12 panneau d’ardoise 30 mm, lit de mortier, chape chauffante 50 mm, pare vapeur, isolant thermique 50 mm
- 13 évacuation de la condensation
- 14 cornière acier inox 12 mm
- 15 nœud, tôle soudée

Page 35
Musée du verre à Toledo Ohio

La dématérialisation de la matière est célébrée dans le nouveau musée du verre de Toledo. Le pavillon se trouve dans le célèbre quartier des musées et des collections exceptionnelles. Afin d’intégrer la nouvelle collection de verre, une verrerie avec un showroom et des surfaces d’exposition temporaire dans un parc planté d’arbres anciens, les architectes ont décidé de construire sur un seul niveau un bâtiment qui traite par son enveloppe transparente les thèmes de la transparence et de la perméabilité dans la nature environnante. Les cours intérieures vitrées perforent et éclairent le corps de bâtiment quasiment carré de 57x 62 m. Les suites des pièces aux formes organiques et arrondies avec leurs murs de verre s’organisent derrière la peau de verre, le long de la large «promenade de verre». Le toit semble flotter sur elles: des poteaux, en acier peint en blanc, dimensionnés le plus finement possible et quelques éléments massifs des capsules organiques reprennent les charges du toit. Le savoir faire technologique autour du matériau verre a été mis en œuvre pour atteindre la réalisation architectonique innovatrice de l’absence de pesanteur du verre: chaque élément de verre float a été découpé, coupé et arrondi au cours d’un processus complexe pour répon-

dre aux contraintes constructives. Les profils d'acier intégrés au nu du sol maintiennent les murs de verre les uns contre les autres, tout en assurant la tolérance nécessaire pour les modifications de tension propres aux matériaux. L'espace intermédiaire en verre fonctionne comme un espace tampon tempéré, régulant avec la climatisation intégrée dans les plafonds la température et les taux d'humidité des pièces. En plus de toutes les options techniques, des rideaux blancs transparent amortissent les impacts directs de la lumière naturelle en créant une atmosphère particulière dans les pièces. L'art japonais qui consiste, par la réduction, à rendre visible le rien est perpétué ici.

Coupe verticale échelle 1:10

- 1 étanchéité de toiture 25 mm
isolant XPS 110-125 mm
pare-vapeur 2 mm
bac acier 50/50/2 mm
poutre acier IPE 255 mm
- 2 poutre acier HEB 330
- 3 tôle aluminium anodisée 5 mm
fixation métallique, lé d'étanchéité 3 mm
produit bois dérivé 15 mm fixé sur un panneau isolé en tôle 40 mm, pare-vapeur 2 mm
rive poutre acier LI 300/80/20 mm
- 4 poutre acier L 190/80/12 mm
- 5 dissociation thermique XPS 280/12 mm dans tôle acier
- 6 radiateur
- 7 cornière acier L 110/80/10 mm sur platine de tête 200/10 mm
- 8 verre de sécurité feuilleté 2x10 mm arrondi, joints verticaux collés
- 9 verre de sécurité feuilleté 2x 13 mm arrondi
- 10 panneau acoustique plâtre cartoné blanc 12 mm
- 11 béton poli 76 mm chauffant
couche séparatrice 2 mm
dalle béton armé
- 12 couverture en tôle 2 mm
profil acier de finition périphérique 250/50/10 mm

Page 40 Immeuble de bureaux et d'habitation à Aarau

Un nouveau bâtiment doit être construit pour le groupe de presse AZ Medien à la place de l'ancien siège d'un quotidien local et à la mesure du site très exposé, entre la gare et la vieille ville. Avec son pignon, orienté sur l'architecture hétérogène de la rue de la gare le long et étroit volume de 6 étages remplit entièrement la parcelle. Les façades vitrées laissent paraître la masse pourtant imposante étonnamment légère. De plus le traitement soigneux des héberges répond sensiblement au bâti alentour et permet finalement au nouveau bâtiment de s'intégrer sans heurts. Un passage qui traverse le bâtiment crée une nouvelle liaison piétonne. Alors que la traversée est soulignée du côté est par un élargissement visible, un retrait de façade sur toute la hauteur du passage la souligne de l'autre côté. Deux cours évitées dans le volume compact assurent le bon éclairage des espaces en cœur du bâtiment. Le mélange des fonctions correspond en toute évidence à la vocation d'un ensemble urbain. Un restaurant et une librairie atti-

rent le public au rez-de-chaussée et les étages intermédiaires sont habités par les allers et venues des employés des différents bureaux. Les 7 logements sont répartis en haut; avec des appartements confortables-pouvant atteindre 172 m², des cuisines ouvertes et des grandes loggias. L'enveloppe de verre, la paroi externe d'une double façade organisée avec des bandeaux horizontaux est la caractéristique la plus marquante du projet. Le plan situé derrière –une façade perforée habillée de panneaux en fibre-ciment rouge brun– apparaît, selon les éclairages soit clairement et précisément ou voilée par les reflets des immeubles voisins. L'effet particulier de la peau de verre est obtenu par le pli horizontal des verres; il a fallu pour l'obtenir chauffer les vitrages composite à 600°C sur une forme, puis les coller sur des profils carrés cintrés.

Coupe verticale • Coupe horizontale
Échelle 1:20

- 1 verre de sécurité feuilleté horizontal cintré 2x verre trempé 8 mm
- 2 panneau de fibre ciment, lasure couvrante rouge-brun
- 3 capotage du chauffage tôle acier pliée perforée laquée
- 4 gaine de chauffage/électricité
- 5 profil acier inoxydable 40/40 mm
- 6 pièce préfabriquée en béton armé avec étanchéité PUR liquide et sablage au quartz
- 7 verre isolant trempé 8 mm + vide 16 mm + verre trempé 8 mm
- 8 tableau bois dérivé peint
- 9 constitution du sol: revêtement minéral sans joints 5 mm, chape ciment 90 mm, couche séparatrice panneau mousse dure XPS 100 mm
dalle béton armé
- 10 ouverture panneau de fibres et ciment, lasure couvrante rouge-brun
- 11 panneau fibres et ciment, lasure couvrante rouge-brun 20 mm, vide ventilé 35 mm
isolant thermique laine minérale 160 m.
élément en béton préfabriqué 200 mm
enduit 10 mm

Coupe sur la loggia échelle 1:20

- 1 plantations extensives
substrat végétal 60 mm
feutre de fibres synthétiques 2 mm
couche drainante
panneau absorbant/réservoir d'eau 40 mm
feutre de fibres synthétiques
étanchéité lé de bitume double épaisseur
isolant thermique laine de roche 160 mm
pare-vapeur lé de bitume
dalle béton armé 320 mm
- 2 tube fibre et ciment Ø 600 mm avec chapeau de ventilation
- 3 pièce préfabriquée béton armé
- 4 verre de sécurité feuilleté horizontal cintré 2x 8 mm
- 5 allège verre de sécurité feuilleté 2x10 mm
- 6 constitution du sol: caillebotis bois 24 mm
lattes 100/50 mm
panneau en granules de caoutchouc 6 mm
lé d'étanchéité bitume double épaisseur
isolant thermique PUR 80 mm
pare-vapeur lé de bitume
dalle béton armé 220 mm préfabriquée
béton 50 mm, enduit 10 mm
- 7 fenêtre coulissante et oscillante avec vitrage isolant, verre trempé 6 mm + vide 16 mm + verre de sécurité feuilleté 6 mm

Page 45

Extension de la bibliothèque de la faculté de droit de l'Université de Hambourg

Les bibliothèques des différentes facultés de droit de l'Université de Hambourg ont été rassemblées dans une extension de la «Maison du Droit». Celle-ci est conçue comme une tour de livre compacte et reliée au bâtiment ancien par un atrium vitré. En encorbellement sur la rue, le nouveau bâtiment définit aussi un nouveau parvis d'entrée pour le campus. On accède à la nouvelle bibliothèque par le foyer du bâtiment ancien. Les deux bâtiments sont desservis par des ascenseurs et des escaliers dans l'atrium qui participe aussi, en tant que tampon climatique, au parti énergétique d'ensemble. Les salles de séminaire et les vestiaires se trouvent dans l'étage de soubassement, la bibliothèque aux étages supérieurs. Les différents systèmes de recherches sont regroupés sur une galerie qui donne dans l'atrium. Les places de lecture sont le long des façades et les surfaces de rangement des livres devant le mur mitoyen dans la partie intérieure. L'extension est enveloppée d'une façade de verre divisée en vitrages de différentes couleurs et donc changeant selon les éclairages. Le jour la couleur des vitrages est sensible à l'intérieur, la nuit la tour des livres se transforme en un objet lumineux rayonnant jaune orange. Les façades à poteaux et traverses des pignons et du côté nord sont construites comme des structures dissociées thermiquement. Des clapets battant en pignon assurent la ventilation naturelle. Les verres de différentes couleurs (2 tons d'orange et de jaune différents) limitent l'impact des rayonnements chauds en conférant aux places de lecture un caractère individuel avec des liens visuels différents vers l'extérieur. Dehors les verres sont partiellement sablés avec un motif de rayures de largeurs différentes pour casser les réflexions. La façade froide de verre côté sud est suspendue à 20 cm devant le mur mitoyen isolé et sert de façade collecteur pour préchauffer l'air extérieur. Un motif stylisé d'arbre est appliqué par sablage sur les vitrages teintés en vert et crée un effet de forêt et un effet de fond pour la maison de ville voisine classée monument historique. L'image change selon le cours du soleil grâce à l'ombre portée sur le second plan d'isolation thermique.

Coupe sur la façade est échelle 1:20

- 1 gravier 50 mm
étanchéité lés de bitume 10 mm
isolant thermique en pente, résistance à la pression max. 360 mm
pare vapeur
dalle béton semi préfabriquée 180 mm
- 2 trop-plein acier inox
- 3 profil acier L 500/100/4 mm
- 4 tôle aluminium 3 mm avec revêtement acoustique
- 5 isolant thermique résistant à la chaleur
- 6 traverse de façade profil aluminium avec couvre-joint, dissocié thermiquement 205/50 mm
- 7 fixation poteau de façade sur le nez de dalle
- 8 store textile anti éblouissement, manuel
- 9 vitrage isolant verre de sécurité feuilleté 12 mm

- face externe partiellement sablée, face interne avec revêtement de protection solaire + vide 18 mm + verre de sécurité feuilleté 10 mm, face externe recuite partiellement avec un revêtement céramique transparent
- face interne revêtue partiellement d'un film imprimé
- 10 clapet oscillant motorisé profil aluminium avec vitrage trempé de protection solaire 8 mm + vide 16 + verre trempé 6 mm
- 11 cloison coupe feu panneau de tôle recouvert de panneau anti feu minéraux 2x 20 mm
- 12 poteau de façade profil aluminium extrudé T 170/50 mm
- 13 caillebotis aluminium ouvrable
- 14 panneau de fibres et ciment 12 mm

Coupe échelle 1:750
 Coupe sur le lanterneau de l'atrium
 Coupe sur la façade collecteur sud
 Echelle 1:20

- 1 panneau en angle tôle acier inox isolé thermique-ment 2 mm
- 2 verre de protection solaire accessible trempé 10 mm + vide 16 mm + verre de sécurité 16 mm
- 3 poutre en verre profil acier T 60
- 4 étanchéité résistante aux UV, compatible aux EPDM adhérent sur les aciers inoxydables et le verre
- 5 sécurité en câble pour le nettoyage
- 6 profil acier IPE 160
- 7 lamelles de ventilation motorisée avec vitrage isolant 24mm
- 8 ouverture pour l'apport naturel d'air préchauffé dans la façade
- 9 vitrage trempé isolant 8 mm, face externe avec bandes sablées; face interne motifs d'arbres sablés + vide 24 mm + float 6 mm
- face externe recuite partiellement avec un revêtement céramique coloré transparent
- 10 traverse de façade fixée par des consoles profil aluminium mit couvre joint dissociée thermique-ment 107/50 mm
- 11 apport d'air avec moustiquaire

Page 50
Immeuble de bureaux et d'activité à
Hambourg

Assez froidement et sûr de lui ce nouvel immeuble de neuf étages se présente au cœur de Hambourg avec une élégance toute han-séatique. Un immeuble de verre remplit désormais la dent creuse depuis si longtemps en portant avec ses mitoyens blancs un accent dans la rue sans négliger pour autant certaines références architecturales comme les bandeaux horizontaux et la composition verticale des fenêtres.

La jonction avec l'immeuble de droite s'opère par un bel arrondi dans la façade de verre qui permet aussi d'ouvrir des vues sur le canal et de gagner beaucoup de surface vitrée. Une autre mesure permettant d'augmenter l'éclairage naturel prend la forme d'une cour à l'arrière du bâtiment. La lumière est conduite jusqu'au premier étage ce qui permet d'utiliser toute la profondeur du bâtiment en bureaux.

Des cloisons modulables en verre structu- rent les bureaux paysagés en soulignant la transparence et la générosité des espaces. La façade est conçue au rez-de-chaussée et dans l'étage supérieur comme une simple façade en structural-glazing; en façade double du second au huitième étage; la paroi in-

terne étant une structure à montant et traver- ses dissociée thermiquement avec des remplissages en alternance vitrés et fixes ou partiellement ouvrables. Les fixations sont assurées par des consoles qui transfèrent les charges et des vis invisibles. La paroi extérieure est appliquée comme une façade auto porteuse avec des fixations des vitra- ges linéaires sur les deux faces du verre. La liaison aux dalles de béton armé se fait là aussi par des consoles soudées, en acier galvanisé à l'intérieur et en acier inoxydable à l'extérieur. Le vide intermédiaire de façade ne sert pas à la ventilation des espaces inté- rieurs mais protège les stores de protection solaire à lamelles. Leur position et leur incli- naison peuvent être réglées individuellement par chaque utilisateur. Grâce aux jeux de la lumière et aux reflets sur les bandeaux de verre, le caractère de la façade semble vi- vant et modulé.

Coupes échelle 1:20

- 1 dalles de ciment 50 mm
gravier 50 mm, étanchéité lé de bitume
isolant thermique 120 mm, pare vapeur
béton armé 300 mm, enduit intérieur 15 mm
- 2 tôle aluminium 3 mm
- 3 cour: vitrage isolant de sécurité feuilleté constitué de 2x 6 mm + vide 16 mm + verre trempé 8 mm
- 4 structure à montants et traverses aluminium
- 5 revêtement moquette 8 mm, plancher creux 130 mm, poteau acier réglable en hauteur; isolant acoustique contre les bruits d'impact 10 mm
- 6 lanterneau protection solaire-vitrage isolant verre trempé 6 mm + vide 16 mm + verre de sé- curité feuilleté float 2x5 mm
- 7 profil acier 100/40/4 mm
- 8 console en acier inoxydable 2x 100/15 mm et 100/100/20 mm
- 9 façade secondaire simple vitrage verre de sécurité feuilleté 2x float 15 mm
- 10 protection solaire lamelles aluminium inclinables
- 11 vitrage isolant verre trempé float 8mm + vide 16 mm + verre de sécurité feuilleté 2x 4 mm
- 12 rez-de-chaussée vitrage isolant coef. U= 1,2 W/m² K, verre de sécurité feuilleté consti- tué de verre partiellement précontraint 20 mm + vide 16 mm + verre trempé 12 mm
- 13 profil acier orientable 100/80/4 mm
- 14 fixation ponctuelle acier inoxydable fixée sur 11 ouvrant, angle d'ouverture 12° maximum
- 15 poteau béton armé Ø 300 mm

Détails de façade échelle 1:5

- 1 façade secondaire simple vitrage verre de sécurité feuilleté 2x float 15 mm
- 2 protection solaire lamelle aluminium orientables mit avec guidage haut et bas
- 3 façade primaire vitrage isolant verre trempé float 8mm + vide 16 mm + film 1,52 mm + verre de sécurité feuilleté float 2x 5 mm
- 4 grille de ventilation aluminium non accessible
- 5 profil aluminium L 30 ou 50/50/3 mm
- 6 cheville profil acier 122,5/30 mm
- 7 structure à montants et traverses en profil alumi- nium 50/150 mm
- 8 convecteur 220 mm
- 9 platine de tête et de piétement profil acier 190/160/10 mm
- 10 isolant thermique 60 mm, pare vapeur
- 11 platine de tête profil acier 200/240/25 mm
- 12 fixation console: 2x pattes profil acier 110/100/10 mm entre profil acier 110/130/25 mm, dissocié thermiquement
- 13 tôle aluminium 3 mm

- 14 console profil acier inoxydable 2x 100/15 mm et 100/100/20 mm
- 15 manchon fileté pour la fixation des ancrages d'échafaudage
- 16 ouvrant avec un angle d'ouverture de 12° maxi- mum
- 17 profil acier orientable 100/80/4 mm
- 18 fixation ponctuelle acier inoxydable fixée sur 15
- 19 vitrage isolant thermique niveau supérieur coef. U= 1,2 W/m² K, verre trempé float 15 mm + vide 20 mm + verre de sécurité feuilleté float 12 mm

Page 55
Résidence de l'ambassadeur de Suisse à
Washington

La résidence est construite sur les hauteurs de la ville dans un quartier élégant et la vue donne sur le Washington Monument. Les sa- lons officiels se suivent sur une diagonale qui reprend cet axe de vue et s'étire entre le parvis d'entrée et une grande terrasse. Les effets de séquence de ces pièces de repré- sentation à l'organisation flexible caractéri- sent le plan en croix qui permet de créer à l'extérieur 4 cours distinctes. Des liens vi- suels nombreux et riches se créent en biais entre les intérieurs et les extérieurs et sur le bâtiment lui-même. On atteint la résidence privée de l'ambassadeur et de son person- nel ainsi que les suites réservées aux hôtes à l'étage par le foyer en double hauteur. Des galeries ouvertes ouvrent des vues vertica- les et peuvent servir aussi de podium pour les discours. Les matériaux de l'enveloppe – dur verre blanc faisant penser à de la glace et du béton lasuré de couleur ardoise avec une texture en relief – sont autant de référé- nces aux sommets et aux montagnes suis- ses. Les cours apparaissent comme des es- paces clairs qui auraient été découpés dans un monolithe foncé. Des éléments en profils verriers organisés verticalement caractéri- sent leurs façades. Elles sont doublées soit par du vitrage isolant translucide, soit par des éléments opaques avec un isolant ther- mique. Les fenêtres carrées et de grandes portes coulissantes complètent la nuit la composition rayonnante de l'intérieur. Les murs de béton calepinés horizontalement et structurés par des lattes en fond de coffrage constituent les pignons. L'utilisation solaire passive, la toiture plantée et une technologie domestique sophistiquée permettent d'obte- nir des standards énergétiques compara- bles à ceux de la «minergie» helvétique.

Coupe horizontale · Coupe verticale
 Echelle 1:20

- 1 béton armé lasuré gris ardoise, avec lattes en re- lief en fond de coffrage
- 2 profil aluminium L
- 3 verre de construction profilé sablé blanc, précontraint thermiquement
- 4 joint silicone clair
- 5 lé de façade ouvert à la diffusion isolant en mousse dure 51 mm
- panneau de façade contreplaqué 13 mm
- isolant thermique laine minérale 203 mm, entre montants en acier 203 mm
- pare vapeur, plâtre cartonné 2x 16 mm
- 6 structure secondaire ébrasement

- 7 profil acier L 127/63,7 mm
- 8 vitrage isolant rempli d'argon 6+13+6 dans menuiserie aluminium dissociée thermiquement
- 9 ébrasement acier inoxydable 1,6 mm
- 10 poteau tube acier Ø 152 mm
- 11 cornière acier soudée, en plat acier 14,3 mm, ancrée dans l'allège en béton armé
- 12 profil acier L
- 13 console acier, soudée sur platine acier 14,3 mm, ancrée dans la dalle en béton armé
- 14 bambou teinté sombre sur chape chauffante
- 15 terrazzo noir sur chape chauffante

Page 60 Extension d'un immeuble industriel à Murcie

Les architectes sont parvenus en organisant l'extension perpendiculairement à l'existant à créer un nouveau front sur la route, qui est traité comme une carte de visite. Les matériaux utilisés –acier et verre– font référence aux produits fabriqués ici, la plupart des matériaux mis en œuvre étant produits par la société Vigaceros elle-même. Le nouveau bâtiment est organisé sur deux niveaux et se fonde partiellement au rez-de-chaussée avec l'existant; la zone de vente donnant directement dans l'usine existante. Pour pouvoir traiter ici l'espace sans point porteur intermédiaire les poutres treillis atteignent une portée de 14 m. L'étage regroupe les bureaux de l'administration. La distribution est assurée par un escalier dans l'entrée, une volée d'escalier supplémentaire mène directement du niveau haut au bâtiment ancien. L'extension est fortement caractérisée par ses façades translucides en profils verriers. La partie supérieure est en retrait et suit une ligne en zigzag et la façade de verre du rez-de-chaussée est doublée d'une enveloppe en tôle d'acier inoxydable perforée qui sert pas seulement à créer de l'ombre pour les espaces situés derrière mais aussi à porter les lettres qui composent le nom de la société. La superposition des deux enveloppes crée aussi des jeux de lumière intéressants. Selon l'angle de vue et l'impact de la lumière les masses transparentes ou translucides se modifient: à la lumière du jour les lettres sont entièrement lisibles alors que pendant la nuit et avec le renfort de l'éclairage intérieur l'écriture passe au second plan au profit de l'intérieur du bâtiment qui semble se mettre en avant.

Coupes de détail échelle 1:20

- 1 constitution de la toiture:
gravier 100 mm, couche séparatrice isolant thermique XPS 50 mm
couche séparatrice, étanchéité de toiture béton en pente max. 250 mm
dalle composite béton bac acier 300 mm
- 2 profil aluminium galvanisé LJ 140/80 mm
- 3 profil verrier de construction 6 mm
- 4 profil acier L 50 mm
- 5 profil acier LJ 300/100 mm
- 6 IPE 240
- 7 plafond acoustique: plâtre cartonné 12,5 mm isolant thermique en laine minérale 100 mm
- 8 vitrage isolant constitué de verre de sécurité feuilleté 2x 4 + vide 10 mm + verre de sécurité feuilleté 2x 4, menuiserie aluminium galvanisé

- 9 tôle acier inoxydable perforée
- 10 brique perforée
- 11 constitution du sol: linoléum
plancher composite béton bac acier 300 mm

Page 64 Mur acoustique et show-room à Utrecht

Le mur acoustique de 1,5 km séparant l'autoroute A2 à hauteur d'Utrecht d'une zone résidentielle intègre aussi un show-room automobile présentant des voitures de luxe sur une surface d'environ 5000 m². Les voitures sont visibles de l'autoroute, distante d'une quinzaine de mètres, à travers la façade vitrée: une expérience architecturale de 40 secondes pour les automobilistes à 120 km/heure, inspirée du dynamisme du design automobile. Le mur acoustique se gonfle en son milieu et devient le cockpit du show-room en s'intégrant dans ses lignes aérodynamiques. Pour maintenir le plus bas possible le nombre des pieux de fondation, les architectes ont mis au point une structure spatiale pour le mur acoustique avec une portée de 9 mètres entre pieux. Des vitrages de sécurité simples sont posés sur la structure spatiale en profils d'acier, leurs rives sont serties dans des profils en caoutchouc dur et ils sont superposés comme des écailles. C'est ainsi que tous les vitrages peuvent prendre en compte des mouvements dus à l'augmentation de la température. Les profils en caoutchouc spécialement mis au point pour le projet renforcent la rigidité des éléments indépendants et permettent de limiter l'épaisseur du verre à 6 mm. La taille des vitrages augmente à la jonction entre le cockpit et le mur acoustique, d'1 et 1/2 à la fin du cockpit et du double en son milieu. En cela les éléments reculent de seulement 2 mm par rapport à leur voisin pour obtenir une jonction souple et continue. La façade du cockpit entièrement intégrée dans le mur acoustique avec sa trame diagonale est conçue comme une séparation thermique avec du vitrage isolant. Aux contraire des règles normales, les vitrages isolants de 42 mm sont posés directement sur la structure porteuse. C'est seulement possible quand la structure est particulièrement rigide et qu'elle n'admet presque aucune déformation. C'est ainsi que les coûts de la façade vitrée ont pu être maintenus assez bas à environ 350 Euro/m².

Les vitrages utilisés sont, du soubassement jusqu'au faitage de 133 m. de long et sont traités en trois étapes avec à chaque fois un traitement de surface de protection solaire en augmentation. À la différence de la façade avant en verre, la façade arrière habillée de tôle est presque entièrement opaque.

Coupes échelle 1:750

Coupes de détail façade de verre du show-room
Coupe de détail du mur acoustique
Échelle 1:20

- 1 éléments de couverture de toiture tôle aluminium

- 2 vitrage de protection solaire float 10 + vide 15 + verre de sécurité feuilleté 17 mm joints d'étanchéité noirs
- 3 assiette de fixation tôle acier inox noir
- 4 tube acier 200/100/6 mm
- 5 nœuds de fixation tôle acier soudée 15 mm
- 6 profil acier L 80/80/6 mm
- 7 tube acier Ø 339/12,5 mm
- 8 habillage en métal déployé
- 9 verre trempé 6 mm dans profils en caoutchouc dur

Page 68 Passerelle à Coimbra, Portugal

De loin la lumière du soleil et les couleurs du Rio Mondego qui s'écoule lentement se reflètent dans le garde-corps de verre de la passerelle de Coimbra. Des panneaux de verre colorés de différentes inclinaisons sont encastrés dans une structure d'acier filigrane et constituent un réseau qui pourrait sembler arbitraire et qui se développe en zigzag le long de la passerelle. Vu du bas de la passerelle on a l'impression que les deux moitiés qui montent ne vont pas se rejoindre au milieu, une référence à l'histoire du roi Pedro et d'Inès, une légende du 14^e siècle. L'effet de la passerelle en deux parties est renforcé par la construction des arches, qui ne portent pas la passerelle en son milieu, mais semblent la repousser sur les côtés. C'est ainsi qu'une moitié d'arche est dans l'ombre de la plate-forme, l'autre au soleil. La passerelle tire de cela sa forme inhabituelle et en même temps la plate-forme peut être utilisée par les passants comme lieu de rencontre et belvédère. La requalification et la revitalisation du lit du fleuve faisaient aussi partie du programme national. Les rives sont caractérisées à hauteur de la ville universitaire par de grandes zones de prairie plate puis par le centre ville sur la rive est et le monastère en hauteur au dessus des habitations sur la rive ouest. La passerelle légèrè s'insère ainsi dans ce contexte; avec sa portée libre de 81 m. elle ne dépasse pas 10 m. au dessus du niveau de l'eau pour assurer la traversée pour les utilisateurs de fauteuils roulants. La passerelle plate est portée par trois fines arches de 1,35 x 1,8 m. de section. La structure d'acier est entièrement habillée de tôles d'acier. La surface blanche-rosée de l'habillage de tôles contraste agréablement avec la vivacité des jeux de couleur des verres de la balustrade.

Coupes • Élévation garde-corps

Échelle 1:100

Coupe verticale sur le garde-corps Échelle 1:10

- 1 main-courante en bois 140/50 mm avec
- 2 plat acier 60/10 mm vissé
- 3 verre de sécurité feuilleté constitué de 2x verre trempé 6 mm ou 2 x verre trempé 8 mm (selon la taille du verre), entre, film PVB coloré
- 4 écarteur EPDM
- 5 maintient du verre acier inoxydable 60/4 mm vissé avec plat acier 60/10 mm, peint en blanc
- 6 fixation du verre acier inoxydable Ø 60/4 mm soudé avec plat acier 60/10 mm, peint en blanc
- 7 revêtement de sol bois 35 mm avec structure secondaire en bois

- 8 habillage tôle acier 12,15 ou 20 mm, peinte en blanc avec un mélange de rose à 6 %
- 9 profil acier HEA 140
- 8 tôle acier de renfort en forme de U à 2,5 m de distance
- 10 raidisseur tôle acier en T à 2,5 m de distance
- 11 tôle acier galvanisée 2 mm
- 12 plancher composite béton armé et bac acier 0,88 mm
- 13 pointe de liaison Ø 19/80 mm
- 14 éclairage avec capotage en verre

Page 76
Le verre de couleur en enveloppe –
Fabrication, transformation, règles de
conception

Le verre de couleur existe sous différentes formes, avec différentes propriétés techniques et visuelles. En plus de la diversité formelle l'architecte est confronté à la question de la faisabilité technique: dans quelle mesure les conditions constructives et physiques seront elles remplies? Cet article compare les verres simples teintés, imprimés, surfacés et les verres composites intégrant des films colorés.

L'utilisation de verre de couleur dans l'architecture n'est pas une trouvaille contemporaine mais beaucoup plus une redécouverte des significations, par exemple, des vitraux des églises gothiques. Les parois simples en verre coulé et teinté des bâtiments sacrés du Moyen-Âge ne pourraient remplir en aucun cas les conditions actuelles d'une enveloppe transparente. Les méthodes de fabrication et les possibilités de transformation des verres de couleur se sont développées particulièrement rapidement au cours des 10 à 15 dernières années, ce qui a finale-

ment conduit à la grande diversité des réalisations d'enveloppes transparentes colorées. Le processus de la couleur s'effectue soit directement au moment de la fabrication du verre, comme dans le cas par exemple du verre teinté, ou bien seulement au cours d'une phase de transformation ultérieure. Les principaux modes de fabrication, les possibilités de transformation, les réglementations ainsi que des exemples d'utilisation sont présentés dans les pages qui suivent.

Le verre teinté

La teinte dans la masse du verre est la méthode la plus ancienne, elle consiste à rajouter dans la masse du verre des adjuvants (oxydes métalliques). On produit et on utilise toujours aujourd'hui en architecture des verres coulés ou des verres décoratifs teintés. Grâce aux nouvelles techniques de fusion il est possible de lier en une seule glace différents verres de base teintés. Pour ce faire on superpose sur un vitrage de base des verres de différentes couleurs ou forme et l'on fait fondre le tout à une température pouvant atteindre 1500°C. La technique de fusion ne peut être appliquée que sur du verre à vitre ou sur des verres décoratifs mais pas sur des verres float. Il n'est donc pas possible de précontraindre thermiquement des verres fusionnés ou de les transformer en verres feuilletés puisque à cause du processus de fonte les surfaces, en particulier au droit des joints, ne sont plus assez planes. En façade les verres fusionnés ne peuvent être mis en œuvre pratiquement que dans des vides intermédiaires de vitrage isolant. Par contre les verres teintés dans la masse peuvent être transformés en verres trempés de sécurité, en verres partiellement

précontraints ou en verres de sécurité feuilletés. Il n'y a pas de différence dans la transformation par rapport au verre float neutre (incoloré). La palette proposée se résume aux verts, bronzes, gris et bleus. Le verre float neutre a une légère nuance verte qui apparaît surtout dans les verres épais et qui est dûe au taux d'oxyde de fer. Le marché propose aussi un verre clair, sans oxyde de fer et nuance verte. L'industrie propose aussi, en plus des verres float colorés, du verre teinté étiré mécaniquement produit actuellement en 24 couleurs. Les verres teintés étaient autrefois aussi utilisés en protection solaire. Du fait d'un taux d'absorption plus élevé, les verres teints dans la masse se réchauffent souvent plus fortement que les verres de protection solaire surfacés.

Le verre surfacé

On peut influencer par un traitement de surface, en plus des transmissions lumineuses et de chaleur, l'expression colorée d'une façade de verre. Un des procédés est celui du surfacage «online» qui consiste à appliquer des oxydes métalliques sur la surface du verre encore chaude et assurer ainsi une adhésion parfaite (pyrolyse). En revanche, le procédé offline s'effectue après la fabrication et les découpes du verre. Le verre est alors traité en surface avec des oxydes (métalliques par ex.) mis en place selon le principe, découvert dans les années 80, de magnétron sous vide. Les surfacages «online» atteignent à peu près la résistance de surface du verre alors que les surfacages «offline» font preuve, en fonction du matériau appliqué d'une résistance inférieure, ce qui implique de protéger la surface entre les verres externes d'un vitrage feuilleté. Les

Edition **DETAIL**

Nouveau!

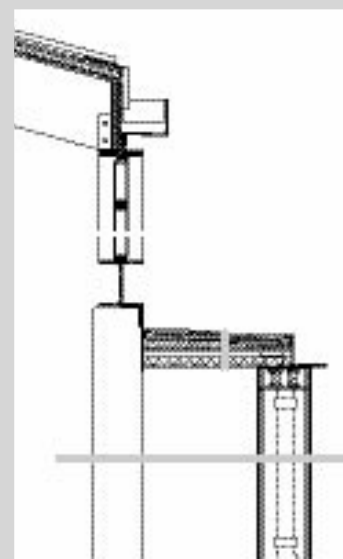


«Construire dans l'existant»
 Christian Schittich (collectif)
 176 pages avec de nombreux
 dessins et photos, 2006
 format 23 x 29,7 cm
 ISBN 10: 3-7643-7637-6
 ISBN 13: 978-3-7643-7637-6
 Traduction: Xavier Bélorgey

Construire dans l'existant

Une usine désaffectée se transforme en galerie d'art, une ancienne grange à foin en maison d'habitation. Petit à petit, nous avons à faire à des bâtiments qui ne sont plus utiles dans leur fonction initiale mais dont les espaces se prêtent à de nouvelles utilisations. Des idées créatives et des partis inhabituels sont tout aussi indispensables que la justesse de l'intervention dans et avec l'existant. L'architecte est confronté pour chaque bâtiment, à des potentiels formels et à des contraintes constructives ou techniques, elles aussi, toujours différentes.

65,- €
 plus emballage et
 frais d'envoi



épaisseurs de ces couches sont de l'ordre du nanomètre. La couleur des couches dépend des adjuvants utilisés, de la couleur propre du verre, de l'épaisseur, du taux de réflexion ainsi que de la position de la couche surfacée. Le taux de teinte et le surfacage influencent le coefficient g et la transmission lumineuse des vitres et peuvent ainsi permettre d'optimiser l'isolation thermique estivale et la qualité de lumière naturelle d'une façade de bureau, en rapport avec les aspects formels et fonctionnels. Les verres de protection solaire modernes sont considérés aujourd'hui comme des composants privilégiés pour le contrôle énergétique et climatique des ouvrages, pour lesquels une coloration accentuée peut être contradictoire avec la volonté supérieure de neutralité, de transmission lumineuse et de transparence.

Les filtres colorés/les filtres dichroïques

On obtient des effets colorés intéressants grâce aux filtres à effets optiques. Il s'agit de fines couches constituées de différents oxydes métalliques, dans diverses épaisseurs, appliquées selon le procédé de gel colloïdal (immersion en bain d'eau saline). On répète le processus de nettoyage-application de surface-cuisson au four jusqu'à 20 fois en fonction du type de filtre. L'effet de couleur est obtenu par les actions d'interférence entre les couches fines, il dépend de l'angle d'impact de la lumière et diffère en transmission et réflexion. Les filtres à effet coloré sont pour cette raison appelés aussi filtres dichroïques. Cela veut dire qu'une façade de verre peut, en fonction de l'angle d'impact des rayons lumineux changer de couleur comme un caméléon entre le bleu cobalt et le jaune d'or. En fonction des fabricants trois à six couleurs de base sont proposées, les dimensions de production maximales sont comprises entre 1000x1400 et 1700x3770 mm. Des couleurs spécifiques peuvent être obtenues sur demande. Les filtres à effet colorés sont pauvres en absorption c'est à dire qu'ils sont moins sensibles aux rayons et réchauffent moins que les verres teintés. Le traitement de surface résistant aux rayures fait preuve d'une importante résistance chimique, il est cependant conseillé de ne pas exposer les surfaces aux intempéries. La précontrainte pour produire du verre trempé ou partiellement précontraint est possible mais très limitée, une transformation en verre feuilleté de sécurité répondant aux contraintes de sécurité propres aux façades est possible. Les effets colorés sont visibles par luminosité naturelle diffuse et surtout de l'intérieur. Les réflexions colorées sur les plafonds et sur les murs doivent être prises en compte dans la composition formelle pour ne pas limiter le fonctionnement des lieux.

Le verre émaillé ou sérigraphié

Une couche d'émail coloré est appliquée en surface du verre et fixée par cuisson au four

à plus de 600°C au cours de la transformation de verres de base en verres trempés ou partiellement précontraints. Les verres émaillés ou imprimés par sérigraphie sont donc précontraints, une impression sans traitement thermique est possible seulement avec des couleurs à double composant organiques, elle ne résiste par contre pas aux rayures. Théoriquement, tous les verres de base peuvent être imprimés ou émaillés et transformés en verres feuilletés de sécurité. Avec l'utilisation de verres teintés ou surfacés, des verres de protection solaire par ex., une mise au point avec le fabricant sera nécessaire puisque autant la couleur propre du verre que le type de traitement de surface influenceront la qualité de la couleur. On obtient la meilleure qualité de coloration avec du verre clair neutre pauvre en oxyde de fer, plus coûteux que le verre float à teneur importante d'oxyde de fer. On différencie trois types d'application pour les surfaces de verre émaillées:

Le laminage

Le vitrage plan est conduit entre les rouleaux d'un laminoir en caoutchouc nervuré, la couleur de l'émail est alors déposée à la surface du verre. Le rouleau fait environ 1,60 m. de large, il définit la largeur maximale des verres.

Arrosage

Le panneau de verre avance à l'horizontal à travers un «voile d'arrosage» qui recouvre la surface de couleur. Ce procédé dépassé est nocif pour l'environnement puisque il nécessite, à la différence des autres méthodes, l'utilisation de solvants.

Sérigraphie

La couleur est appliquée sur un cadre de sérigraphie à fines mailles sur la surface du verre. Les cadres peuvent atteindre 3 x 6,50 m. Les dimensions maximales de production dépendent aussi de la dimension des tables de sérigraphie ou des fours de précontrainte (par ex. 250x500 cm). Ce procédé est plus complexe, par contre l'application de couleur est plus précise et en général plus fine que dans le laminage ou l'arrosage. La gamme RAL est standard, les tons NCS, des couleurs spéciales, des tons incolores à l'acide ainsi que des impressions antidérapantes peuvent aussi être réalisées.

Les panneaux vitrés peuvent aussi être partiellement émaillés ou traités individuellement à partir de bases de décors et de cadres sérigraphiques spécifiques. Grâce aux nouveaux procédés d'assistance numérique CTS (Computer to Screen) il est possible de réaliser des cadres sérigraphiques sur la base de motifs et d'images numériques (peintures, photos). Des surcoûts sont à prévoir lors de la mise en œuvre de souhaits particuliers pour la production des cadres et des études supplémentaires.

En général la face émaillée ou imprimée par sérigraphie est tournée du côté opposé aux

intempéries (en deuxième couche de vitrage ou plus). Il est possible d'envisager un émaillage sur le verre extérieur mais la plupart des fabricants ne peuvent pas assurer une modification des couleurs liées aux rayonnements UV.

Il est aussi possible de produire du verre sérigraphié cintré, cela demeure cependant complexe et donc cher pour des productions en petites séries ou en pièces uniques. Il faut déjà imprimer une glace plane qui sera cintrée et précontrainte au cours de phases de travail successives. La surface céramique imprimée par sérigraphie peut être appliquée seulement du côté concave.

Le verre traité à l'acide et le verre sablé

Le verre dépoli est un élément de composition important en architecture. Les tonalités mates ou «tons à l'acide» peuvent aussi être obtenus par impression sérigraphique. Il est aussi possible de traiter à l'acide un panneau de vitrage pour obtenir une surface dépolie et résistante aux intempéries. Dans ce cas, la surface du verre n'est pas détériorée, sa résistance n'est pas amoindrie. Les concentrations d'acide sont aujourd'hui très faibles ce qui est équilibré par le temps d'action de l'acide sur la surface du verre. Le degré de dépolissage est proportionnel à la durée d'action de l'acide. Il est possible de graver à l'acide différents motifs ou logos et des données numériques sont aussi exploitables. Des vitrages dépolis à l'acide peuvent aussi être cintrés ou précontraints. Le traitement à l'acide peut se faire avant ou après la précontrainte thermique. Le coefficient g et la transmission lumineuse des panneaux de verre ne diminuent que très peu à cause du dépolissage à l'acide.

Le sablage sous pression

Les panneaux de verre sont dépolis par jets de sable sous pression. Dans ce cas la surface est détériorée et la résistance du verre diminue jusqu'à 50%. Du fait de la rugosité il est possible de laisser des traces de graisse au moment du nettoyage et cela peut provoquer des changements de couleur, en conséquence ce type de vitrage se prête mal à la mise en œuvre en façade. L'aspect visuel est comparable à celui des vitrages dépolis à l'acide, il est aussi possible de créer des images ou des motifs.

Verres de sécurité feuilletés avec film colorés

Ces produits représentent la nouvelle génération de verres colorés qui se réfèrent à la tradition des vitrages teintés transparents. Au lieu de traiter le verre, des films colorés sont appliqués entre deux panneaux de verre constituant un vitrage feuilleté. Le verre composite de couleur se comporte comme le verre de sécurité feuilleté classique avec son film interne en butyral de polyvinyle. On peut combiner jusqu'à 4 films différents entre deux panneaux de verre. C'est ainsi que l'on peut créer 11 couleurs de base qui peuvent à leur tour générer plus de 1000 cou-

leurs transparentes, opaques ou translucides. La dimension de production maximale est en général la même que pour les verres de sécurité feuilletés: 2,00 × 7,00 ou 2,60 × 4,60 m.

Verres de sécurité feuilletés avec impression digitale

Cette variante constitue une nouvelle dimension dans la construction en verre. Il est possible pour la première fois avec une complexité relativement faible de réaliser en verre des images digitales en couleur, des photos ou des graphiques avec une excellente définition. Dans ce cas plus besoin de cadres spéciaux comme c'était le cas pour les impressions lithographiques. Justement dans le cas des grands motifs pour lesquels chaque vitrage représente une pièce unique ce processus est particulièrement économique. La surface imprimée est protégée des UV à l'intérieur du verre de sécurité feuilleté. L'impression peut être combinée avec un film opaque blanc, transparent ou translucide en butyral de polyvinyle. Il reste à veiller à ce que l'application de couleur ne soit pas couvrante mais transparente. L'intensité des couleurs sera perçue en fonction des conditions lumineuses et des films en butyral de polyvinyle appliqués. Les contraintes techniques des verres de sécurité feuilleté ne sont dans ce cas pas réduites il est même possible d'appliquer cette technique à des verres isolants voire même à des vitrages de protection incendie.

Éléments optiques holographiques

On insère dans les verres de sécurité feuilletés, à la place des films colorés, des surface-écrans d'hologramme. Il est en fait question de films avec des grilles d'hologrammes qui ont des effets analogues à ceux des prismes en décomposant la lumière blanche dans la gamme de couleurs du spectre. L'intensité des couleurs dépend de l'impact lumineux et de l'angle de vue de l'observateur. C'est ainsi que l'on peut obtenir des effets dynamiques comme ceux qui ont déjà été évoqués des filtres dichroïques. Il est possible de créer des protections solaires avec les films hologrammes, en plus des diverses formes décoratives (motifs, décors, logos).

Conclusion

Pour assurer de bonne conception des façades du point de vue de l'isolation thermique et des protections solaires des données exactes sur les vitrages colorés utilisés sont indispensables. Cela n'est pas seulement indispensable pour le type de verre coloré (film, impression lithographique, ou verre teinté dans la masse) mais aussi pour la tonalité colorée elle-même. Dans les parties des façades de bureaux transparentes il ne faudrait par principe percevoir qu'une coloration partielle dont la qualité visuelle et les caractéristiques physiques sont vérifiées en amont

Développements futurs et tendances

Les possibilités techniques ou formelles apportées par les vitrages de couleur en architecture sont loin d'être épuisées. Grâce aux programmes numériques de traitement d'image, de plus en plus de souhaits individuels peuvent être mis en œuvre plus économiquement et plus vite. On peut s'attendre de la même manière à de nombreux progrès dans le domaine des laques, des filtres ou des films au niveau de la qualité et des possibilités de mise en œuvre. La mise sous tension du verre constitue une autre tendance pour modifier la transparence ou les couleurs. Grâce à l'intégration de diodes colorées lumineuses (LED) en rive par ex. des verres de sécurité feuilletés ou des vitrages isolants il est possible d'obtenir des effets lumineux modifiables à volonté. Si la surface du verre est traitée avec une trame imprimée par sérigraphie spécifique, la lumière sera diffusée homogènement pour donner l'impression d'une surface colorée lumineuse pouvant être modifiée en dégradé du bleu au jaune. Des couches électrochromiques en cristaux liquides, intégrées dans le vide intermédiaire du vitrage, peuvent passer du transparent au translucide par simple mise sous tension électrique. Les couches électrochromes, qui peuvent servir de protection solaire ou visuelles, peuvent être fabriquées dans différentes couleurs. Il est aussi possible de jouer sur les façades avec des projections lumineuses d'images en mouvement sur des trames holographiques ou sur des écrans LCD.

C'est ainsi que le verre en tant que matériau de construction jette un pont entre les enveloppes transparentes ou semi transparentes et les médiums évolutifs autonomes.

Page 84 Vitrage structurel

Au cours du siècle dernier les façades et les toits en verre sont devenus, grâce aux nouvelles technologies, toujours plus transparents. La quête de légèreté et de dématérialisation a conduit à ce que le matériau verre assure de plus en plus la fonction de transfert de charges. C'est dans les années 90 que les premiers bâtiments entièrement en verre ont été construits; il y a même eu des expériences avec des poteaux en verre. Qu'il soit question de façades à montants et traverses ou de structure en verre, il faut garder à l'esprit quelques aspects fondamentaux pour construire en verre.

Le matériau verre

Les verres de base peuvent désormais être transformés de différentes façons grâce aux progrès de fabrication et de réalisation, pour répondre à différentes conditions ou contraintes tout autant constructives qu'esthétiques. On utilise principalement dans la construction du verre sodocalcique, éventuellement dans le cas de conditions anti-feu

extrêmes du verre borosilicaté. Les deux types de verre se caractérisent par leur élasticité et par une bonne résistance à la compression. En plus le verre borosilicaté est très résistant chimiquement et dispose d'une importante capacité de résistance aux changements de température.

Les produits verriers de base pour la construction sont le verre float, le verre coulé, les verres profilés et les briques de verre; le verre float est le matériau de base pour les constructions dites «en verre structurel». Du fait de ses plans parallèles et de ses surfaces sans déformation il est aussi décrit dans les normes et directives comme de la glace de verrerie. Avant qu'un produit à base de verre float aux dimensions courantes de 6,00 × 3,21 m. ne soit mis en œuvre dans la construction, il doit être transformé. Il faut d'abord réaliser les traitements de surface indispensables, une protection solaire ou thermique par exemple. En plus des aspects réfléchissants ou de polissage les traitements de surface servent à améliorer la capacité autonettoyante des surfaces de verre. Le verre float est ensuite mis en forme, les chants sont travaillés et des perforations éventuellement réalisées. Le cintrage du verre est aussi possible. Dans ce cas il est conseillé dans la pratique de prendre en considération dès l'avant projet les tolérances de fabrication ainsi que les coûts du vitrage cintré.

Comme le matériau cassant verre n'est pas déformable, il ne peut pas prendre en compte des pointes de tension qui peuvent conduire à la casse lors d'un dépassement de la résistance à la traction admissible. La résistance à la traction du verre dépend fortement des qualités de surface. Pour rendre les verres «plus solides» ceux-ci sont souvent précontraint thermiquement. Ils sont dans ce cas chauffés dans un four de précontrainte, au delà de la température de transformation puis refroidis rapidement dans une soufflerie d'air froid. C'est ainsi que l'on réalise un état de tension propre avec des tensions intérieures dans le verre et des compressions sur leurs surfaces. Les produits ainsi obtenus sont les verres simples de sécurité et les verres partiellement précontraints. Il est possible de réduire les risques de casse spontanée dans les constructions grâce aux vitrages de sécurité simples trempés à chaud. Après la précontrainte thermique il n'est plus possible d'opérer d'autres traitements mécaniques sur le verre. Pour remplir les conditions réglementaires en cas de vitrage cassé, on utilise principalement du verre de sécurité feuilleté. Celui-ci est constitué d'au moins deux verres plats reliés par un film en butyral de polyvinyle (PVB). Ce film présente une excellente adhésion au verre et une bonne résistance au déchirement.

Construction

La sécurité de la structure porteuse doit être éprouvée dans l'architecture en verre et

dans ce cas la résistance à la traction et le comportement à la cassure jouent un rôle essentiel.

La condition de base consiste à éviter le contact direct du verre avec des matériaux ayant la même ou une dureté de surface supérieure pour limiter les risques d'abîmer les surfaces ou des concentrations de tensions. Les plastiques ou les aluminiums tendres se prêtent bien comme matériaux intermédiaires, par leur malléabilité et leur élasticité. Il faut aussi toujours prendre en compte, au delà des charges prévisibles comme le poids propre, le vent ou la neige les charges imprévisibles comme par exemple les chocs involontaires ou les modifications de température et de forme de la structure. Évidemment de telles contraintes imprévues doivent être le plus possible évitées ou au moins minimisées ou transformées par des mesures adéquates.

Lors de la mise en forme d'un élément structural en verre, construire en tenant compte des contraintes des efforts a une signification particulièrement importante. On reprend souvent des formes de la construction en acier et ce n'est pourtant pas souhaitable puisque le verre, matériau cassant, se distingue clairement du métal ductile. Il faut éviter les pointes de tensions, les tensions et les arêtes cassantes pour répondre au caractère cassant du verre. La structure devrait être conçue de sorte que seuls des efforts en compression ne soient créés dans les éléments en verre. Les assemblages d'éléments en verre doivent être aussi adaptés au matériau verre. Deux possibilités d'assemblage le sont: les assemblages mécaniques classiques à l'aide de vis et de platines et les assemblages collés. Alors que dans les assemblages mécaniques des pointes de tension presque toujours trop importantes sont créées dans le verre, les assemblages collés permettent une meilleure répartition des forces dans les éléments. Il n'existe par contre pour l'instant – à part les assemblages linéaires collés du Structural Sealant Glazing au sein des structures de façade – pratiquement pas d'exemples de réalisation avec des assemblages collés transférant les charges dans l'architecture en verre. Le comportement mécanique des collages ponctuels, linéaires ou de surface est actuellement analysé et évalué dans le cadre de recherches théoriques et expérimentales; à partir de ces recherches des propositions formelles et des notices explicatives sont développées pour des mises en œuvre verticales ou pour des verrières.

Exemple

La cour intérieure de la cantine de l'Université technique de Dresde vient d'être équipée d'une verrière que les architectes ont souhaité la plus transparente possible (ill. 3). La verrière est transpercée en son milieu par un noyau en béton armé (ill. 4). Elle est constituée de poutres en verre reliées par des nœuds d'acier et supportant la couverture

vitreuse. Les poutres de verre constituent optiquement un treillis porteur sur un module carré. Il s'agit en fait d'une combinaison de poutres primaires et secondaires où une poutre primaire sur deux constitue une «échelle» stable avec les poutres secondaires qui empêche les modules de basculer. Cela permet d'éviter qu'en cas de rupture d'une poutre, selon l'effet de domino, les modules voisins ne soient aussi entraînés dans la rupture. Les poutres de verre ont une portée de 5,80 m. pour une hauteur de 35 cm. Les angles ont été décisifs pour le dimensionnement, c'est là que le maximum de charge se concentre. Pour des raisons de géométrie la hauteur des poutres a été conservée identique pour toutes les poutres, cela permet de réduire le nombre d'éléments différents et une fabrication plus rationnelle et donc plus économique. Toutes les poutres sont constituées de 4 lames de 12 mm d'épaisseur de verre de sécurité trempé à chaud collées ensemble, même si seules les lames internes sont véritablement porteuses. Les deux lames externes servent seulement de couches de protection des lames internes contre d'éventuelles détériorations mécaniques. Pour assembler les poutres les architectes ont mis au point des nœuds d'acier qui assurent un assemblage rigides des poutres secondaires et primaires et un montage simple.

Autorisation

Il a fallu obtenir dans le cas de la verrière de Dresde des autorisations spécifiques pour tous les éléments; on a donc construit trois prototypes d'échelle grandeur nature, chacune constituée de 2 poutres longues et 3 traverses ainsi que des nœuds d'assemblage. Les échelles ont été soumises à des essais de chargement. Le programme prévoyait un chargement progressif devant atteindre une charge trois fois plus grande que celles prévues. Ensuite les trois poutres et leurs vitrages de couverture brisés par l'expérimentation ont été soumises à des essais de capacité porteuse résiduelle, et chargées pendant douze heures à trois quart de la charge. On a pu observer une flexion pouvant aller jusqu'à 2,4 cm mais la structure en verre a supporté chaque fois la contrainte.

Normalisation

Actuellement les justificatifs de la construction en verre structural sont toujours produits selon les anciens concepts de sécurité, basés sur les tensions en vigueur et sur les limites des déformations. Ces méthodes appliquées dans le dimensionnement de vitrages sécurisés se sont développées à partir de la mise en œuvre artisanale du verre dans les fenêtres. Elles ne correspondent plus au niveau de la technique des ouvrages d'ingénierie et devraient être bientôt remplacées par les règles de construction et de dimensionnement du verre dans la construction de la norme E DIN 18008. Cette

nouvelle norme devrait s'organiser selon les parties suivantes:

- notion et données générales
- vitrages posés linéairement
- vitrage ponctuellement posés
- conditions supplémentaires pour les vitrages garde-corps
- conditions supplémentaires pour les vitrages accessibles à pied
- conditions supplémentaires pour les vitrages accessibles pour le nettoyage ou la maintenance
- constructions spéciales

L'objectif de cette norme est d'atteindre dans la pratique la conception la plus simple possible des calculs structuraux et de conserver en même temps le procédé habituel de dimensionnement des épaisseurs des vitrages. Il faut s'attendre à ce que les épaisseurs nécessaires de verre thermiquement précontraint deviennent plus faibles. À partir de là il se peut aussi que des contraintes temporaires comme celles du vent ou des chocs, l'effet composite des vitrages de sécurité soit pris en compte, ce qui pourrait aussi conduire à des épaisseurs de vitrage plus faibles.

Perspective

Les nouvelles perspectives dans la construction structurelle en verre sont à chercher dans l'utilisation conséquente des vitrages et des éléments constructifs en verre pour le transfert des charges dans des structures. Les universités techniques de Hambourg et Dresde sont en train, par exemple, d'expérimenter des solutions de toiture en verre et acier, autant dans la pratique que dans la théorie. Dans ces modes de construction adaptés aux matériaux, les éléments en acier reprennent les tractions et les vitrages les compressions. Les toitures peuvent ainsi être envisagées sous forme de résilles tridimensionnelles dont les membres supérieurs sont constitués de vitrages composites refermant l'espace. La structure est constituée en plus de vitrages composites, de biellettes comprimées et de fins câbles tendus. Grâce à ce système la structure secondaire en acier est réduite au minimum et l'on peut obtenir une meilleure transparence pour des coûts réduits.

À partir de là il est possible d'envisager pour le futur, des enveloppes architecturales de transparences maximales grâce à une mise en œuvre plus complète des techniques de collage dans la construction en verre structural. Les assemblages collés qui transfèrent aussi les charges peuvent être mis en œuvre avec succès dans l'architecture de verre. Les recherches considérant le vieillissement des colles ont beau être encore en phase expérimentale on peut s'attendre pour le futur à de plus en plus de possibilités dans les structures en verre structural.