

DETAIL – Revue d'Architecture

2009 □ 1/2 · Toitures

Résumé français

Traduction:

Xavier Bélorgey, architecte

E-Mail: xbelorgey@aol.com

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

<http://www.detail.de/Archiv/De/HoleHeft/212/ErgebnisHeft>

Résumé français**Page 6****Du couvercle au paysage –
Les nouveaux toits depuis la période
moderne**

«Depuis 400 ans le toit plat est le rêve de l'architecte. Au milieu du 19^e siècle le rêve s'est accompli. Mais la plupart des architectes ne savent pas quoi faire avec le toit plat». Résigné, Adolf Loos résume en 1923 par ces quelques mots l'un des problèmes fondamentaux débattu dans les années 20 par la critique architecturale. C'est en effet l'apparition des étanchéités de toitures industrielles a ouvert des possibilités absolument neuves alors que, dès la Renaissance, des architectes comme Alberti ou Palladio devaient se contenter de suggérer des toits plats, donc librement aménagés et fonctionnels, derrière des balustrades ou des corniches. Et pourtant, c'est justement à propos de la conception des toitures qu'une querelle amère s'est développée creusant un fossé profond entre tradition et modernité et pas seulement parmi les architectes mais, plus tard, aussi au sein de la société en général. L'exemple du Weissenhof de Stuttgart exprime cela clairement.

Le Deutsche Werkbund a justement élu la métropole souabe comme site pour la réalisation d'un lotissement modèle, connue jusqu'à lors pour son école d'architecture profondément traditionaliste. En toute conséquence le débat se transforme des deux côtés en sondages d'opinions idéologiques teintés de polémiques vitriolées. Certains architectes voient dans le toit en pente l'archétype incontournable de toutes les formes d'habitation de l'homme. D'autres, en revanche, voient dans le toit plat, avant tout, la conséquence logique de l'évolution économique et technique. Ils refusent avec véhémence les toitures en pente en voyant en elles une forme de travail artisanal arriéré. L'apport de Le Corbusier au débat, dans le contexte de sa formulation des «5 points pour une nouvelle architecture» ne se réfère pas seulement aux aspects technico-constructifs mais surtout aux aspects fonction-

nels, économiques et formels. Dans les faits, il n'est pas question de maison «sans toit», bien au contraire. Aucun autre architecte ne s'est consacré avec autant de d'intensité à la conception des toits. Et c'est ainsi que le paysage de la toiture de l'Unité d'habitation est véritablement très loin de représenter un simple couvercle inutile (ill. 2).

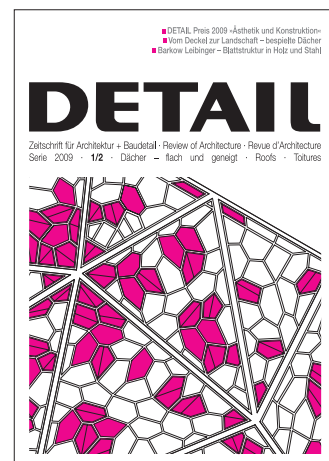
La cinquième façade

Malgré tout, des projets aussi extraordinaires que celui là, s'affirment comme un point final temporaire de l'évolution. Une des raisons premières pour cela, pourrait venir des problèmes sociaux qui accompagnent la construction d'immeubles de logements à d'aussi grandes échelles. Le problème posé par les étanchéités des toitures plates a certainement aussi joué un rôle, les aspects techniques n'étant toujours pas entièrement résolus, des problèmes de fuite sont sans cesse réapparus. Le développement des idées de Le Corbusier est donc resté sans suite pendant plusieurs années. On a retenu seulement, à la place de cela, comme seul héritage de la modernité après la guerre et la plupart du temps pour des raisons principalement économiques, les mises en forme cubiques des bâtiments. Cette attitude demeure décisive pour la construction très longtemps pendant le vingtième siècle et explique la construction d'innombrables immeubles de bureaux ou d'habitation dont les surfaces de toiture se transforment, dans le meilleur des cas, en surfaces d'exposition des résidus d'installations techniques domestiques. Les transformations les plus profondes n'apparaissent qu'avec le courant écologique qui touche aussi l'architecture. De plus en plus de toitures plantées sont réalisées dans les années 80, la plupart ne sont pas utilisables par les utilisateurs mais ont au moins le mérite de redonner à la nature l'empreinte du bâtiment sur le sol. L'un des premiers bâtiments pour lesquels les traitements de toiture se retrouvent à nouveau au centre du parti architectural est la Neue Staatsgalerie de Stuttgart, achevée en 1984 (ill. 3). James Stirling ne se contente pas d'intégrer avec évidence des rampes, des terrasses, et des cours intérieures au

dessus des salles d'exposition dans l'espace extérieur; il relie de manière encore plus étroite le musée au tissu urbain en créant un cheminement piéton ouvert au public sur les toitures. C'est la première fois que le type de bâtiment musée se voit passer de son statut inaccessible à un nouveau statut d'institution véritablement ouverte au public. Les bâtiments à 5 façades apparaissent véritablement seulement quand les possibilités formelles de traitement du couronnement –en pente ou à plat peu importe– passent en premier plan, dans les années 90. On observe cette évolution principalement aux Pays-Bas où de plus en plus d'architectes de l'ère dite «Superdutch» commencent à concevoir des ouvrages avec des méandres et des plis spatiaux. Dans le cas de la bibliothèque de Delft, conçue en 1992 par Mecanoo, les architectes ne se contentent pas de la typologie classique de bibliothèque de campus mais préfèrent réaliser une espace comme une sculpture paysagère (ill. 1). Ils conçoivent une toiture plantée, en pente, de 80 mètres de long et accessible, au-dessus des réserves, des espaces de travail et de l'administration, au milieu de laquelle est érigé un cône regroupant 4 niveaux de salles de lecture. Le mouvement de libération définitif est, quoiqu'il en soit, apporté par la tendance toujours en vigueur aujourd'hui de l'«Architecture-Wow!» dynamique. Les toits ne sont plus traités selon leur propre fonction de couronnement nécessaire d'un édifice mais comme un élément essentiel du parti d'ensemble, comme des surfaces d'enveloppe à traiter avec la même attention que les murs. Et c'est ainsi qu'aujourd'hui les surfaces de toiture ne sont plus vraiment différenciées des surfaces de mur, surtout depuis que les limites entre les deux peuvent être traitées sans rupture.

Paysage architectural

Les surfaces de toiture des sculptures architecturales tourmentées d'architectes comme Frank Gehry ou Coop Himmelb(l)au restent pour la plupart inutilisées; l'utilisateur étant cantonné au rôle d'amateur d'art-observateur passif. À l'opposé certains bâtiments, comme l'opéra d'Oslo, de Snøhetta, achevé



en 2007 sont directement « expérimentables » par les utilisateurs (ill. 4–5). Dans ce dernier cas, la jeune culture norvégienne de l'opéra n'est pas entièrement étrangère. Le premier opéra norvégien n'a été fondé qu'à la fin des années 50, à cela s'ajoute le fait que, dans la culture norvégienne, l'opéra n'est pas élitaire mais se présente comme une forme artistique proche du peuple. « Nous voulons montrer par là que l'opéra appartient à l'avenir, aux familles et aux enfants ». C'est par ces mots que l'intendant Bjørn Simensen est cité lorsque le bâtiment est présenté à la presse. C'est ce qui explique que le projet de l'architecte norvégien, lauréat du concours en 2000, se voulait à la fois « démocratique » et accessible à tous, en supprimant toutes les barrières qui pourraient rendre son accès difficile. C'est ainsi que les gens sont invités, au sens propre du terme, à monter par des rampes et des escaliers, sur le bâtiment recouvert de marbre blanc pour leur permettre un premier contact avec la salle, habillée de lambris en chêne foncé et visible de l'extérieur par la grande façade vitrée. Arrivé en haut, le flâneur jouit d'une vue admirable sur Oslo, centre ancien et quartiers neufs ainsi que sur le Fjord de mieux en mieux relié à la ville, en particulier grâce à l'avancement de son projet d'extension urbaine « Fjord-City ». C'est aussi une des raisons pour lesquelles l'imposant paysage architectural semble sortir de l'eau et se développer grâce à sa généreuse rampe jusqu'au niveau de l'entrée principale.

Paysage urbain

Dominique Perrault suit une toute autre stratégie pour l'Université de jeunes femmes de Séoul ouverte en 2008 (ill. 6–7). La plus grande partie du bâtiment neuf est enterrée pour retrouver un « équilibre spatial » entre paysage et architecture. Le geste rappelle un peu la grande bibliothèque de Paris où les visiteurs sont d'abord invités à monter sur la terrasse monumentale pour finalement apercevoir le calme du jardin en creux. Dans le cas de l'université pour femmes la plus grande du monde, comptant 22000 étudiantes, la mise en scène des différents niveaux est moins artificielle. Le bâtiment ne s'insère pas seulement dans le terrain en pente mais aussi dans un environnement paysager urbain et dans son contexte social. Perrault a remporté le concours grâce à la mise en œuvre radicale de cette symbiose ultra sensible, 7000 mètres carrés de surface utile sous forme de superstructure conventionnelle auraient tout simplement fait complètement exploser le cadre urbain. C'est ainsi que le bâtiment neuf est appréhendé de l'extérieur comme une découpe de 20 mètres de large, dans le terrain d'un parc, flanquée de façades vitrées. En plus des différents amphithéâtres, des salles de séminaire ou d'administration situés derrière les surfaces vitrées ou sous les rampes et les escaliers qui conduisent à l'intérieur du com-

plexe, on trouve différents programmes de sport ou de loisirs et même des boutiques. À cause des circulations et des montées d'escalier directement situées le long des façades vitrées et en dépit des cloisons vitrées, l'éclairage des espaces intérieurs est dépendant de l'électricité ce qui est, du point de vue énergétique, assez défavorable. D'un autre côté, le complexe ne compte que deux façades extérieures, au lieu des 5 façades habituelles ce qui permet d'abaisser de 25% les besoins en énergie par rapport à ceux d'un bâtiment comparable. En plus de l'isolation naturelle assurée par la terre, l'effet joue surtout en hiver et en été sur le réchauffement de l'air frais le long des murs et permet à lui seul de réduire nettement les besoins de climatisation ou de chauffage. Perrault indique aussi que dans le cas de l'université il est question d'« une grande opération mais pas d'un grand bâtiment ». Le projet ne limite que très peu l'évolution urbaine sur le campus.

Paysage de toiture

Le développement de la toiture d'un bâtiment existant est le point central du projet de réhabilitation de la « Casas consistoriales », l'ancien hôtel de ville de Las Palmas de Gran Canaria, achevée en juin 2008 (ill. 8–9). Il n'était pas seulement question pour les architectes locaux Magüi Gonzalez et José Antonio Sosa, de nred arquitectos, de la réhabilitation nécessaire d'un monument mais beaucoup plus de la « matérialisation d'un nouveau programme qui permette de faire revivre le passé ». Le traitement sensible du bâtiment ancien sur la Plaza de Santa Ana s'imposait en amont parce que la place, du 16^e siècle est l'une des premières de ce type hors des terres espagnoles et considérée comme le modèle de nombreuses places de l'Amérique Latine colonisée. C'est dans cet esprit que non seulement les redéfinitions, aussi retenues que volontaires, de la montée d'escalier, de la cour intérieure et des espaces intérieurs font preuve de grand respect tout comme la reconversion du toit-terrasse, généreusement traité comme un paysage en bois, véritable intervention du 21^e siècle, rappelant par ses matériaux et son écriture le pont d'un yacht de luxe. Elle est pourtant capable de disparaître suffisamment au second plan en restant presque invisible à partir de la place.

De tels exemples prouvent que des surfaces de toiture bien traitées, appartiennent depuis longtemps au répertoire quotidien des architectes. Indépendamment de leurs géométries, que cela soit sous terre ou en surface, qu'il s'agisse de bâtiments neufs ou anciens, les problèmes techniques des toits terrasse semblent résolus et leur conception libérée, depuis longtemps, de toutes contraintes idéologiques. Il est aussi clairement établi que les surfaces de toiture de bâtiments d'activité ou d'administration peuvent faire preuve d'un potentiel spatial, urbain ou écologique tout aussi important que

celui des immeubles d'habitation. Et pourtant, la plupart des toits des bâtiments neufs restent inexploités, le plus souvent pour des raisons de coût. A moins que des avantages fonctionnels et objectifs mesurables, comme dans le jardin d'enfants Fuji de Tezuka Architects de Tokyo (ill. 10–11) soient absolument évidents. Le bâtiment neuf pour 500 enfants devait remplacer un bâtiment plus ancien avec une surface utile plus réduite. Pour ne pas diminuer encore les espaces extérieurs il fut vite question d'utiliser entièrement la surface de toiture. Les architectes ont choisi la forme d'un anneau ovale pour obtenir des espaces les plus fluides possible et des séquences de pièces continues. Au moment de la conception de détail de leur parti conceptuel et formel radical, typique pour les architectes, ceux-ci se sont aperçus que trois arbres existants venaient les déranger et ont décidé de les intégrer au traitement de la toiture. Finalement, le bâtiment achevé en 2007 semble fonctionner, avec son caractère enjoué, comme un équipement de jeu surdimensionné.

Terrains de jeux

L'attique bleu-Schtroumpf de MVRDV à Rotterdam (ill. 12–14) pourrait être une interprétation « Superdutch » du toit de l'unité d'habitation de Le Corbusier. Deux volumes à toit en pente recouverts d'un enduit polyuréthane bleu sont posés sur un ancien bâtiment industriel banal en briques et constituent, avec une murette d'enceinte, quelques bacs à plantes et des bancs une espèce de paysage de toiture presque champêtre. Les maîtres d'ouvrage, un perruquier de théâtre et une scénographe travaillent dans les deux étages situés dessous, le troisième étage leur servant, ainsi qu'à leurs deux enfants, de loft d'habitation. Quand l'appartement pour les 4 membres de la famille, dont deux enfants pubertaires, est devenu trop petit, des amis architectes ont été consultés pour créer trois chambres sur le toit. Winy Maas de MVRDV voit dans ce projet quelque chose comme un nouveau « ciel bleu », au delà de l'aspect poétique, le projet, baptisé par le maître d'ouvrage, « Didden Village », un prototype de densification intra urbaine, proportionnellement assez économique, qui permet de redonner une nouvelle vie aux toits.

Par rapport au nombre de formes de toiture ou de typologies pensées et réalisées jusqu'à maintenant, ce type d'intervention décontractée ne constitue en aucun cas un point final à notre ère du « Anything goes ». Il y a seulement 10 ans il était seulement question dans des projets comme l'Osanbashi Pier à Yokohama (ill. 15–16) de l'agence londonienne Foreign Office Architects de l'utilisation de l'ordinateur pour générer des formes géométriques jusque là irréalisables. À l'avenir il devrait être beaucoup plus question de toits intelligents qui permettraient, en plus d'aménagements aussi sensoriels qu'intelligents de tirer partie,

avec un bon rendement, des ressources et des énergies. Dans ce contexte chaque surface exposée aux intempéries joue naturellement un rôle décisif.

Page 36
Café et salle d'exposition à Bragance

La fonction première du toit du pavillon d'exposition est d'abord une voie piétonne publique. La suite de rampes relie le niveau du fleuve au centre urbain historique et invite à la flânerie grâce aux différentes vues que la promenade ouvre sur les alentours. Un toit paysager, recouvert d'un revêtement antidérapant continu à grains fins, est situé presque à côté et présente des objets, des installations vidéo et des jeux numériques pour les enfants sur le thème de l'environnement et des énergies renouvelables. L'intérieur du bâtiment est défini par deux pièces principales, différentes en hauteur et par leurs dimensions ainsi que par leurs zones de services respectives. L'enveloppe transparente des espaces intérieurs leur permet de se prolonger vers l'extérieur, sur les terrasses. Des voyants lumineux LED sont intégrés aux profils de façade de 3 cm en acier, leurs couleurs et leurs rythmes sont contrôlés par ordinateur et réagissent aux données climatiques. C'est ainsi que le bâtiment devient lui-même un élément de l'exposition. Les panneaux en acier Corten, suspendus derrière le vitrage sud, absorbent les rayonnements du soleil, comme dans une façade Trombe. L'air réchauffé de l'espace intermédiaire, entre le verre et l'acier, peut, au choix et selon les besoins, être redirigé à l'aide de ventilateurs vers l'intérieur ou à l'extérieur.

Plan de situation
Échelle 1: 6000
Coupe • Vue de dessus • Plan
Échelle 1: 500

- 1 entrée
- 2 salle d'exposition
- 3 casiers
- 4 bar/caféteria
- 5 bureau
- 6 ventre de tickets
- 7 poste de travail informatique
- 8 entrée nord
- 9 café
- 10 local technique
- 11 turbines

Coupe
Échelle 1:250
Coupes de détail
Échelle 1:10

- 1 vitrage de protection solaire, flotté 6 + vide 12 + verre trempé 6 mm
- 2 panneau tôle acier inoxydable 2 mm
- 3 ouverture de ventilation motorisée
- 4 profil acier □ 140/140/7 mm
- 5 élément de fixation acier inoxydable
- 6 profil de maintien du verre acier inoxydable 2 mm
- 7 tôle absorbante acier corten 3 mm
- 8 panneau acoustique 50 mm
- 9 revêtement résine synthétique avec projection de sable 2 mm

- étanchéité plastique à double composant 3 mm
- enduit ciment armé 50 mm
- panneau mousse dure EPS 60 mm
- béton armé 250 mm
- 10 revêtement résine de synthèse avec projection de sable 2 mm
- étanchéité plastique à double composant 3 mm
- armature fibre de verre
- panneau calcium silicate collé 7 mm
- mousse dure EPS 60 mm
- béton armé 250 mm
- 11 éclairage LED
- 12 étanchéité résine synthétique 2 mm sur profil acier plat
- 13 panneau fibres de bois liées au ciment sur panneau MDF, chacun 12 mm

Page 41
Maison à Adnet

La maison s'inscrit à plat dans le paysage occupé de fermes isolées du Tennengau, au sud de Salzbourg. Le « sandwich », formé de dalles apparement massives, l'une de plancher l'autre pour le toit, enfoncé à l'un de ses angles dans le terrain et flottant de l'autre côté au-dessus du pré, constitue un espace continu générant suffisamment de place pour les fonctions domestiques réparties dans différentes boîtes en bois. Pour le maître d'ouvrage, la desserte rapide en voiture de la maison, à l'écart du village et dans un paysage désert et pittoresque, grâce à l'autoroute proche, était particulièrement importante. Cela explique l'importance de l'espace de la route et de celui du paysage pour le projet. Les architectes ont interprété le grand garage situé sous le toit et séparé de la rue par une façade vitrée comme une véritable aire de stationnement. En sortant de voiture il est possible d'apercevoir, à travers la maison, les champs, les fermes et les montagnes: l'espace d'habitation et le garage ne sont séparés que par des vitrages sans joint et toute hauteur; le sol et le plafond sont traités entièrement en asphalte ou béton armé et cadrent le panorama qui s'ouvre de tous les côtés des espaces de séjour. Tous les changements de temps ou de saison sont perceptibles, seulement adoucis par le triple vitrage, le chauffage au sol et une cheminée encastrée au sol. Le sandwich de béton, en porte à faux jusqu'aux limites d'alignement, crée une zone intermédiaire entre intérieur et extérieur qui se prolonge aux angles sous forme de patio ou de véranda. Un rideau en plastique noir peut être tiré devant les vitrages, soit pour protéger la sphère privée, soit du soleil; il permet néanmoins de conserver les vues de l'intérieur vers l'extérieur. Des rideaux clairs constituent une protection supplémentaire, contre les indiscretions, dans les chambres séparées des zones de séjour par des portes coulissantes ou sur pivot et par les cubes en bois. Certains sont éclairés par le haut et abritent les salles de bains, dressing ou autres espaces de rangement; condition pour maintenir dans la grande pièce de séjour une atmosphère minimale avec un mobilier choisi tout en la rendant fon-

tionnelle dans ses fonctions quotidiennes. Les surfaces externes des boîtes sont imprimées de motifs végétaux qui les font paraître moins massives et qui créent des éléments verticaux dans la maison dominée par l'horizontale. Les grands porte à faux, atteignant à l'angle nord-ouest 8 m définissent la structure du toit. Le béton poreux prévu initialement a été abandonné par les entreprises chargées de l'exécution pour des raisons liées à la statique c'est ainsi qu'il a été décidé de mettre en œuvre un plancher composite inversé. Un treillis constitué de profils en acier maintient par le haut, grâce à des goujons, une dalle en béton armé en compression. Le treillis lui-même est posé sur des poteaux en tubes d'acier carrés creux mis en place aux angles du noyau extérieur ainsi que le long des séquences de façade. Des croix intégrées dans les murs des noyaux assurent le contreventement horizontal. Lors du chantier, la structure en acier a été mise en place en premier, suivie de la trame des coffrages puis du coulage du couvercle en béton. Cette solution apparaît aussi comme un ensemble compact, massif puis planté, seulement interrompu par des canons de lumière orientés dans plusieurs directions. La piscine longeant le côté sud a aussi été réalisée en béton apparent avec un agrégat formant des cristaux. Cette formation cristalline est hautement résistante à la pression de l'eau et aux produits chimiques. Le processus est en plus catalytique: la formation de cristaux peut être réactivée de nombreuses années après la mise en œuvre afin de pouvoir étancher des petites fissures apparues ultérieurement dans le béton étanche. Des pompes à chaleur assurent le chauffage de la piscine et de la chape chauffante, de l'air entrant pour la ventilation de l'espace de séjour ainsi que celui de l'eau chaude.

Plan • Vue de dessus
Structure en acier • Coupes
Échelle 1:400

- 1 entrée
- 2 garage
- 3 cuisine
- 4 repas
- 5 séjour
- 6 invités
- 7 foyer
- 8 terrasse
- 9 piscine
- 10 patio
- 11 rideau
- 12 chambre
- 13 vestiaire
- 14 salle de bains
- 15 réserve
- 16 dressing
- 17 cellier
- 18 poutre acier I
- 19 contreventement en X
- 20 poteau tube acier □

Coupe
Échelle 1:20

- 1 couverture de l'attique: lé d'étanchéité plastique 2 mm
- 2 toiture plantée 100 mm (substrat 70 mm, feutre

- de protection, épaisseur drainante 25 mm, protection du grenier 5 mm),
 lé d'étanchéité plastique 2 mm,
 isolant thermique EPS en pente 20–355 mm,
 bardage pin 40 mm,
 caillibottis porteur en profils d'acier HE B 500 et IPE 500,
 entre, vide d'air fermé 195 mm/isolation thermique chips de laine de roche 300 mm
 lé de bitume simple 3 mm,
 dalle béton armé 160 mm (ancrée par des goujons en acier sur la grille en acier)
- 3 lé d'étanchéité plastique 2 mm
 isolant thermique EPS 200 mm
 panneau sapin trois plis peint en blanc (porteur)
 - 4 joint de la parois légère/plancher collaborant ou rigide (selon le comportement local de la dalle)
 - 5 capot acier de construction inoxydable 8 mm
 - 6 tringle à rideau acier inoxydable
 - 7 panneau alvéolaire, 6 cavités, polycarbonate translucide 40 mm dans structure porteuse aluminium dissociée thermiquement
 - 8 asphalte poli et pigmenté vitrifié avec une émulsion lavable 20–25 mm, chape chauffante sur film PE 70 mm, remplissage isolant compact 200 mm, dalle de sol
 béton armé 250 mm
 - 9 contreplaqué bouleau 15 mm imprimé des deux côtés, sur montants bois 120/60 mm,
 entre, isolant thermique laine de roche 120 mm
 - 10 triple vitrage isolant 40 mm, $U=0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - 11 rideau tissage PE, fixé par un lien caoutchouc coulissant
 - 12 œillets assurant la fixation variable du rideau soudé sur un plat acier inséré dans la dalle

Page 46 Agence d'architecture à Flims

La nouvelle agence de Valerio Olgiati a été inaugurée fin 2007 à Flims, environ 100 m sous la «Maison jaune» qui a fait connaître l'architecte sur la scène architecturale internationale, il y a environ 10 ans. Elle surplombe la rue principale par un saut de terrain qui forme un socle et est voisine d'une ferme transformée, dans les années 30, par le père de l'architecte, Rudolf Olgiati. La nouvelle agence remplace une étable en en reprenant les dimensions, les proportions et les matériaux pour s'insérer sans heurt dans la structure du village. Quelques accents radicaux confèrent cependant au projet son caractère résolument individuel: la toiture en bois à double versant est posée sur une dalle de béton qui abrite un parking ouvert sur la rue et sur la maison voisine. Les poteaux en retrait laissent les angles de la dalle en porte à faux. À l'arrière, le bâtiment est décollé de la pente continue du terrain par un joint marqué. C'est par ce joint que le niveau principal, un étage plus haut, est accessible, du côté nord. C'est de ce côté que sont orientées les deux pièces de l'agence aux pignons largement vitrés. Leurs deux zones centrales, ainsi qu'un étage en mezzanine, sont éclairés par deux grands lanterneaux zénithaux rectangulaires et par des perforations trapézoïdales. Un vitrage vertical, le long de l'arête de la mezzanine dissociée, du point de vue acoustique, les deux étages. Le plan presque carré constitue, par la double symétrie et le noyau de circulation central une structure de croix. Sa rigueur et son caractère centralisateur sont rompus par les

arêtes des mezzanines en diagonal dans l'espace, par la prolongation dissymétrique du noyau au niveau supérieur et par l'escalier ouvert en béton dans l'une des perforations de la dalle. Le caractère le plus étonnant reste le noir intensif des revêtements en bois en planches de sapin rabotées industriellement, posés sans joint à l'intérieur et avec des joints de 5 mm en façade. Le toit en tôle de cuivre va aussi noircir dans le futur.

Plan masse
 Échelle 1:2000
 Plans • Coupe
 Échelle 1:400

- 1 bâtiment existant
- 2 galerie
- 3 entrée niveau bureaux
- 4 entrée niveau parking

Coupe verticale
 Coupe horizontale
 Échelle 1:20

- 1 toiture à joints debouts tôle de cuivre
 lé d'étanchéité bitume, collé
 panneau résilient 3 mm
 volige pin 26 mm
 contre lattes 80/60 mm/ vide ventilé, lé de sous
 toiture sans joints
 sous toiture pin 35 mm
 chevron 100/300 mm avec isolant thermique cellulose,
 panneau OSB 18 mm
 pare vapeur, lattage 25/40 mm
 platelage sapin 26 mm, sans joint
- 2 verre trempé 10 + vide 16 + verre de sécurité
 feuilleté 20 mm dans menuiserie acier/aluminium
- 3 revêtement sapin 26 mm
 lattage 40/40 mm/vide ventilé
 papier coupe vent, panneaux de fibres de bois
 22 mm
 montant bois 80/280 mm/
 isolant thermique cellulose 280 mm
 panneau OSB 15 mm, pare vapeur,
 élément de chauffage mural 30 mm
 (jusqu'à 2,15 m)/lattage
 revêtement sapin 26 mm
- 4 plancher bois 25 mm, bandeau résilient 2 mm,
 lattage 53 mm,
 panneau OSB 22 mm, pare vapeur
 profil bois 100/140 et 100/160,
 superposition croisée/isolant thermique cellulose,
 papier de toiture
 dalle béton armé 260 mm avec
 pigments noirs
- 5 plancher bois 25 mm
 bandeau résilient acoustique 2 mm, élément de
 chauffage 30 mm, panneau OSB 22 mm
 profil bois 80/200 mm/isolation thermique du vide
 laine de roche 100 mm
 lattage 28/40 mm
 revêtement sapin 26 mm
- 6 vitrage de sécurité feuilleté de la galerie 18 mm
- 7 revêtement sapin 26 mm
 panneau OSB 15 mm, isolant thermique
 laine de roche 140 mm, panneau OSB 15 mm,
 revêtement sapin 26 mm

Coupe verticale vitrage fixe
 Coupe verticale sur la porte
 Échelle 1:20

- 1 verre trempé 10 + vide 16 + verre de sécurité
 feuilleté 20 mm dans menuiserie acier/aluminium
- 2 toiture à joints debouts tôle de cuivre
 lé d'étanchéité
 bitume collé
 panneau résilient acoustique 3 mm
 volige pin 26 mm

- contre lattage 80/60 mm/ vide ventilé,
 lé de sous toiture sans joint
 volige de sous toiture pin 35 mm
 chevron 100/300 mm/ isolant thermique cellulose,
 panneau OSB 18 mm
 pare vapeur, lattage 25/40 mm
 bardage sapin 26 mm
- 3 bardage sapin 26 mm
 lattage 40/40 mm/ vide ventilé
 papier coupe vent, panneau fibres de bois 22 mm
 montant bois 80/260 mm/isolant thermique cellulose
 260 mm
 panneau trois plis 42 mm, pare-vapeur,
 lattage 25/40 mm
 bardage sapin 26 mm
 - 4 finition de surface panneau trois plis 27 mm pris
 dans un système composite de revêtement de mur
 - 5 verre flotté 10 + vide 16 + verre flotté 10 mm
 - 6 plancher 25 mm, bandeau résilient acoustique
 2 mm, élément de chauffage 30 mm en bande de
 1,90 m de large devant les fenêtres
 panneau fibre de bois 22 mm
 panneau OSB 22 mm, pare vapeur
 profils bois 100/140 et 100/160, superposés et
 croisés, avec isolant thermique cellulose,
 papier de toiture
 dalle béton armé 260 mm avec
 pigments noirs
 - 7 plancher 25 mm
 distance de protection acoustique 2 mm, élément
 de chauffage 30 mm, panneau OSB 22 mm
 profil bois 80/200 mm/ isolant thermique du vide
 laine de roche 100 mm
 lattage 28/40 mm
 bardage sapin 26 mm
 - 8 porte d'entrée avec isolant rétractable

Page 52 Ensemble d'habitation à Copenhague

On construit depuis le début du 21^e siècle Ørestad City, entre l'Aéroport et le centre de Copenhague. C'est un nouveau quartier qui deviendra rapidement le centre de la région d'Øresund. La ligne de métro sans chauffeur est déjà en fonction. Le projet «VM Bjerget» qui constitue une troisième phase de travaux, au nord des bâtiments en V et en M, est un mélange peu conventionnel de parc et d'immeuble de logement en terrasses. Le maître d'ouvrage souhaitait un parking sur deux tiers et des logements sur un tiers de la surface du terrain. Au lieu de positionner les bâtiments les uns à côté des autres, les architectes ont préféré mélanger les deux fonctions. Le parking de 480 places occupe toute la surface du terrain et sert de socle pour les 80 logements. Les grandes terrasses s'échelonnent sur dix étages, orientées au sud en profitant des vues sur Tarnby, un village voisin. Les encorbellements et les allèges profondes protègent la sphère privée des habitants. L'apparence d'ensemble de l'immeuble en terrasses est un paysage de toitures plantées, traversé de lumière et évoluant selon les saisons. Des bacs à plantes intégrés dans les allèges en teck assurent la bonne croissance de lierre, clématite ou chèvrefeuille, l'arrosage est assuré par un réseau centralisé. Les niveaux de parking sont revêtus de tôles d'aluminium, perforées selon le motif tramé du mont Everest, elles contrastent avec les façades en bois des étages d'habitation. Les appartements sont desservis par un escalier en acier et par un

ascenseur oblique. Pendant le trajet en ascenseur on traverse les couloirs de desserte des logements, leurs vitrages colorés et l'on peut voir dessous le parking. Le paysage-jardin à l'effet de cathédrale atteint 16 mètres de haut et dénote par sa hauteur avec toutes les idées habituelles que l'on se fait d'un parking. La limite entre les espaces privés et publics est transgressée et rend possible l'idée d'une place de parking devant la maison, même aux étages les plus hauts de l'immeuble.

Plan de situation
Échelle 1:8000

Plans Coupe
Échelle 1:750

- 1 «VM Bjerget»
- 2 immeuble M
- 3 immeuble V
- 4 ligne de métro
- 5 parking
- 6 rampe
- 7 ascenseur en diagonale
- 8 logement
- 9 terrasse

Coupe en longueur sur la pente
Échelle 1:20

- 1 bardage ipé 145/22 mm
- 2 profil acier galvanisé 50/30/2 mm
- 3 profil acier galvanisé 50/30/4 mm
- 4 bac à plantes galvanisé
- 5 tôle de zinc
- 6 étanchéité
- 7 panneau contreplaqué 20 mm
- 8 profil acier galvanisé LJ 160
- 9 panneau silicate suspendu et peint
- 10 vitrage isolant, menuiserie de fenêtre: jatoba
- 11 constitution de la toiture: gazon synthétique

- couche de répartition sable 100 mm
- feutre filtrant sur drainage
- polystyrène extrudé 100 mm
- étanchéité lé de bitume double épaisseur
- isolant en pente, mousse de verre 60-100 mm
- chape bitume
- béton armé 220 mm, sous face peinte
- 12 constitution de la terrasse: plancher ipé non traité, 22 mm
- lattage 25/120 mm
- sur contre lattage, étanchéité non inflammable
- polystyrène extrudé 100 mm
- étanchéité lé de bitume double épaisseur
- mousse de verre 60-100 mm
- dalle béton armé 220 mm
- 13 constitution du sol: parquet chêne 21 mm
- lattes 25/100 mm avec chauffage intégré
- contre-lattes 45/95 mm sur montant
- laine minérale 100 mm
- pare-vapeur
- béton armé 220 mm

Coupe transversale à la pente
Échelle:1:20

- 1 bardage ipé 145/22 mm
- 2 profil acier galvanisé 50/30/2 mm
- 3 profil acier galvanisé 50/30/4 mm
- 4 gouttière galvanisée
- 5 constitution du sol
- gazon synthétique
- couche de répartition sable 100 mm
- couche de drainage
- polystyrène extrudé 100 mm
- étanchéité lé de bitume, double épaisseur
- isolant en pente mousse de verre 60-100 mm
- bitume
- béton armé 220 mm, sous face peinte
- 6 bardage ipé 22 mm 145/22 mm
- panneau de protection incendie 10 mm
- isolant thermique 200 mm
- béton armé 200 mm peint
- 7 constitution de la terrasse: plancher ipé, non traité, 22 mm
- lattes 25/120 mm sur contre-lattes
- étanchéité ininflammable
- isolant en pente mousse de verre 60-100 mm
- dalle béton armé 220 mm

- 8 profil acier galvanisé □ 30/50/4 mm tous les 900 mm
- 9 revêtement aluminium 4 mm
- 10 bac à plantes galvanisé
- 11 profil acier galvanisé □ 30/50/4 mm

Page 58
Couverture du parking à l'aéroport de Linz

Une partie du parking, d'une capacité de 1300 places, proche de l'entrée principale de l'aéroport de Linz, a été couverte d'un toit en 2008. C'est la jeune agence de Graz *form,art*, qui a conçu la structure en acier recouverte d'une membrane pouvant être rapidement et économiquement démontée puis reconstruite ailleurs, dans le cas où le parking serait agrandi. Grâce à la préfabrication, le temps de chantier pour l'ensemble du toit se réduit à seulement 4 semaines. La structure primaire est formée d'une grille en acier avec 15 modules allongés de 11 x 18 m. Ceux-ci sont montés en grande partie au sol puis érigés à la bonne hauteur à l'aide d'une grue. Chaque module est ensuite suspendu à un poteau, par le centre, à l'aide de 6 barres en traction et 6 en compression. Les membranes enroulées en cercle au dessus du point bas du poteau, avant le montage de la structure en acier, ont ensuite pu être hissées vers le haut. Après la fixation des membranes sur la structure des modules à l'aide de glissières, les entonnoirs textiles sont tendus par des tiges filetées et un anneau d'acier. La membrane choisie est en polyester enduit de PVC assurant 10% de transmission lumineuse et 7% de transmission solaire. Le parking reste ainsi lumineux

Nouveau!

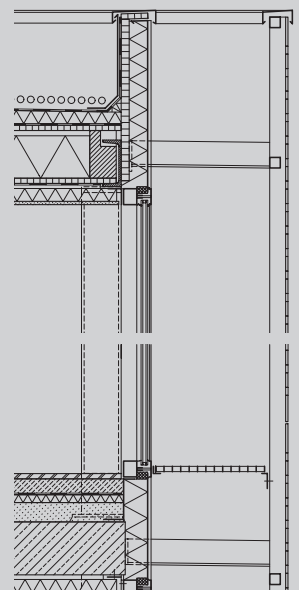
Construire des façades
THOMAS HERZOG · ROLAND KRIPPNER
WERNER LANG

«Construire des façades»
Thomas Herzog, Roland Krippner,
Werner Lang
2007, 324 pages, plus de 1000
dessins et photographies,
23x30cm, broché
ISBN: 978-2-88074-722-0

Construire des façades

Elaborer des façades constitue aujourd'hui un véritable défi pour les concepteurs. En effet, la façade doit répondre à de nombreux critères, tant fonctionnels qu'esthétiques, qui sont dictés notamment par les caractéristiques des matériaux utilisés pour sa construction. Sous la forme d'un ouvrage de référence, «Construire des façades» présente l'ensemble des principes de planification techniques indispensables à la conception et l'élaboration des façades, ainsi que les connaissances essentielles sur la nature et l'utilisation de matériaux spécifiques tels la brique, la pierre, le verre, le bois, le plastique, le béton ou le métal. Il propose en outre de nombreuses informations utiles pour l'élaboration de façades modernes en verre ou destinées au stockage de l'énergie solaire.

90,- €/130 CHF
plus emballage et
frais d'envoi



en protégeant les véhicules des surchauffes. La structure en acier est cachée par la membrane intérieure, on peut cependant la deviner par les ombres qu'elle dessine sur la membrane. Pendant la nuit la construction se transforme en sculpture lumineuse: chaque poteau est illuminé par un projecteur encastré dans le sol, la lumière est répartie harmonieusement dans l'espace, sa continuité étant renforcée par le cintrage de la voûte en membrane.

Plan de situation
Échelle 1:5000

Plan • Coupes
Échelle 1:500

- 1 poutre de rive
- 2 poutre courante
- 3 suspente
- 4 poteau
- 5 membrane tendue en forme d'entonnoir

Coupe
Échelle 1:20

- 1 poutre de rive profil acier soudé/galvanisé 300/15 mm + 260/8 mm + 600/15 mm
- 2 lame acier 25 mm
- 3 tirant acier Ø 36 mm, galvanisé
- 4 pince d'assemblage soudée 2 x plat acier 15 mm, galvanisé
- 5 platine tôle acier Ø 460/6 mm
- 6 poteau tube acier Ø 406/10 mm galvanisé
- 7 barre comprimée tube acier Ø 219/6 mm
- 8 barre comprimée tube acier Ø 168/6 mm
- 9 lame acier 25 mm
- 10 poutre profil acier HEA 300
- 11 profil-rail aluminium
couche séparatrice caoutchouc naturel vis M12
- 12 membrane tissage polyester recouvert de PVC, sur une face PVDF (protection contre les salissures)
- 13 profil pince en 8 parties
plat acier 200/60/5 mm,
- 14 anneau tendeur profil acier soudé et cintré en anneau
- 15 tige filetée M 16
- 16 console acier soudé
- 17 protection de l'entrée tôle acier 5 mm recouverte d'un film de protection blanc
- 18 bandes chauffantes
- 19 étanchéité résine liquide sur béton en pente
- 20 tube d'évacuation des eaux DN 150
- 21 platine de tête soudées sur les poteaux acier Ø 650/40 mm
tôle de fourrure pour ajustage en hauteur
platine d'ancrage acier Ø 650/30 mm avec 8 tiges filetées M30
platine soudée, pièce acier Ø 700/30 mm
platine de fondation béton armé
- 22 projecteur de sol 150 W

Page 62 Centre municipal à Corpataux- Magnedens

Deux villages du canton de Fribourg ont été réunis et nécessitent un nouveau centre. L'idée d'«ancrage» est à l'origine du projet. Le nouveau bâtiment ne doit pas être un corps étranger dans le tissu existant mais plutôt perpétuer, par sa forme et sa matérialité, la tradition du lieu. Les architectes ont orienté la nouvelle

construction comme les autres bâtiments publics (église, école, auberge, etc.), son pignon est perpendiculaire à la rue principale; ils ont aussi prévu, devant l'entrée, un espace libre planté d'un arbre central. C'est ainsi qu'est formée une place de village, comme il n'en existait pas avant. Le toit en pente avec la cheminée reprend l'ancienne écriture architecturale des fermes de la région de Fribourg en abandonnant cependant les débords de toit. Une peau externe en tuff recouvre l'ensemble du bâtiment et souligne son caractère carré. Les façades sont constituées de trois couches de pierre de différentes hauteurs et se prolongent dans les dalles inclinées posées en écaille du toit. Ce dernier sera petit à petit recouvert de mousse et obtiendra une patine naturelle. Le tuff est une pierre grossière qui empêche les remontées d'humidité, le matériau de construction idéal utilisé depuis toujours dans la région pour les soubassements et les socles. Les pierres étaient autrefois extraites d'une carrière proche et, malgré toutes les démarches engagées par les architectes pour faire revivre la carrière, ce sont des pierres originaires d'Italie qui ont dû être mise en œuvre.

La salle, avec son plafond symétrique, s'inscrit dans le volume externe asymétrique. Une fenêtre qui peut être entièrement ouverte se trouve derrière la scène et permet de créer une scène pour le public réunie à l'extérieur l'été. Des salles de réunion, secrétariat et le foyer avec sa banque d'accueil sont regroupés sur le côté de la salle, la banque d'accueil, entre l'entrée et la salle, est desservie des deux côtés. Les différentes pièces sont traitées, par leurs couleurs et leurs atmosphères, de manière totalement différentes: des murs de béton et de plâtre cartonnés peints en blanc, des lambris de bois clair et du terrazzo avec des inserts blancs dans le foyer et les secteurs administratifs; des habillages sombres en lamelles de bois et un parquet de chêne dans la salle. Les projets d'éclairage sont aussi radicalement distincts. L'entrée est éclairée par de grands luminaires cylindriques, des tubes au néon insérés entre les lamelles de bois éclairent la salle. Le bunker, obligatoire en Suisse se trouve au sous-sol, à côté des installations techniques. En «temps de paix» différentes associations ou groupes divers peuvent utiliser l'espace.

Plan de situation
Échelle 1:5000

Coupes • Plan
Échelle 1:400

- 1 réunion
- 2 secrétariat
- 3 foyer
- 4 comptoir
- 5 coulisses
- 6 scène
- 7 salle

Coupe
Échelle 1:20

- 1 dalles de tuff sans joint collées, ancrées par l'arrière 60 mm mur béton armé 250 mm isolation thermique polystyrène extrudé 160 mm, étanchéité
- 2 module de revêtement suspendu: lamelles chêne 50 mm, panneau bois dérivé MDF teinté noir 13 mm montant bois 70 mm, entre, lattes 50/50 mm
- 3 vitrage isolant collé verre trempé 8 mm + vide 18 mm + verre de sécurité feuilleté 6 mm dans menuiserie aluminium/bois
- 4 parquet chêne, huilé 15 mm panneau aggloméré 22 mm résilient 5 mm chape sèche 50 mm couche séparatrice dalle béton armé 400 mm
- 5 cadre béton préfabriqué 80 mm fixation sur 6 par rail Halfen
- 6 profil acier L 250/250/8 mm
- 7 clapet de ventilation, vitrage isolant de sécurité feuilleté recouvert d'un film noir
- 8 panne faîtière profil acier HEA 1000 mm
- 9 dalle tuff 50 mm bac acier 60 mm isolant thermique polystyrène extrudé 160 mm, étanchéité dalle composite béton armé 100 mm sur bac acier 51 mm profil acier IPE 300
- 10 terrazzo 15 mm, chape chauffante 85 mm, couche séparatrice isolant thermique 40 mm

Page 67 Centre de visiteurs de l'abbaye d'Anglesey

On peut admirer, sur 49 hectares, à Anglesey, près de Cambridge, toutes les expressions de l'art du paysage anglais. Le site a connu une histoire mouvementée: fondé en 1236 comme abbaye augustinienne, l'ensemble a été acquis par un propriétaire privé au moment de la sécularisation pour repasser, au 19^e siècle, aux mains de l'église. Un homme d'affaires achète les terres en 1926, restaure les bâtiments du Moyen-Âge et aménage les jardins selon des modèles historiques. L'ensemble est, depuis 1966, sous la protection du National Trust, une organisation chargée de protéger et conserver l'héritage culturel britannique. Ouvert au public, le complexe connaît une croissance continue du nombre de ses visiteurs. L'infrastructure nécessaire adaptée et agrandie sans arrêt au cours des années avait véritablement besoin d'une nouvelle organisation. Après une analyse détaillée de l'état des lieux, un nouveau centre de visiteurs a été construit et remplit sur 1120 m² toutes les conditions fonctionnelles nécessaires en assurant, par son implantation, un écran protecteur pour le parc. Pour insérer les volumes bâtis le plus discrètement possible dans le paysage les architectes les ont dissociés visuellement. Une allée bordée d'arbres conduit au hall d'entrée vitré et à toiture plate, encadré de deux et trois pignons en bois de chaque côté. Les 5 toits en pente recouvrent le plan dans le sens de la longueur et varient seulement en longueur pour former aussi bien vers l'est que vers l'ouest des retraits. Les cadres d'acier avec leurs remplissages de bois for-

ment la structure qui suit une logique modulaire, réminiscence du formalisme des jardins d'Anglesey. Pour rendre aussi la trame lisible en façade, un bardage vertical interrompt au droit des poteaux d'acier le revêtement de façade normalement horizontal et continu. La tôle ondulée en aluminium des toits et les rives de toiture filigrane en débord contribuent, tout comme le revêtement de bois dont les joints s'élargissent en partie haute des pignons, à amoindrir la massivité des volumes, en leur conférant plus de légèreté et de clarté. Le revêtement assure, en plus, une protection contre les rayonnements directs supplémentaires pour le vitrage situé derrière et laisse entrer dans l'espace intérieur une lumière adoucie.

Coupe • Plan
Échelle 1:400

- 1 entrée
- 2 billetterie
- 3 restaurant
- 4 service
- 5 office
- 6 cuisine
- 7 chambre froide
- 8 bureau
- 9 réserves
- 10 salle de repos
- 11 boutique
- 12 salle de conférence

Coupe horizontale façade ouest
Coupe horizontale façade est
Coupe verticale sur la rive du toit
Échelle 1:20

- 1 tôle ondulée aluminium 0,9 mm
écarteur profil aluminium
membrane, ouverte à la diffusion,
bardage contreplaqué étanche 19 mm
profil acier Z 202 mm, entre
isolant thermique laine minérale 2x 100 mm
pare-vapeur
lattes 72/47 mm, isolant acoustique 25 mm
panneau acoustique plâtre cartonné 12,5 mm
- 2 profil acier I 203/203/71 mm
- 3 lattes cèdre rouge non traité dans
cadre en acier L 50/75 mm
- 4 vitrage isolant dans menuiserie aluminium
- 5 poteau acier isolé I 153/153/37 mm
- 6 profil acier L 125/65/7 mm
- 7 bardage horizontal cèdre rouge non traité 19 mm
latte en bois 44/75 mm
bardage panneau de fibres tendre bitumineux
22 mm
montant en bois 122/47 mm entre isolant thermique
laine minérale double épaisseur 120 mm
pare vapeur
montant en bois 110/47 mm
panneau plâtre cartonné 12,5 mm
- 8 profil creux acier □ 150/100/5 mm
- 9 bardage vertical cèdre rouge non traité 32 mm
- 10 poteau acier Ø 139/10 mm
- 11 moustiquaire
- 12 élément de ventilation:
panneau MDF 12 mm, isolant 25 mm
profil bois massif 44 mm
dans menuiserie de profils MDF 38 mm

Coupe verticale sur une fenêtre de toiture
Coupe verticale sur le restaurant
Échelle 1:20

- 1 constitution de la toiture:
tôle ondulée aluminium 0,9 mm
lattes profil aluminium
membrane ouverte à la diffusion

- bardage contreplaqué étanche 19 mm
profil acier Z 202 mm, entre
isolant thermique laine minérale 2x 100 mm
pare-vapeur
lattes 72/47 mm entre
isolant acoustique 25 mm
panneau acoustique plâtre cartonné 12,5 mm
- 2 fenêtre du toit: vitrage isolant
dans menuiserie aluminium
- 3 lattes profilés bois peint en blanc,
encadrées 44/19 mm sur châssis
profilés bois peint en blanc 22/32 mm
- 4 profil acier I 203/203/71 mm
- 5 plâtre cartonné 12,5 mm
panneau contreplaqué 12 mm
- 6 plâtre cartonné ceintré, renforcé de fibre de verre
2x 6 mm
- 7 chéneau aluminium 3 mm
- 8 panneau contreplaqué plaqué bouleau, pigmentation
blanche 12 mm
- 9 tube d'éclairage
- 10 élément coulissant en lamelles de bois cèdre rouge
non traité
- 11 porte coulissante aluminium avec vitrage isolant
- 12 carrelage céramique 300/600/9 mm
enduit 95 mm, film séparateur
isolant thermique 50 mm
lé d'étanchéité
maçonnerie de parpaings en béton double épaisseur
100 mm sur pièce béton préfabriquée
225 mm
- 13 panne faitière profil acier I 152/89/16 mm

Page 72 Restaurant d'entreprise à Ditzingen

Le site de l'entreprise Trumpf s'est constamment agrandi et transformé au cours des dernières années. Après de nombreux bâtiments de production et d'administration c'est désormais le restaurant d'entreprise, pour les 2000 employés, qui vient d'être construit au centre du site. Bâtiment plat au plan pentagonal, il dénote par rapport aux autres bâtiments du site et donne des indices sur la particularité de sa fonction en tant qu'espace communautaire et lieu de rencontre. 700 personnes peuvent prendre en même temps leur repas, la pièce peut aussi accueillir différentes manifestations. Le grand volume nécessaire s'intègre sans heurt dans le site: les espaces secondaires sont enterrés, le niveau principal du restaurant est en décaissé de 4 mètres par rapport au niveau naturel du terrain. Cela permet un accès direct à partir du tunnel piéton souterrain qui relie entre eux les différents bâtiments de l'entreprise. Des terrasses et des jardins en creux assurent la liaison avec le niveau de la rue, comme la galerie située au-dessus des espaces secondaires et accessible par des escaliers extérieurs généreux. Le toit est sans doute l'élément le plus marquant du projet, la haute salle, entièrement vitrée semble être couverte avec une grande légèreté. La présence de la structure alvéolaire en bois confère à l'espace intérieur une profondeur et une échelle humaine confortable. De plus, le parti d'éclairage entièrement intégré crée des jeux de variations entre les surfaces claires et foncées: parfois les alvéoles traversent la surface du toit comme des lanterneaux, d'autres fois elles servent qu'à intégrer l'éclairage artificiel.

Certaines alvéoles sont contreventées avec des éléments en bois perforés qui améliorent en même temps l'acoustique. La structure en bois est portée par des profils creux en acier qui reposent sur neufs groupes de poteaux. Par sa définition, à chaque fois en trois poteaux minces, parfois inclinés, la structure paraît légère et enjouée et la pièce semble presque libre de tout point porteur.

Plan de situation
Échelle 1:6000
Coupe • Plans
Échelle 1:1000

- 1 production/conception
- 2 entrée principale du site de l'entreprise
- 3 centre de services
- 4 restaurant d'entreprise
- 5 centre administratif et de service
- 6 liaison par tunnel
- 7 entrée
- 8 restaurant/auditorium
- 9 distribution des repas
- 10 cuisine
- 11 réserves
- 12 livraisons
- 13 cafétéria/galerie
- 14 terrasse
- 15 technique
- 16 chaufferie centrale

Coupe
Échelle 1:20

- 1 ballast, basalte concassé
panneau drainant 10 mm
étanchéité de toiture Polyolefin
isolant thermique laine minérale 160 mm
lé de bitume soudé double épaisseur
panneau OSB 25 mm
vide technique 80 mm
panneau OSB 15 mm
bois de structure massif 80/93 mm
panneau trois plis 27 mm
- 2 poutre caisson acier 300/800-1500 mm
- 3 réflecteur aluminium poli
- 4 boîtier d'éclairage amovible
- 5 tôle alvéolée aluminium 50 mm
- 6 profil aluminium L 80/30/3 mm
- 7 poutre lamellé-collé pin lasuré 100 mm
- 8 panneau trois plis perforé 27mm
feutre acoustique
laine minérale 50 mm
- 9 soufflet
- 10 vitrage isolant : verre trempé 12 mm + vide
20 mm + verre trempé 12 mm
- 11 montant de façade, profil acier
T 80/250-350 mm
- 12 traitement de surface polyuréthane 3 mm
chape calcium sulfate 110 mm
isolant mousse dure PS 40 mm
dalle de béton étanche 260 mm

Coupes
Échelle 1:20

- 1 vitrage isolant verre trempé 10 mm, vide 16 mm+
verre de sécurité feuilleté 16 mm,
coefficient $U_g = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$, pente 8,3%
- 2 profil acier périphérique □ 60/60 mm
- 3 couverture tôle aluminium 3 mm
- 4 2x poutre lamellé-collé pin lasuré 100 mm, assemblée par un nœud de tôle et des goujons,
joint 30 mm
- 5 constitution du toit voir p. 74
- 6 goujons soudés sur la poutre en acier
- 7 poutre fendue lamellé-collé sapin 100 mm
- 8 nœud de tôle soudé sur la poutre en acier
- 9 poutre caisson laquée blanche
300/800-1500 mm
- 10 baguette sapin 30 mm, fixée sur la poutre lamellé-collé par une cornière

Page 78 Restaurant d'entreprise à Ditzingen – La construction du toit

Dès les premières études pour le nouveau restaurant d'entreprise le thème le plus important était celui de la toiture à grande portée, caractéristique de l'espace communautaire. La forme de base polygonale a nécessité la recherche de différentes structures et méthodes de construction inspirées par la nature: la constitution des feuilles a été analysée, les éponges, différents systèmes cellulaires ou alvéolaires (ill. 1, 2). Les éponges ont retenu en premier l'intérêt, pour leur profondeur spatiale associée à la transparence qui leur permet de fonctionner comme des filtres. Les recherches constructives qui ont suivi –à partir de là en étroite collaboration avec Werner Sobek– se sont rapprochées de plus en plus de systèmes inspirés par la structure des feuilles. Le résultat des analyses est finalement une structure en acier et en bois qui permet de combiner les avantages des deux types de référence: à l'horizontal la structure est inspirée d'une feuille avec ses veines primaires et ses petits vaisseaux secondaires; à la verticale le principe s'inspire de la profondeur spatiale des éponges et s'exprime par les différentes hauteurs des alvéoles en bois.

Pendant le développement de la phase de conception il est devenu évident que le grand volume devait être traité en décaissé dans le terrain et que la salle principale du restaurant serait au même niveau que celui du système de tunnel utilisé comme réseau de distribution principal de tout le site. C'était la seule solution pour dissimuler de manière élégante tous les espaces fonctionnels et techniques, représentant une surface importante, nécessaires à une cuisine de cette importance. Les deux inspirations du projet ont donc fini par former une image concrète: la toiture spatiale –autant que possible libre de points porteurs intermédiaires– flottant au dessus d'un amphithéâtre modelé dans le relief du terrain.

Structure en acier

La charpente a été réalisée comme une structure composite en acier et bois autorisant, comparée à une structure entièrement en bois, des portées beaucoup plus importantes. La structure primaire, constituée de poutres en acier repose sur neufs formations de poteaux et recoupe la surface de toiture pentagonale en neuf triangles (ill. 3); ceux-ci sont à leur tour remplis par une structure secondaire alvéolaire formée de poutres en lamellé-collé.

Les poutres d'acier sont transportées individuellement sur le chantier sous forme de poutres-caissons creuses puis posées sur des échafaudages en forme de tour (ill. 11a). Elles sont mise en place définitivement avec une charge de 140 tonnes. Cela permet de

réduire massivement les déformations verticales, sous la charge totale, estimée par le calcul. Les épaisseurs de tôle des poutres caissons sont différentes en fonction des différentes contraintes statiques, elles peuvent atteindre, à cause des grandes portées, jusqu'à 6 cm dans les parties en traction des poutres. La multiplication des découpes géométriques des poutres a représenté une complication particulière pour l'entreprise de construction en acier. La complexité géométrique des nœuds est due à celle de l'assemblage, devant prendre en compte parfois six poutres et étant fortement sollicité par la statique. Les nœuds sont aussi préfabriqués en atelier et assemblés aux poutres sur le chantier. Dans une dernière phase d'assemblage, après le soudage des poutres individuelles pouvant atteindre 40 mètres de long, ce sont les neuf formations de poteaux en biais qui sont positionnées et définitivement réglées. Toutes les parties en acier sont traitées en surface selon un processus «airless» qui permet de respecter la classe F30 de résistance au feu. 250 tonnes d'acier ont été nécessaires à la réalisation de la structure.

Structure en bois

Du point de vue statique, la structure en bois est une surface porteuse constituée de barres individuelles assemblées de manière rigide aux poutres d'acier. Les alvéoles sont constituées de profils doubles en lamellé-collé de 10 cm de large et forment des caissons de trois hauteurs différentes (90, 120 et 150 cm) assemblés à mi-section au droit des nœuds. Le transfert des charges s'effectue dans les nœuds par deux pièces en acier en forme d'étoile (ill. 10) dont les branches sont assemblées à l'aide de connecteurs et de tôles perforées à l'intérieur de la pièce en bois (ill. 5, 7 et 8). La fixation de l'alvéole en bois sur la poutre en acier suit le même principe avec la différence que, dans ce cas, l'assemblage est en encastrement rigide. Cela permet de définir les hauteurs des alvéoles indépendamment de leurs moments statiques et donc seulement du point de vue formel pour permettre un traitement flexible de la sous face du toit.

L'exécution des nœuds a été techniquement complexe du fait de l'importance des contraintes statiques et du peu de tolérance au montage. Au début, le nombre des nœuds était excessivement élevé ce qui s'est fortement fait ressentir sur le coût. C'est pour cette raison que la taille des alvéoles a été augmentée, pour permettre de diminuer le nombre des nœuds; en fin de compte la taille des alvéoles dépend de la plus grande dimension possible pour la production de lanternaux polygonaux. L'évolution du projet a aussi permis de limiter la quantité d'acier nécessaire dans les nœuds pour réduire les coûts et le poids. Finalement, 295 nœuds avec deux ou quatre attaches sont nécessaires. Comme tous les joints sont ap-

parents dans l'ouvrage achevé l'exécution a nécessité un haut niveau de tolérance à l'exécution et une excellente maîtrise au montage. Pour obtenir une trame irrégulière, analogue à une formation naturelle, différents bois de dimensions diverses ont été nécessaires et découpés à l'aide de scies ou de fraiseuses numériques. Les résilles en bois sont contreventées en surface par des éléments caissons porteurs en bois. Ceux-ci sont partiellement conçus comme des poutres pour plusieurs travées même si l'objectif était de dissimuler le raccord en longueur. Comme cela n'était possible que sur une seule alvéole tous les éléments sont adaptés en conséquence

Conception et réalisation

Un prototype de trois alvéoles (ill. 6) a été réalisé en atelier pour optimiser le processus de fabrication et de montage des alvéoles et de leurs nœuds d'assemblage; il a apporté des informations importantes tout au long de la phase de projet pour parfaire l'optimisation de la structure. Il a été possible, entre autres, d'éviter les déformations dues à des inexactitudes dans le déroulement de la production observées sur la poutre en lamellé collé. D'un autre côté, on a réduit nettement les joints de travail nécessaires en faisant glisser le connecteur de la partie supérieure du nœud vers sa partie inférieure. Cela permet en plus de retirer à temps, avant le montage, des restes de soudure sur les nœuds d'assemblage qui pourraient être gênants dans les traitements des joints. Au regard de la forme polygonale, de la diversité des alvéoles et des inclinaisons des surfaces de toit les unes par rapport aux autres, la conception assistée par ordinateur de la charpente n'a été possible qu'à l'aide d'un logiciel en 3 D qui a permis aussi de gérer plus simplement les masses d'acier et de bois dans les appels d'offre. L'entreprise chargée de l'exécution s'est aussi servie des données 3 D, tout en construisant son propre prototype, afin de maîtriser toutes les données nécessaires pour le contrôle de ses propres machines CNC et pour éviter toute erreur géométrique. L'entreprise a fourni, à partir des données 3 D, des plans pour les machines en 2 D, des plans de recollement et les listes de plans, au fur et à mesure de l'exécution, utiles pour la logistique in-situ du chantier. L'exécution CNC ouvre au concepteur un accès direct à l'exécution mécanisée et à la logistique de mise en œuvre. La conception papier est remplacée de plus en plus par la conception par modélisation en 3 D et permet aux intervenants de suivre le processus de conception en volumétrie grâce au logiciel.

Acoustique

Le maître d'ouvrage a souhaité que l'acoustique des sous-faces de la charpente soit particulièrement bien traitée. Dans l'ancien-

ne cantine, devenue trop petite, le fond sonore typique pour ce type de programme (différentes conversations toutes en même temps, plateaux et vaisselle entrechoqués) était perçu comme défavorable. Le bâtiment neuf devait proposer une atmosphère plus confortable pour permettre aux employés de se détendre des nuisances extérieures pendant leur pause. Étant donné la dureté acoustique des sols et des façades, un taux d'absorption acoustique (s) de 0,75 ne devait pas être atteint. Cela a été obtenu par la perforation des éléments en bois, permettant d'intégrer un absorbeur acoustique. Un coefficient $s = 0,8$ a été établi et approuvé par l'Institut Fraunhofer.

Éclairage

Le concept d'éclairage prévoit l'utilisation la plus importante possible de la lumière naturelle en évitant les effets d'éblouissement grâce à la mise en œuvre de vitrage de protection solaire. La transition dans les alvéoles entre la lumière naturelle la lumière artificielle permet d'obtenir un passage sans heurt entre le jour et la nuit. L'éclairage artificiel a été mis au point avec l'agence d'éclairagistes Bartenbach et est constitué d'éclairages indirects tamisés par une résille à modules hexagonaux, côté pièce. Ce type de résille a été mis au point dans l'industrie aéronautique et est utilisé pour des structures planes légères. En cas d'utilisation de la salle pour des spectacles, il est aussi possible d'utiliser des spots supplémentaires, pour réaliser des éclairages scéniques. En fonction des heures et des atmosphères lumineuses, un jeu de formes lumineuses polygonales analogue à celui du plafond est produit sur le sol.

Installations

Une zone d'installation technique est installée au dessus des alvéoles montées, elle regroupe les installations électroniques, le système de désenfumage etc. Comme le toit du restaurant d'entreprise est dans le champs de vision de nombreux immeubles de bureaux voisins, plus hauts, on a veillé tout particulièrement à le concevoir comme une cinquième façade, libérée autant que possible de toutes verrues techniques. On ne discerne dans la structure en forme de feuille que quelques clapets de désenfumage, d'extraction de chaleur et une trappe d'accès au toit. Pour atteindre cet objectif il a fallu construire séparément, à côté du bâtiment, une tour d'aspiration et une tour de réfrigération pour répondre aux besoins de la ventilation.

Page 84 Verrière de la «Kogod Courtyard» de la Smithsonian Institution à Washington DC

L'ancien office des brevets de Washington

DC, aujourd'hui classé monument historique, accueille désormais l'American Art Museum et la National Portrait Gallery de la Smithsonian Institution. Autrefois, la cour intérieure du bâtiment néo-classique ne pouvait être utilisée, pour des raisons climatiques, qu'au printemps et en automne. Désormais, la résille du nouveau toit conçu par Foster and partners vient recouvrir la cour Kogod devant le bâtiment. La surface continue du toit, formée de trois voûtes plates, reflète la composition tripartite traditionnelle du bâtiment existant avec son portique central en façade. Quand il y a du soleil, la structure du toit projette un motif d'ombres sur les murs et les sols et se reflète dans les bassins. Le traitement paysager de la cour, conçu par Kathryn Gustafson, a très rapidement fait de la cour un lieu de rencontre très prisé et pas seulement par les visiteurs du musée. Depuis la réouverture du musée, à l'automne 2007, la cour désormais couverte du musée peut être utilisée toute l'année pour des manifestations et des concerts. Cela impose beaucoup de contraintes pour l'acoustique et la climatisation. Comme les autres surfaces d'enveloppe sont en pierre et n'absorbent pas le bruit, la construction de la toiture devait assurer l'absorption du son, c'est pour cela que les profils en acier sont isolés acoustiquement. Les vitrages de protection solaire et un joint périphérique continu le long de la rive de toiture, assurant la ventilation, évitent les surchauffes estivales. La structure du toit, d'une surface de 39 par 84 mètres, repose sur huit poteaux d'acier disposés en bordure de la cour intérieure et permettent de ne pas toucher le bâtiment existant. À l'extérieur, le nouveau toit se prolonge au dessus de l'existant, sa rive n'est pas visible de la cour. La géométrie complexe et les faibles tolérances admises pour la structure d'environ 800 tonnes, conçue et réalisée par Josef Gartner GmbH à Gundelfingen en Bavière, ont signifié un véritable défi pour la conception.

Construction de la résille

La surface du toit est formée par une résille de poutres en acier soudées, de 555 mm de haut au centre du toit, et atteignant jusqu'à 1 mètre au droit des têtes de poteaux. Un système spécial d'éléments de verre, dans une menuiserie en aluminium fabriquée sur mesure, permet de réaliser la structure cintrée dans deux directions avec des vitrages plans et carrés qui offrent, vus d'en bas, davantage de transparence que des vitrages triangulaires. Vu de dessus, le toit semble formé d'écaillés, du sol rien n'est visible (ill. 3). Environ 120 cadres d'acier, réalisés individuellement, constituent les modules de base de la résille et sa construction primaire. Ces éléments modulaires (ill. 9, 11, 12) ont été préfabriqués à Gundelfingen et numérotés pour déterminer de façon définitive leur position dans la trame du toit. Les possibilités de transport ont aussi déterminé

de façon décisive la taille et le poids des éléments de 8 tonnes et environ $4,5 \times 12$ mètres. Une poutre caisson, invisible de la cour et positionnée au dessus du toit du bâtiment existant, constitue le traitement de rive de la résille. Le joint périphérique d'extraction d'air continu permet quelques déformations liées aux changements de température (jusqu'à 320 mm intérieur/extérieur, 155 en bas, 50 en haut)

Poutrelles composites avec une face inférieure fine

L'ensemble de la résille est constitué de 1700 poutrelles d'acier conçues individuellement selon leur position spécifique. Le profil de base d'une poutrelle est constitué d'un plat acier qui forme le membre supérieur, de deux plats en acier formant l'âme et d'un tube rond comme membre inférieur (ill. 8). Au droit des poteaux, où les poutrelles sont le plus sollicitées, la hauteur de la poutre est déterminée en fonction du moment. La hauteur d'une poutrelle atteint 1 m et le tube rond du membre inférieur s'élargit (ill. 4, 7). Les panneaux isolants acoustiques mentionnés en introduction sont organisés latéralement le long de l'âme de la poutrelle et maintenus par les tubes aluminium continus horizontaux. Le matériau isolant est un textile gris confectionné à partir de jeans recyclés.

Couverture avec des éléments de verre plans

Des rails en aluminium sont fixés sur les membres supérieurs de la construction primaire, ils sont fixés sur des écarteurs déjà mis en place en atelier. Ces profils L servent de support pour les châssis en aluminium des 860 panneaux de verre plan, légèrement différents et carrés. Les modules châssis/vitrage d'environ 2×2 m et 200 kg sont préfabriqués individuellement chacun pour une position précise (ill. 10). L'augmentation de la hauteur du châssis peut compenser les variations géométriques entre le vitrage plan et le support cintré. Les âmes en aluminium qui dépassent de la sous face du châssis dans le rail permettent une certaine tolérance dans ce secteur invisible de la cour.

Les rails en aluminium rassemblent aussi l'eau produite par condensation qui peut se former en sous face des éléments de verre. Ils servent aussi de second plan d'évacuation de l'eau au cas où l'étanchéité primaire en silicone défaille entre les éléments de verre, les rails reprennent l'eau infiltrée et la conduisent vers les tuyaux de drainage intégrés aux poteaux en acier. Tous les panneaux vitrés de la verrière isolante sont en verre blanc pauvre en oxyde de fer et minimisent ainsi les déformations colorées de la lumière naturelle. Les vitrages extérieurs sont imprimés d'une trame de points blancs qui assure une lumière douce en réduisant les apports des chaleur. Des écarteurs en

acier inoxydable permettent de dissocier le vitrage extérieur en verre trempé du vitrage intérieur feuilleté de sécurité.

Structure porteuse constituée de huit poteaux fins

Le toit devait porter librement et être, statiquement, complètement indépendant de l'existant. Huit poteaux d'acier aux points bas de la résille reprennent la charge complète du toit et la transfèrent vers une structure de pieux souterraine. L'organisation diagonale de la résille à double inclinaisons aide aussi à rediriger les charges directement sur les têtes de poteaux. Des barres rondes relient, le long des point bas, les trois «coupes» aux poteaux pour minimiser les forces horizontales sur ceux-ci. Un contreventement supplémentaire des poteaux profondément ancrés n'est pas nécessaire. Les poteaux habillés d'aluminium sont réalisés de tubes en acier de 850 mm de diamètre et de 50 mm d'épaisseur. Chaque tube fait 20 m de long. La structure du toit est fixée aux têtes de poteaux par des chapiteaux spéciaux en fonte pesant chacun 4,5 tonnes (ill. 5, 6). L'évacuation des eaux pluviales de la verrière est assurée par des gouttières intégrées aux poteaux.

Du projet en 3 D à l'exécution

Les architectes de Foster and partners ont mis au point la géométrie du toit à l'aide de logiciels paramétriques 3 D, directement sur l'ordinateur, et se sont assurés de son bon comportement statique avec le bureau Hapold. C'est Gartner qui a conçu la verrière et défini au millimètre près les détails de construction à partir de la modélisation 3 D pour mettre au point la production des éléments individuels exécutés avec la plus grande précision à Gundelfingen.

Conditions spéciales pour la fabrication, la logistique et le montage

Les axes des poutres sont en tout point à la verticale par rapport à la surface de la toiture. C'est ainsi que la résille porteuse suit la formation libre de la surface, chaque poutre tourne ainsi sur son axe jusqu'à 8°. La rotation des poutres a été effectuée selon un déroulement spécial: les différents éléments des poutrelles sont d'abord maintenus entre eux par des points de soudure, les poutrelles sont ensuite inclinées, selon le degré souhaité, puis soudées définitivement, une fois inclinées. Les profils creux rigides en torsion conservent ainsi leur forme et peuvent être travaillés dans leur fonction de châssis. Pour obtenir la géométrie souhaitée pour les châssis, chaque poutrelle individuelle est assemblée sur un gabarit. La position de chaque poutrelle est définie par sa position par rapport à deux gabarits de tôle. Après la pose des poutrelles individuelles d'un châssis sur les gabarits correspon-

dants (ill. 11) les joints entre poutrelles sont soudés. Comme les pièces d'acier se déforment à la chaleur de la soudure, ce travail nécessite une grande maîtrise artisanale et beaucoup d'expérience. Des apports de chaleur les plus réguliers possibles de tous les côtés et un réglage définitif assurent l'exactitude géométrique de chaque châssis.

Les fils de soudure sont éventuellement abrasés quand il le faut après chaque soudure. Ensuite, les châssis sont sablés et reçoivent une finition de surface.

À cause des limites dimensionnelles imposées par le transport il est possible de transporter au maximum deux châssis sur un camion (ill. 12). Une unité de transport faisait environ 12 m de long et 4,5 m de large. Les châssis maintenus en place par des sangles ont été transportés vers un port puis chargés sur un bateau. À Washington, les éléments ont d'abord été stockés en dehors du centre ville puis transportés «just in time» sur le chantier. Un échafaudage, servant à la fois de plate forme de travail et de plateau de stockage pour les différents éléments, sur toute la surface de la verrière a été mis en œuvre pour le montage de la structure d'acier. Chaque châssis avait au moins trois points d'appui ajustables en hauteur. Les éléments ont été élevés à l'aide d'une grue-tour, mis en place précisément à l'aide des coordonnées 3 D, fixés sur leurs appuis puis enfin soudés avec les châssis voisins (ill. 13). Le montage de la structure est suivi du montage du vitrage. Les rails d'aluminium sont mis en place les premiers puis assemblés à leurs intersections avec des pièces en silicone. Les éléments de verre sont ensuite insérés dans les rails en aluminium et maintenus en place par des goujons. Les panneaux de verre sont ensuite étanchés les uns contre les autres. Un seul élément a été réservé avant la fin des travaux de paysage dans la cour; ce point ouvert a permis de livrer ou de débarrasser la cour de matériaux à l'aide d'une grue.

Le projet ne permettait que très peu de tolérances. La position exacte de tous les éléments devaient être vérifiée pendant tout le chantier pour s'assurer que la structure ne se déplace pas.

Rive de toiture • Poutrelle/Joint des éléments de verre
• Fixation d'un poteau
Coupes
Échelle 1:20

- 1 tôle aluminium, isolant laine de roche
- 3 résilient acoustique 125 mm
- 4 joint d'aération
- 5 poutre de rive profil caisson tôle acier soudée 800/400/2 mm
- 6 joint silicone
- 7 châssis aluminium d'un élément de verre: profil différent et augmentant en fonction de la position
- 8 vitrage isolant thermique verre blanc: verre trempé imprimé d'une trame de points blancs (Ø 3 mm) 10 mm + vide 16 mm + verre de sécurité feuilleté 13 mm
- 9 rail aluminium profil 125/50 mm

- 10 poutre de la résille 555 mm: membre supérieur plat acier 180/25 mm, âme plat acier (430)/10 mm, membre inférieur tube acier Ø 101,6/(12,5) mm
- 11 panneau acoustique en toile de jean recyclée
- 12 tube acier/barre 15 mm
- 13 gouttière Ø 125 mm
- 14 tirant acier Ø 139,7 mm
- 15 chapiteau fonte d'acier