

DETAIL – Revue d'Architecture

2010 □ 6 · Architecture en acier

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/232/ErgebnisHeft>

Page 558

«Finalement je recherche toujours la clarté» – Une conversation avec Santiago Calatrava sur l'architecture, la construction et l'art.

Detail: vous concevez des bâtiments exceptionnels dans différents pays et vous êtes à la fois ingénieur, architecte et artiste.

Quelle est votre vision de l'architecture ?

Calatrava: ce que je fais en tant que peintre ou sculpteur est une partie importante de mon travail. Ici, à l'agence, j'ai un atelier à ma disposition dans lequel nous ne réalisons pas seulement des maquettes d'architecture mais aussi des sculptures. De temps en temps je conçois aussi des meubles; à l'atelier à New York je peins. Mon travail de peintre ou de sculpteur reste assez personnel mais son expression se retrouve dans mon architecture. Déjà lors de l'un mes premiers projets, un centre de services dans le Nord de l'Allemagne, à Coesfeld-Lette nous avons encadré les façades comme des peintures et nous avons conçu des portails qui représentaient des sculptures mécaniques. Je cherche aussi toujours dans mes derniers projets à apporter des éléments qui ont à voir avec mon activité de sculpteur.

Detail: vos bâtiments sont-ils donc des sculptures construites ?

Calatrava: on apprend du passé que l'architecture peut se nourrir de tous les autres arts. Une façade gothique sert avant tout à porter des sculptures; dans le cas de la chapelle Sixtine, toute l'architecture est conçue pour la peinture qui s'en sert de moyen d'expression. J'ai l'impression que je peut exploiter mes sculptures de la même façon, comme un vocabulaire architectural. Au début cela s'exprimait de façon très formaliste, voire même un peu camouflée avec la signification du flux des forces. Plus tard je me suis rendu compte que cela devenait une tendance: traiter l'architecture comme une sculpture. Je n'ai rien fait de nouveau mais j'ai eu le pressentiment qu'Alexandre Calder, Jean Dubuffet ou Henry Moore, dans ses derniers travaux, avaient dû ressentir un

désir énorme de formes architectoniques. Cela signifie aussi que l'architecture peut se mesurer à l'échelle de la sculpture. Je peux voir l'écriture de certains sculpteurs aussi comme un ingénieur: Alexander Calder soudait des tôles, il utilisait des rivets et des tôles qu'il cintrait. Finalement il se servait du langage des ingénieurs pour trouver des modes d'expression.

Detail: pourquoi avez-vous entamé des études d'ingénieur après vos études d'architecture? Ce n'est pas si courant.

Calatrava: pour être sincère je ne voulais pas entrer dans la dure réalité de la vie professionnelle à seulement 23 ans et c'est la raison pour laquelle j'ai commencé des études d'ingénieur structure à l'ETH. J'ai remporté, avec un collègue, le concours pour la gare de Stadelhofen tout de suite après mon diplôme et c'est ainsi que nous avons eu tout de suite du travail pour 7 ans

Detail: vous dirigez aujourd'hui plusieurs agences. L'agence de Zürich est-elle la principale?

Calatrava: l'agence de Zürich et celle de New York ont la même taille. J'ai aussi une agence à Valence mais elle est très touchée par la crise économique que traverse l'Espagne. En tout nous sommes 90, ingénieurs et architectes.

Detail: et vous répondez toujours aux deux types de mission, architecture et structure?

Calatrava: en règle générale nous faisons aussi la structure un peu comme le paysage dans une maison, nous faisons des maquettes nous-même et nous nous occupons parfois, au moins à l'avant-projet des installations techniques. J'essaie d'atteindre le contraire de la séparation des disciplines. À partir de là, nous n'avons pas d'autres projets que ceux qui sont publiés. Nous ne menons pas de double vie entre des projets simples et, quelque fois, des projets exceptionnels.

Detail: vous êtes resté relativement fidèle à votre langage architectural du début, pas de grands changements comme chez certains.

Calatrava: j'ai toujours essayé de parler mon propre langage, et je pense que c'est mon droit même si certaines personnes peuvent voir ça comme une forme d'arrogance. J'ai bien sûr profité de l'enseignement de quelques maîtres mais mon école est en fin de compte la mienne: j'ai étudié Michel-Ange, Borromini aussi, je me suis frotté avec précaution à Gaudi tout comme à Louis Kahn. Étudiant j'ai beaucoup voyagé autour de la Méditerranée et j'ai visité la Ville classique, mais finalement j'ai trouvé qu'en tant qu'architecte il est important de pouvoir avoir une expression propre. Cela ne veut pas dire que quelqu'un peut être totalement autonome, on dépend toujours d'influences mais j'ai toujours eu l'ambition d'apporter quelque chose de personnel et de faire aussi passer mes sentiments dans mes bâtiments.

Detail: cela vous rend-il plus indépendant d'être à la fois ingénieur, artiste et architecte ?

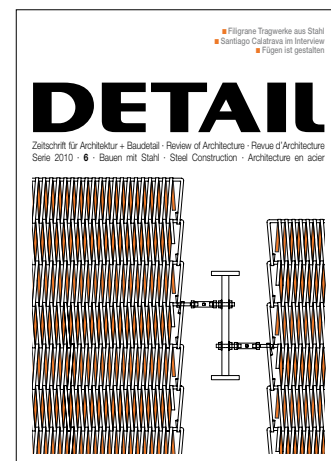
Calatrava: mon choix d'être actif dans plusieurs domaines est peut être l'expression d'une curiosité et la recherche de limites. J'ai toujours préféré voir cela comme une source pour des nouveautés

Detail: par contre un édifice doit pouvoir répondre à d'autres lois que celles d'une sculpture pure.

Calatrava: ce qui rend l'architecture singulière c'est la fonctionnalité, l'architecture doit s'adapter à la fonction, servir et être utile. Elle est soumise à des contraintes auxquelles un véritable sculpteur n'a pas besoin de répondre. D'un autre côté c'est justement ça qui rend l'architecture si intéressante, c'est là que réside son secret philanthropique. Quand une architecture est utile et fonctionnelle elle établit avec les gens et avec son concepteur une véritable relation amoureuse. Je trouve ça très beau.

Detail: vos bâtiments prennent souvent de la distance par rapport à leur environnement ...

Calatrava: j'ai conçu quelques projets qui se détachent du contexte, la plupart du temps quand le contexte est laid, comme dans le cas de la gare de Lisbonne sur le terrain



d'une ancienne raffinerie de pétrole avec des sols pollués. Ou à Valence, dans le port où le sol contient de la pyrite ou du nitrate. Le sol était complètement mort, nous avons dû le réhabiliter complètement avant de commencer un nouveau quartier. Quand on travaille dans ce type de contexte, il n'y a pas beaucoup d'éléments sur lesquels se raccrocher.

J'ai aussi construit dans des paysages magnifiques comme dans la province espagnole de Rioja. J'ai construit un bâtiment assez important pour une exploitation vinicole, assez près du bourg de Laguardia et en plein cœur d'un paysage de rochers et de collines, sous une falaise. C'était plus ou moins un bâtiment industriel qui devait fonctionner simplement.

J'étais confronté au défi de concevoir quelque chose qui s'insère le mieux possible dans le paysage. C'est la raison pour laquelle j'en ai repris les couleurs et utilisé des ocres et des tons de bois ainsi que de l'aluminium gris qui reprend la couleur de la paroi rocheuse. C'est aussi avec la forme du toit, qui est aussi inspirée par l'une de mes sculptures, que je noue un lien avec les environs. Ceux qui parlent aujourd'hui de bâtiments environnementaux ou de durabilité ne devraient pas seulement penser au «carbon footprint» ou au rendement énergétique mais aussi aux liens respectueux avec le paysage

Detail: votre bâtiment dans la Rioja espagnole se distingue véritablement de vos autres réalisations, aussi parce qu'il n'est pas blanc. La couleur blanche est bien une image de marque de votre architecture ...

Calatrava: mon premier bâtiment, la halle en Allemagne, n'était pas blanc, tout comme la gare de Stadelhofen qui est plutôt grise ou anthracite. J'ai aussi utilisé de la tôle de cuivre verte ...

Detail: formellement vous vous réservez toujours des mêmes formes. Vous concevez les programmes les plus divers avec une écriture identique; des programmes liés aux transports, aéroports, gares, ponts, tout comme un grand opéra et un musée à Valence.

Calatrava: tous les bâtiments que vous venez de citer sont en fait très différents. Les bâtiments de Valence, qui forment un ensemble, se rapprochent par leurs couleurs. D'un point de vue formel ils sont très différents. Ce qui les relie les uns aux autres ce n'est pas tant le fait de répéter des formes canoniques mais c'est plutôt l'utilisation du même matériau – acier, béton et très peu de verre, le climat là-bas n'est pas vraiment fait pour les grandes surfaces vitrées. Un autre point commun est la céramique, même si pour des raisons de coût nous avons dû nous rabattre sur de la céramique de récupération. Malgré le budget modeste, les bâtiments doivent être représentatifs et nous y parvenons justement grâce, entre autres, à la couleur blanche. À l'époque de mon premier pont, le blanc pour ce type d'ouvrage

était plutôt inhabituel, aujourd'hui on voit partout des ponts blancs. Les ponts en acier n'étaient pas non plus fréquents, au profit des structures composites.

Detail: pour nous, votre qualité s'exprime tout particulièrement dans les grands ouvrages d'art exceptionnels destinés aux transports. Quelle différence de méthode y-a-t-il pour construire un musée ou un opéra ?

Calatrava: j'aime beaucoup la musique et je trouve très beau de construire pour elle. J'ai eu cette opportunité à Valence et à Tenerife. La philharmonie, avec une grande salle de concert pour 1558 personnes et une petite salle de musique de chambre pour 458 personnes, a coûté 72 millions d'euros; on peut donc construire ce genre de programme avec des moyens limités. Si j'avais la possibilité de construire un auditorium à Berlin cela serait sûrement différent. Dans le cas du Milwaukee Art Museum, j'avais la mission de concevoir quelque chose de particulièrement porteur d'identité, les maîtres d'ouvrage avait rassemblé suffisamment d'argent auprès de nombreux sponsors. Par contre je ne vois pas pourquoi une gare devrait être totalement différente d'un musée ou pourquoi un pont dans une ville ne devrait pas avoir une forte personnalité. Prenez Paris, si vous enlevez les ponts la ville serait totalement différente. Je veux dire que tous les bâtiments ont leur signification. Les gares un peu exceptionnelles se font de plus en plus remarquer aujourd'hui parce qu'on est habitué à voir des beaux musées; par contre les gares sont perçues comme des lieux qui sentent mauvais et qui peuvent être dangereux à certaines heures.

Quand j'ai commencé à projeter des ponts, les ponts ont été considérés comme de simples objets fonctionnels. Tout était préfabriqué, la plupart des ponts avait été détruits en Europe par la seconde guerre mondiale et il fallait vite reconstruire. C'est pour cela que, dans les années 50, le meilleur pont était le moins cher. On mettait au point une poutre de tablier courante et les poteaux étaient mis en place n'importe où. C'est pour cette raison qu'une gare, un aéroport ou un pont extraordinaires attirent davantage l'attention.

Detail: la plupart de vos bâtiments sont faciles à reconnaître comme des «Calatrava». Est-il question pour vous d'une architecture de marque?

Calatrava: non, il est plutôt question de rigueur personnelle.

Detail: mais certains maîtres d'ouvrage disent certainement «je veux un Calatrava» et veulent aussi que cela y ressemble. Vous avez cité l'Art Museum de Milwaukee où la maîtrise d'ouvrage voulait quelque chose de très particulier

Calatrava: ils auraient pu obtenir cela de beaucoup d'autres architectes, pas seulement de moi.

Detail: vos bâtiments sont très populaires, parfois même des attractions touristiques.

Qu'est-ce qui est le plus important pour vous, le jugement de la profession ou le contentement de l'utilisateur ?

Calatrava: je respecte la critique architecturale et je suis en contact avec des critiques qui sont devenus des amis.

Quand on est assis devant une feuille de papier pour faire une esquisse on est tout seul. Le critique est loin – et quand on est sincère avec soi-même c'est un peu comme pour un peintre: je suis sûr que Matisse ne pensait pas aux critiques en peignant, Picasso non plus.

Detail: combien de croquis faites-vous pour un projet ?

Calatrava: Ça dépend. Je crois que nous avons archivé 100000 dessins ces 28 dernières années.

Detail: vous dessinez encore beaucoup à la main. Quel rôle joue l'ordinateur dans votre travail ?

Calatrava: nous travaillons aussi beaucoup avec l'ordinateur. Pour pouvoir utiliser plus tôt un ordinateur en Europe j'ai importé, à l'époque, un ordinateur du Canada. Je suis un utilisateur d'ordinateur de la première heure. Mais je peux aussi concevoir sans. Je veux même insister sur le fait que l'on voit si quelque chose est conçu à la main ou généré par l'informatique. Par contre, aujourd'hui, l'ordinateur est indispensable comme outil de représentation ou pour établir des interfaces avec l'industrie. Pensez seulement aux nombreuses coupes que l'ordinateur fournit presque automatiquement dans les plans d'exécution.

Detail: même si toutes les nouvelles possibilités que l'ordinateur propose ne jouent pas un rôle important pour vos projets, ont-elles une influence sur votre architecture ?

Calatrava: je réalise des bâtiments que je ne pourrais pas construire sans ordinateur. Les ponts de Jérusalem par exemple auraient été impensables sans ordinateur, les calculs surtout. Je ne fais pas générer par l'ordinateur des images stochastiques pour les extrapoler dans l'espace, je préfère m'inspirer d'une orchidée ou d'une belle coquille d'escargot. Le fantastique de telles formes est très profondément fondé et beaucoup plus convaincant qu'une forme qui naît seulement dans l'ordinateur.

Je n'ai vraiment rien contre l'ordinateur mais là où une forme est définie je ne veux rien mettre d'autre en œuvre que ma propre main. Je ne veux pas renoncer à ce lien entre l'objet et moi-même.

Detail: on peut penser qu'il y a seulement dix ans un bâtiment comme la gare de Liège n'aurait pas été possible. Vous avez cependant commencé les études en 1996 et vous auriez apparemment aussi pu réaliser la gare sans les derniers logiciels. Celle-ci aurait-elle été concevable sans la technologie informatique ?

Calatrava: oui sûrement, mais les calculs auraient été très difficiles sans l'analyse in-

formatisée surtout pour tout ce qui concerne la statique et la dynamique. Les poutres sont très fines. Mais on aurait aussi sûrement pu les dessiner à la main.

Detail: pour quelle raison les arcs de la halles portent-ils, contrairement à l'habitude, parallèlement aux quais ?

Calatrava: tous les quais devaient pouvoir rester en fonctionnement pendant le chantier. Pour ce faire nous avons construit une voie supplémentaire pour pouvoir toujours arrêter le trafic sur un autre et avancer avec les travaux. Les arcs en longueur étaient très adaptés à ce principe de mise en œuvre. Cela permettait de gérer l'évolution de la toiture en travers au dessus des quais. La deuxième raison est que Liège est un nœud ferroviaire en Europe à partir duquel différentes lignes à grande vitesse relient différentes grandes villes.

Cela justifie la volonté de construire une grande gare très particulière. On retrouve en plus dans la forme ondulée du toit les vallonnements du quartier résidentiel voisin de Cointé. Comme les voies ferroviaires ont coupé la ville en deux, nous voulions retrouver une certaine perméabilité et de la transparence entre les quartiers devant et derrière la gare, nous n'aurions pas pu l'obtenir avec des arcs en travers. Mon objectif était aussi que les trains qui font environ 220 à 240 m de long puissent être abrités entièrement dans la halle.

Detail: est-ce que la logique de la structure porteuse a nourrit la forme de la gare en plus des objectifs formels ou urbains ?

Calatrava: c'est vraiment beau quand plusieurs aspects se complètent. La structure porteuse est une construction très audacieuse, elle a une hauteur d'1,20 m en faitage pour une portée d'environ 160 mètres. Le rapport épaisseur/portée est supérieur à un pour cent. Il n'y a pas non plus de contreventement, tout est raidi par l'encastrement des pannes dans les assemblages d'acier.

Detail: n'est-ce pas très compliqué, des contreventements auraient sûrement été moins chers ?

Calatrava: le toit faisait preuve d'importantes incertitudes statiques dues aux nombreux assemblages. C'est ainsi qu'il fonctionne comme un voile alors que ce n'en est pas un. Avec des contreventements nous aurions eu des problèmes avec les dilatactions. De la manière dont cela a été réalisé c'est simple et ça fonctionne bien. Les assemblages encastres n'étaient pas les plus complexes puisqu'ils sont assez hauts. On aurait aussi pu les réaliser avec des vis à haute résistance au lieu de souder, par contre il aurait fallu respecter des tolérances très étroites.

Detail: les détails ont-ils joué un rôle important ?

Calatrava: certains détails sont décisifs, comme par exemple les articulations pyra-

midales au pied des arcs, ce sont des pièces en fonte et un goujon visible en acier chromé qui signifie bien qu'il s'agit d'une articulation. On trouve une structure d'acier très complexe à la jonction de l'arc dans la poutre longitudinale qui porte les deux galeries. Nous avons essayé de minimiser ce genre de détails. Pour des portées si grandes et avec des moyens financiers limités nous avons dû faire des compromis. Certains détails ont été conçus sur place. Nous avons eu des problèmes avec les tolérances des profils en aluminium des verrières; les zones de tolérance des structures verre-acier et les structures en acier à grandes portées sont très différentes.

Detail: Est-ce que toutes les charges en compression des arcs sont reprises par les appuis ou bien y-a-t-il des éléments en traction qui relient les extrémités des arcs ?

Calatrava: une petite partie des forces est compensée par l'effet de contre porte à faux. Il y a aussi un contrepoids dans les appuis de forme pyramidoïdale mais les efforts horizontaux des arcs principaux sont beaucoup plus grands. Elle est égalisée par les structures d'acier des galeries et répartie aux différents appuis mais les éléments de béton entre les extrémités des arcs sont précontraints et il y a un liaisonement inférieur continu.

Detail: le concept d'ensemble de la gare ne comprend pas que la halle et la structure. Est-il seulement question d'apport de lumière naturelle dans la galerie commerçante située sous les quais ?

Calatrava: il y a un autre aspect en plus de l'éclairage qui a été en effet très important pour nous: le trafic à grande vitesse permet de limiter à 35 minutes le trajet entre Liège et Bruxelles et en fait une connexion urbaine où personne n'a envie d'être retenu trop longtemps avant le départ du train. C'est pour cela que nous voulions une gare qui soit de très grande proximité. Cela nous a conduit à l'idée d'une gare sans façade avec des courants d'air naturels donc. C'est pour cela que la galerie commerçante se devait d'être confortable pour servir aussi de salle d'attente. Les gestionnaires étaient aussi intéressés par l'idée d'un passage commercial particulièrement bien traité avec des matériaux locaux. Nous avons eu l'opportunité de réaliser un beau revêtement dans le bâtiment avec une pierre noire appelée «petit granit» mais qui est en fait une pierre calcaire. Cela confère un caractère noble à la gare. On accède directement très facilement aux trains par la galerie basse. La volonté de la maîtrise d'ouvrage d'offrir aux voyageurs quelque chose de spécial a été décisive.

Detail: sur combien de projets travaillez-vous en ce moment ?

Calatrava: Je travaille en ce moment à un projet pour Taiwan: trois petits bâtiments pour une université dont une salle de concert.

Je m'occupe aussi d'un musée à Rio de Janeiro, nous en sommes au début. Nous sommes toujours occupés à différentes phases de l'aéroport de Denver. Ground Zero à New York est aussi un projet très audacieux et énorme. Tout le site est souterrain avec des portées qui peuvent atteindre 70 mètres. On retrouve un petit peu de ce que vous voyez à Liège: des systèmes porteurs linéaires de très bon rendement. On a trouvé qu'une certaine clarté et de la transparence sont très importants pour la sécurité dans de telles halles, d'abord parce que les gens trouvent rapidement leur chemin et aussi parce qu'on a besoin de moins de caméras pour la surveillance. Cela permet d'imposer des espaces très ouverts.

Detail: quel est le processus de conception de vos projets, vous commencez avec vos dessins et ceux-ci sont ensuite traités par l'équipe ?

Calatrava: juste avant que vous arriviez nous avons discuté des dessins que j'ai fait ce week-end et nous avons eu une petite conférence vidéo avec New York pour notre projet de Taiwan. Nous utilisons les corrections sur les plans ou les esquisses comme des systèmes de communication.

Detail: Vous suivez donc chaque projet jusqu'au dernier détail ?

Je suis l'auteur de tous mes projets, jusqu'au détail quand je peux. J'ai aussi des personnes de très grande qualité pour pouvoir travailler comme ça

Detail: dans quelle phase du projet sentez-vous-vous, personnellement, le mieux ?

Calatrava: l'étape de l'esquisse est bien sûr très belle. Nos projets demandent un travail très intensif. Liège a duré à peu près 13 ans, il faut être très patient. Nous nous occupons de Ground-Zero depuis déjà 8 ans et on me prévient maintenant qu'il y a toujours des différences entre les nombreux commanditaires. L'évolution d'un projet est donc parfois très pénible. En comparaison la phase de l'esquisse est très agréable.

Detail: dites nous, pour finir, lequel de vos bâtiments est votre préféré ?

Calatrava: j'aime beaucoup Liège et je suis très content que vous ayez remarqué ce projet. C'est un projet simple surtout quand vous pensez aux grandes gares anciennes qui sont toutes devenues assez complexes avec toutes leurs extensions. Si je pouvais aujourd'hui recommencer avec le projet je ne referais peut être pas la même chose. Quand je suis là-bas je pense parfois que les rampes sont devenues trop larges. Peut-être que je choisirais aujourd'hui une plus grande portée mais l'expression d'ensemble est juste. Finalement je suis toujours à la recherche de la clarté, c'est ce qui compte dans ce type de lieu.

Page 580 Pavillon à Zürich

Depuis sa fondation, il y a 20 ans, la maison des jeunes et de la culture Dynamo propose aux jeunes gens la possibilité de pratiquer différents arts plastiques. Entre les rives du Limmat et un ensemble résidentiel classé monument historique qui abrite les différents espaces de la Maison de la culture un nouveau lieu accueille encore plus de création: le nouvel atelier consacré au travail du métal. Le pavillon en forme de champignon organise l'espace d'une place autrefois hétérogène. Les larges débords de son toit exploitent l'ensemble de la surface constructible et offrent un espace couvert sans point porteur qui peut être utilisé toute l'année. La structure et le revêtement de l'atelier reflètent sa fonction: une ossature en acier qui regroupe une boîte utilisée comme un bureau et une réserve. La peau externe – façade, sous face et rive de toiture – est réalisée avec une tôle acier perforée industriellement qui confère au bâtiment un caractère homogène. Les perforations profondes apportent d'un côté suffisamment de stabilité contre les sollicitations mécaniques mais répondent surtout à une véritable ambition esthétique. En fonction des éclairages et de l'angle de vue de l'observateur le pavillon apparaît soit transparent, soit fermé, autorise de voir à l'intérieur éclairé ou le protège des rayonnements du soleil comme un écran métallique.

Échelle 1: 1000
Plan • Coupe
Échelle 1:200

- 1 atelier métal
- 2 W.C./vestiaires
- 3 atelier de bijoux
- 4 restaurant
- 5 zone de travail couverte
- 6 bureau
- 7 réserve

Détails
Échelle 1:20

- 1 tôle acier emboutie, perforée, galvanisée 2 mm structure profil acier galvanisé, vissée □ 60/60 mm ou □ 60/40 mm
- 2 poteau profil acier HEB 120 mm
- 3 panneau aggloméré lié au ciment 18 mm isolant thermique cellulose 160 mm pare-vapeur, panneau OSB 15 mm
- 4 fenêtre en bois avec triple vitrage
- 5 profil plat en acier 100/20/5 mm servant de support pour la serrure du rideau
- 6 poutre IPE 300 mm conique
- 7 poutre de rive HEA 140
- 8 toiture tôle de zinc de titane 7 mm panneau structuré isolant acoustique bac acier 41 mm
- 9 poutre secondaire IPE 100 mm
- 10 vitrage du lanterneau en verre de sécurité feuilleté constitué de 2 x verre flotté de 8 mm
- 11 poutre IPE 450 mm
- 12 lé d'étanchéité servant de couverture de secours élément de plafond: panneau contreplaqué 27 mm isolant thermique cellulose 220 mm panneau OSB 12 mm
- 13 profil acier L 200 mm
- 14 montant en bois: panneau aggloméré lié au ciment 18 mm

- isolant thermique cellulose 160 mm
- pare-vapeur
- panneau OSB 15 mm
- 15 panneau OSB poncé, huilé 18 mm, panneau de fibres 12 mm
- isolant thermique mousse dure 140 mm, barrière d'humidité
- dalle béton armé 250 mm
- couche de propreté béton maigre 100 mm
- 16 profil d'appui

Page 584 Maison à Chardonne

Cette maison est véritablement en suspension au dessus de son terrain en pente sur les bords du lac de Genève. Un seul petit élément de la structure en acier et verre est posé sur un mur de soutènement, le reste est en porte à faux, 21 mètres vers l'avant et maintenu simplement par deux poteaux fins en biais. Même l'escalier d'entrée n'est pas en contact avec le sol et est déplié seulement en cas de besoin. La maison ressemble donc beaucoup plus à un objet volant qui aurait atterri dans le pré, d'autant plus que le maître d'ouvrage est un pilote, ce qui n'est peut être pas un hasard. Ce projet singulier est né en partie de la condition imposée par le vendeur de la parcelle: seuls 15% de la surface au sol ne devaient être bâtis et la hauteur du bâtiment était limitée à l'altitude de la route en partie haute. Comme les maîtres d'ouvrage, les parents d'un des architectes, ont refusé le premier projet, une maison plutôt introvertie enterrée dans la pente du terrain les architectes ont retourné l'idée en son contraire et on conçu un ouvrage extrêmement ouvert, vitré sur tous les côtés pour offrir à la fois un panorama complet et une terrasse protégée. Les vitrages fixes avec des dimensions de panneaux de 4,90 x 2,60 mètres et des menuiseries cachées ont permis d'atteindre une transparence maximale. La simplicité radicale du projet se prolonge aussi à l'intérieur. Les pièces s'orientent sur la trame qui est obtenue par la structure en acier faite de profils creux carrés. Elles sont séparées les unes des autres par des doubles murs qui comprennent aussi une cheminée, le frigidaire et surtout 4 placards qui permettent de maintenir l'espace libre, sans mobilier inutile. Des portes en verre coulissantes assurent le passage d'une pièce à l'autre sans couloir. Les salles de bains sont aussi positionnées de façon inhabituelle: elles sont seulement séparées des pièces de séjour et des chambres par des cloisons vitrées et seuls des rideaux permettent d'obtenir la privauté suffisante, ce qui ne semble même pas surprenant dans un espace aussi extraverti.

Plan masse
Échelle 1:3000
Coupes • Plans
Échelle 1:250

- 1 entrée
- 2 W.C.

- 3 chambre
- 4 couloir
- 5 salle de bains
- 6 salle à manger / cuisine
- 7 séjour
- 8 local technique
- 9 bureau

Coupe horizontale
Coupe verticale
Échelle 1:20

- 1 poutre tube acier □ 300/300/16 mm, entre: eau étanchéité double panneau de bois dérivé 20 mm bac acier 120 mm isolant thermique laine de roche 2x 65 mm panneau de plâtre 15 mm
- 2 poutre tube acier □ 300/300/16 mm
- 3 protection solaire textile
- 4 tube acier □ 160/80/5 mm
- 5 vitrage isolant de sécurité feuilleté 17 mm + vide 16 mm + verre trempé 10 mm
- 6 habillage tôle aluminium anodisé perforée tôle aluminium
- 8 constitution du sol: revêtement résine époxy béton armé 100 ou 300 mm bac acier en coffrage perdu isolant thermique laine de roche projetée isolant thermique panneau de laine de roche 40 x 160 mm panneau de plâtre 20 mm capotage de plaques d'aluminium
- 9 tôle perforée aluminium anodisé
- 10 ouvrant de ventilation panneau sandwich aluminium 24 mm
- 11 tube acier □ 120/40/3 mm
- 12 porte coulissante avec vitrage isolant verre de sécurité feuilleté 13 mm + vide 14 mm + verre trempé 8 mm
- 13 poteau tube acier □ 300/300/16 mm
- 14 porte coulissante panneau bois dérivé, peint à l'intérieur, recouvert d'aluminium à l'extérieur

Page 588 École à Zürich

Un cube de verre, porté par une structure très affirmée, et organisé de manière peu conventionnelle est la nouvelle école des 400 élèves du quartier de Schwamendingen à Zürich. Les classes, un grand amphithéâtre et un gymnase sont empilés les uns sur les autres, afin de minimiser la surface bâtie au profit d'un grand parc consacré aux activités scolaires. Les grandes poutres treillis périphériques sont organisées en deux parties qui rendent lisibles les différentes fonctions: La grande poutre la plus basse, sur trois niveaux porte les étages des classes, la plus haute porte le gymnase qui est aussi le couronnement du bâtiment. Malgré son volume important le bâtiment semble flotter, la façade du rez-de-chaussée étant entièrement libre de poteaux et en retrait. Seuls trois poteaux d'acier à trois jambes forment les éléments porteurs sur lesquels repose la charge totale du bâtiment. Il est impossible de comprendre entièrement de l'extérieur la structure porteuse dans toute sa complexité. Cette dernière est un système de poutres treillis partiellement empilés et partiellement suspendus. Le quatrième étage joue un rôle central: les poutres à hauteur d'étage sont

disposées à l'intérieur du volume et transfèrent les charges du gymnase aux culées d'acier via la poutre intermédiaire de l'étage des classes. Les poutres externes sont de plus suspendues à ces poutres. Des grandes pièces sans points porteurs, reliées visuellement entre elles par des murs en verre profilé, sont créées grâce aux planchers nervurés en béton en porte à faux qui permettent aussi de contreventer la structure. La disposition des salles de classe, sans couloir, de chaque côté de l'escalier principal est aussi une organisation inhabituelle. Des volées d'escalier orientées dans des directions opposées mènent à des grandes zones communes qui servent d'espaces de repos pour les cours. Des espaces de transition fluides et des suites d'espaces tendues caractérisent le bâtiment dans sa globalité, du niveau d'entrée bas sous plafond aux salles de classe en passant par l'espace exceptionnel de 7 mètres de haut du gymnase.

Plan masse
Échelle 1:4000

Plans • coupes
Échelle 1:750

- 1 entrée
- 2 cafétéria
- 3 cuisine
- 4 zone de travail
- 5 classe
- 6 récréation
- 7 halle
- 8 salle des professeurs
- 9 bibliothèque
- 10 gymnase

Coupe sur la façade
Échelle 1:50

- 1 constitution de la toiture:
lé d'étanchéité double épaisseur
panneau isolant, laine de roche, 50–240 mm,
découpe en biais en rive
pare-vapeur sur tôle acier, 1mm
bac acier 153/1 mm, isolé
tube acier □ 140/140/6,3 mm, perforations de
toiture pouvant atteindre 200 cm isolée de mousse
dure PS, 60 mm
- 2 tube acier □ 200/100/6,3 mm
- 3 ceinture supérieure et inférieure: tube acier
□ 300/300 mm,
épaisseur du mur selon la position des contraintes
statiques
- 4 diagonales: tube acier, profils selon la position
et les contraintes statiques
- 5 profil acier HEB 160 mm
- 6 profil acier 100 mm, soudé
- 7 profil acier LJ 300 mm

Coupes
Échelle 1:20

- 1 dallage pierre synthétique, 30–50 mm, plots
étanchéité liquide
béton armé 220–430 mm
- 2 panneau isolant laine de roche 80 mm
- 3 profil acier HEB 160 mm
- 4 mortier béton 100 mm, poli
isolant contre les bruits d'impact 50 mm
béton armé 280–480 mm
- 5 profil acier LJ 300 mm goujonné
- 6 triple vitrage isolant
- 7 revêtement acoustique sur panneau minéral
48 mm
- 8 sortie d'air
- 9 sprinkler
- 10 haut-parleur

Page 593
Villa romaine La Olmeda

La villa La Olmeda découverte à 300 km au Nord de Madrid, dans les environs de Pedrosa de la Vega compte parmi les villas romaines les mieux conservées en Espagne.

Le champs de fouilles archéologiques de 4500 m² comprenant des mosaïques de valeur du 4^e siècle av. J.C. devait être protégé à long terme des intempéries c'est ainsi qu'il a été décidé de couvrir le site et de le compléter par un petit musée et différents aménagements complémentaires pour les visiteurs. Les architectes ont mis au point un bâtiment conçu simplement avec une structure du point de vue constructif et peu de matériaux dont l'enveloppe en acier Corten qui s'harmonise très bien avec le paysage de champs et de prés. L'espace intérieur forme un second plan retenu.

En s'inspirant des deux bâtiments romains construits à différentes époques romaines le parti du projet est fondé sur deux halls d'exposition posés l'un à côté de l'autre et reliés par des passerelles avec un volume en bois regroupant les bureaux, un musée et des salles de conférences. Pour des motifs liés à la conservation mais aussi pour appuyer l'attention sur la fouille archéologique, l'éclairage naturel est assuré par un bandeau lumineux périphérique en panneaux de polycarbonate translucides. La charpente constituée de losanges en acier préfabriqué donne une impression de légèreté et est apparue assez économique: les éléments individuels identiques ont seulement été montés puis vissés sur place. Les arcs sont portés par 110 poteaux en acier situés entre le bandeau lumineux et l'enveloppe en acier corten. Les architectes ont conçu pour les trois arcs de la grande halle d'exposition deux autres poutres longitudinales et quatre poteaux d'acier dont la position marque, tout comme un carré de gazon artificiel et un rideau en tissage métallique, l'ancienne cour intérieure de la villa tout en

Série des manuels de construction

Définit les bases nécessaires pour maîtriser les aspects essentiels de la construction en architecture.

DETAIL
Edition



«Construire en acier» est un ouvrage très complet sur le projet en acier et sa construction, il s'adresse aux architectes et ingénieurs. Différentes structures sont présentées à l'aide d'exemples, sélectionnés parmi les meilleures réalisations, de grandes halles ou d'ouvrages de qualité expliqués en détail. Les chapitres «Façonnage et assemblage de produits semi-finis en éléments structuraux» et «Le développement de structures porteuses par assemblage d'éléments structuraux» abordent la méthodologie de la construction en acier sous un jour entièrement nouveau.



- En la série des manuels:
- Construire en acier
 - Construire des façades
 - Construire en bois
 - Construire en béton
 - Construire - Atlas des matériaux
 - Construire en verre

Construire en acier, Schultz, Sobek, Habermann, revu entièrement en 1999. 404 pages avec de nombreux dessins, certains spécialement exécutés pour la publication, et photographies. Format 23 x 29,7 cm, broché; ISBN 2-88074-530-6; € 90.– plus emballage et frais d'envoi.

assurant une superposition subtile de l'ancien et du neuf.

- 1 entrée
- 2 billetterie
- 3 boutique du musée
- 4 cafétéria
- 5 salle de conférence
- 6 musée
- 7 salles de séminaire

Coupe verticale
Coupe horizontale
Échelle 1:20

- 1 profils clipsés en aluminium 46/550 mm, isolant 60 mm, tôle acier profilée perforée
- 2 tube acier □ 200/80/8 mm soudé, laqué
- 3 assemblage d'angle plats acier soudés, laqués
- 4 profil acier HEB 200 laqué
- 5 poutre acier I 845/50 mm soudée et laquée
- 6 rideau en tissage métallique
- 7 poteaux 2 x profil acier IPE 500 laqués
- 8 verre trempé 15 mm, attache plat acier 15 mm laqué
- 9 plancher ipé 22 mm, panneau OSB 22 mm, profil acier L 40/40/5 mm, tube acier □ 70/40/5 mm
- 10 couche de végétation 150 mm, caisson en acier corten 6 mm, tube acier □ 70/40/5 mm
- 11 profil acier HEB 160 laqué
- 12 appareil d'éclairage linéaire
- 13 élément coulissant, ventilation
- 14 élément de façade acier corten perforé 2 mm
- 15 poteau tube acier □ 80/80/4 mm
- 16 tube acier Ø 45/4 mm
- 17 tube acier □ 200/80/4 mm
- 18 panneau polycarbonate 16/600 mm
- 19 béton armé pigmenté en blanc 300 mm

Page 598

Siège administratif à Linz

Le bâtiment neuf du siège commercial et financier d'un groupe sidérurgique constitue aussi la porte du site de l'entreprise et sa clôture nord. Il fait partie du réaménagement du site de l'entreprise sidérurgique rendu public qui regroupe l'ancienne tour du siège central, un centre de visiteurs et une place intermédiaire sous laquelle se trouve un parking souterrain. Le bâtiment courbe de 172 m de long s'achève en une pointe vitrée en porte à faux de 34 m qui souligne l'entrée comme un auvent. Le nouveau bâtiment permet aussi de présenter les qualités formelles et structurelles de l'acier: le bâtiment de 5 étages est conçu comme une ossature en acier avec des planchers en béton armé précontraints. Le porte-à-faux est rendu possible grâce à deux poutres en porte-à-faux de 4 étages dont les efforts sont repris par le noyaux de circulation et par 4 poteaux d'acier en forme de croix. Les façades présentent, quant à elles, le côté filigrane du matériau: des panneaux en métal déployé en sous-face du porte-à-faux ainsi que des éléments pare-soleil traités en doré confèrent au bâtiment une expression presque textile. L'organisation du plan est répercutée conséquemment dans la structure porteuse: une zone centrale, avec 4 atriums vitrés, des salles de réunion, des tisaneries et les noyaux de circulation, est franchie par des poutres perforées de 72 cm d'épaisseur; les bureaux sont sur les côtés avec des poutres

en porte-a-faux qui forment la structure, ce qui réduit le moment de flexion dans la zone centrale, permet d'optimiser la hauteur des poutres et rend possible une zone de bureaux et de façade libre de point porteur. Les sections des poteaux, deux par axe, reprennent les charges des étages supérieurs. La structure en acier est apparente, les éléments ont été sablés pré-peints en atelier puis ont reçu une finition à la peinture mica-cée in-situ. L'ensemble du bâtiment est traité avec une installation de sprinkler, la pointe en porte-à-faux a été traitée avec une couche de peinture de protection incendie supplémentaire. Elle est surmontée par une terrasse en toiture qui, comme une plate-forme d'observation, ouvre la vue au delà des hauts fourneaux et des gazomètres de l'usine sidérurgique.

Coupe • Plans
Échelle 1:2000

- 1 entrée
- 2 atrium
- 3 bureau
- 4 tisanerie
- 5 archives
- 6 réunion
- 7 entrée du parking
- 8 toit terrasse

Plan masse
Échelle 1:5000

- 9 bâtiment neuf centrale de vente et des finances
- 10 parvis
- 11 tour, centrale de la société (existant)
- 12 toiture du parking, plantée
- 13 administration, restauration
- 13 bâtiment des visiteurs «Monde d'acier»

Structure acier
Porte-a-faux
Détails échelle 1:5
Coupe échelle 1:20
Isométrie

- 1 profil acier T avec protection incendie 265/140/15/20 – 170/70/15/20 mm
- 2 tube acier Ø 42,4/3,2 mm
- 3 poutre profil acier I 700/320/20/30 mm
- 4 poutre profil acier I 700/300/20/35 mm
- 5 poutre profil acier I 600/320/15/30 mm
- 6 tôle acier galvanisée 2 mm
- 7 suspente plat acier 2x 60/15 mm
- 8 plat acier 220/20 mm
- 9 plat acier 140/20 mm
- 10 verre de sécurité partiellement précontraint 3x 10 mm
- 11 profil de support plat acier galvanisé 80/8 mm
- 12 métal déployé galvanisé peint par pulvérisation 16/8/1,5/1 mm
- 13 chéneau tôle acier galvanisée 2 mm
- 14 constitution du sol de la terrasse en toiture: mélèze raboté 25 mm lattes 50–110 mm, isolant thermique XPS avec rainurage drainant 100 mm étanchéité lé de bitume double épaisseur isolant EPS 20–80 mm en pente 2%, pare vapeur, sous couche, dalle béton armé 260 mm
- 15 allège verre de sécurité feuilleté constitué de 2x 10 mm verre trempé
- 16 caillebotis acier galvanisé 40 mm
- 17 poutre profil acier I 150/70/8/8 – 75/70/8/8 mm
- 18 tube acier en diagonal Ø 298,5/32 mm

Coupe verticale
Échelle 1:20

- 1 couche de végétation 100–220 mm, feutre filtrant, rejingot polyéthylène 20 mm, protection d'isolant panneau en granulats de caoutchouc 10 mm, étanchéité lé de bitume double épaisseur, isolant thermique EPS 100–220 cm en pente 2%, pare vapeur, sous-couche, dalle béton armé 300 mm
- 2 poutre en porte a faux profil acier peint I 700–190/300 – 197/30 mm
- 3 poutre en porte a faux profil acier I 700–190/354 – 197/30 mm
- 4 élément coulissant métal déployé 25/13,5/5/1,52 mm galvanisé, laqué, sur structure porteuse de plat acier galvanisés, laqué 27/10-60/10 mm
- 5 fixation glissante des panneaux sandwich 107 mm, tôle aluminium peinte par pulvérisation 3 mm
- 6 garde-corps plat acier galvanisé, laqué 40/5 mm
- 7 vitrage fixe: verre flotté 8 + vide 20 + verre trempé 11 mm dans menuiserie aluminium
- 8 parquet collé frêne 10 mm, double plancher creux dimension des dalles 600/600/30 mm, dalle béton armé 300 mm
- 9 revêtement métal déployé 16/8/1,5/1 mm
- 10 poteau tube acier Ø 244,5/20 mm
- 11 poteau tube acier Ø 323,9/50 mm
- 12 cloison des bureaux verre trempé 10 mm
- 13 poutre profil acier 720/300/30 mm
- 14 poutre profil acier 720/345/30 mm
- 15 lanterneau atrium verre trempé 8 + vide 16 + verre partiellement trempé 2x 8 mm

Coupe verticale
Échelle 1:20
Coupe horizontale
Échelle 1:10

- 1 fixation glissante des panneaux sandwich 107 mm, tôle aluminium peinte par pulvérisation 3 mm
- 2 élément coulissant métal déployé 25/13,5/5/1,52 mm galvanisé, laqué sur structure porteuse, plats acier galvanisés 27/10–60/10 mm
- 3 poteau de façade profil aluminium
- 4 vitrage fixe verre flotté 6 + vide 20 + verre de sécurité feuilleté 11 mm in châssis aluminium

Page 605

Tremplin à Garmisch-Partenkirchen

Le profil du grand tremplin olympique de Garmisch-Partenkirchen ne répondait plus aux des techniques de saut actuelles et ne correspondait plus aux normes imposées par la fédération de ski FIS. La conception du nouveau tremplin, dictée par la dynamique du saut à ski ne se contente pas d'être un accent signifiant dans la vallée du Talk de Garmisch-Partenkirchen, elle souligne aussi la topographie et se présente finalement comme un fragment de paysage construit. C'est dans ce contexte que les architectes ne souhaitaient pas d'élément vertical en deçà de la tête du tremplin pour éviter de troubler l'important effet de porte à faux de l'ensemble. L'élément-socle du tremplin, un pont d'acier qui prolonge la courbe de la pente vers le haut, permet de raccorder le tremplin avec la pente et recouvre un bâtiment plat avec des espaces pour les athlètes et des équipements de service. Comme ces éléments fonctionnels restent en contact avec le sol il a été possible de dimensionner le tremplin en lui-même au plus

fin. Un ascenseur en biais, le long d'une volée d'escalier, permet d'atteindre rapidement l'élément de tête du tremplin. La structure porteuse du tremplin est formée d'un treillis de quatre travées, des châssis transversaux raidissent la section trapézoïdale qui varie sur toute sa longueur. Des panneaux alvéolés en polycarbonate habillent les flancs de la structure porteuse en la transformant en un grand volume. Leur transparence augmente vers le bas ce qui permet de deviner la structure en acier. Le caractère du bâtiment change en fonction de l'heure et de l'éclairage. Pendant la journée et surtout par ciel couvert ou temps de neige l'enveloppe grise-blanche semble se fondre dans le paysage, la nuit en revanche le tremplin éclairé de l'intérieur se détache des pentes environnantes comme une sculpture lumineuse.

Coupe • Plan masse
Échelle 1:2500

- 1 piste d'élan
- 2 podium des entraîneurs
- 3 infrastructure/athlètes et espaces secondaires (sous le tremplin)
- 4 courbe d'envol
- 5 bâtiment des juges
- 6 butte du tremplin
- 7 stade
- 8 tremplin d'entraînement

Coupes
Structure en acier
Échelle 1:500

- 1 fraise à neige
- 2 terrasse
- 3 niveau visiteur
- 4 sortie de l'ascenseur

- 5 attente des athlètes
- 6 marche de départ
- 7 escalier
- 8 ascenseur en biais
- 9 appui
- 10 tablier du tremplin
- 11 pont/piste d'élan
- 12 accès aux escaliers/ascenseur en biais
- 13 espaces de service des athlètes

- A Montage de la structure de la piste de prise d'élan en deux grands éléments incluant le second œuvre et les revêtements au sol en position couchée
- B Relevage de la partie basse et liaisonnement des membres supérieurs avec la partie haute
- C Desserrage du tablier du tremplin pour asseoir et fixer la structure du tremplin dans son ensemble; der le volume en treillis est posé en «articulation» sur les deux appuis latéraux et sur les pieds du membre inférieur et est aussi maintenu en équilibre, les bâtiments situés au-dessous servent de lestage

Coupes
Échelle 1:200
Échelle 1:20

- 1 fraise à neige
- 2 ascenseur en biais
- 3 seuil de départ
- 4 traces d'élan (séparées pour l'utilisation d'hiver et d'été)
- 5 podium pour les représentants des médias
- 6 séparation en makrolon des traces
- 7 seuil profilé
- 8 main-courante tube acier Ø 42,2/4 mm
- 9 éclairage des tracés
- 10 couverture tôle aluminium
- 11 traverse de façade L 160 continue
- 12 panneau alvéolaire polycarbonate 40 mm, profils de rive aluminium
- 13 revêtement métal déployé
- 14 traverse de façade tube acier □ 120/80 mm
- 15 profil de finition aluminium
- 16 membre supérieur profil acier I 400 mm (aile 40 mm; âme 25 mm)

- 17 membre inférieur profil acier I 400 mm (aile selon position 40/60 mm; âme 25 mm; section à proximité des pieds I 500 mm)

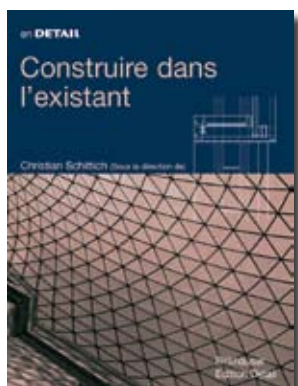
Page 610
Gare à Liège

La ville de Liège dispose, après 12 ans de travaux, d'une gare adaptée aux trains à grande vitesse qui lui permet de compter parmi les nœuds de circulation ferroviaire les plus importants d'Europe et qui renoue, avec sa structure en acier, avec la tradition des grandes verrières de gare. Pour la conception, Santiago Calatrava s'est attaché, dès le début, à abriter sous couvert la totalité des trains. La gare se devait aussi de mieux relier les deux quartiers nord-ouest de Liège: Cointé et Guillemins. C'est pour cette raison que la gare a été conçue comme une halle, particulièrement monumentale de 490 m de long, dont les arcs d'environ 160 m de portée s'étirent dans le sens des quais. La toiture voûtée s'ouvre donc perpendiculairement à la ligne des quais, du côté des quartiers limitrophes et permet d'accéder à la halle par ses deux côtés. Comme la halle n'a pas de façade c'est surtout la toiture qui marque le caractère de la gare. Elle encadre, par son écriture transparente, les vues des passagers qui arrivent à Liège et se réfère en même temps, par sa forme courbe plutôt plate, aux collines proches du quartier de Cointé. La structure principale du toit est constituée de 39 arcs en acier espacés d'environ 1,9 mètres. Comme les pannes de la toiture transparen-

Série en **DETAIL**

Les différents volumes répondent à la variété des possibilités et sont aussi bien des sources d'inspiration que d'information traitant le bien fondé et la pertinence des choix et détails constructifs.

DETAIL
Edition



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.



- En la série en **DETAIL**:
- Construire dans l'existant
 - Habitat collectif
 - Architecture Solaire
 - Intérieurs
 - Maisons individuelles

Construire dans l'existant, Christian Schittich (collectif), Traduction: Xavier Bélorgey, 176 pages avec de nombreux dessins et photos, 2006, format 23 x 29,7 cm, ISBN 978-3-7643-7637-6, € 65.- plus emballage et frais d'envoi. Pour l'envoi dans les pays de l'UE sans No. VAT : 7% TVA en sus.

te sont soudées avec les 39 cintres l'ensemble de la toiture agit comme une coque. Les profils en acier creux des arcs s'affinent vers leur centre pour atteindre seulement 0,8 mètres de haut.

Plan masse
Échelle 1:10000
Plans
Échelle 1:2500

- 1 parvis
- 2 entrée
- 3 guichets
- 4 personnel
- 5 gastronomie
- 6 passage, galerie commerciale
- 7 ascenseur/escaliers vers les quais
- 8 boutiques
- 9 parking
- 10 accès au quai
- 11 accès vers la galerie/passarelle
- 12 quai
- 13 consignes
- 15 bureaux de la SNCB

Coupes
Échelle 1:1500
Coupe verticale structure métallique de la marquise
Échelle 1:250
Coupes de détail
Échelle 1:20

- 1 tube acier Ø 660 mm
- 2 verre de sécurité feuilleté 22,8 mm
- 3 tube acier Ø 324 mm, soudé avec 2x plats acier 16 mm
- 4 tube acier Ø 457 mm
- 5 tôle acier 20 mm
- 6 tôle acier 5-10 mm
- 7 tôle acier Ø 159/5,6 mm
- 8 tôle acier 10-25 mm
- 9 tube acier Ø 159/5,6-14,2 mm

Coupe sur la structure métallique de la toiture de la halle
Échelle 1:250
Coupes sur les appuis charpente
Échelle 1:100

- 1 couverture verre de sécurité feuilleté 22,8 mm
- 2 membre supérieur profil creux en acier 267/1134-1284 mm soudé à partir d'un tube acier Ø 267/25 mm et d'une tôle acier 15-30 mm
- 3 membre inférieur profil creux en acier 267/888-2092 mm soudé à partir d'un tube acier Ø 267/20-50 mm et d'une tôle acier 25-40 mm
- 4 passerelle piétonne structure acier soudée à partir d'une tôle acier 20-40 mm
- 5 appuis fonte d'acier
- 6 escalier mécanique vers les quais
- 7 revêtement dalles de béton 40 mm lit de mortier 30 mm
- 8 poteau soudé à partir de tôle acier 50 mm
- 9 goujons articulés sur un appui coulissant en acier inoxydable Ø 460 mm
- 10 pièce en fonte d'acier avec 6 ancrages vissés Ø 40 mm dans les fondations
- 11 éclairage encastré

Coupes de détail
Échelle 1:20

- 1 verre de sécurité feuilleté 22,8 mm sur système de profilés en aluminium
- 2 pare-close avec profil de recouvrement aluminium peint en blanc
- 3 panne profil acier □ 120/80/4-12 mm

- 4 panne en encastrement tôle acier soudée 15 mm
- 5 tôle acier 25 mm
- 6 tôle acier 15 mm
- 7 tube acier Ø 267/25 mm
- 8 profil spécifique poutre de rive pour la jonction de la marquise
- 9 raidisseur poutre de rive Ø 82,5/10,6 mm
- 10 poutre de la marquise profil creux en acier soudé
- 11 capotage tôle aluminium laqué en blanc 3 mm
- 12 pare close du vitrage profil aluminium
- 13 tôle aluminium 3 mm
- 14 grille de recouvrement
- 15 traitement résine époxy
- 16 profil de rive de toiture tôle acier blanche 4/6 mm
- 17 évacuation des eaux
- 18 poutre principale de la charpente de la halle profil acier creux soudé constitué de tube acier Ø 267/20-50 mm et tôle acier 15-40 mm

Page 618 Stade de tennis olympique

Avec sa candidature pour les jeux Olympiques de 2012, Madrid s'était donné un objectif ambitieux et avait décidé de construire, en prévision, un stade de tennis de 20 000 spectateurs. Malheureusement la ville n'a pas eu de chance: les Jeux de 2012 auront lieu finalement à Londres et la nouvelle candidature pour les jeux de 2016 n'a pas eu plus de succès même si, entre temps, Madrid serait capable avec toutes ses nouvelles réalisations sportives de proposer un concept économiquement plutôt séduisant. Mais, même sans Olympiades, ce centre de tennis absolument moderne et comprenant en tout 30 courts de tennis, une piscine et un club-house est justifié, ne serait-ce que pour accueillir les Madrid-open annuels et servir de siège à la fédération espagnole de tennis. En plus de cela, le stade est aussi utilisé pour d'autres grandes manifestations, des congrès, des concerts et accueille aussi des combats de boxe ou des jeux de hockey sur glace.

Le complexe s'étire au milieu de plans d'eau, entre la rivière Manzanares et un quartier résidentiel du sud de la ville. Les différents programmes flottent comme des îles sur les bassins. Organisés sur deux plans distincts, pour les joueurs et le public, et reliés les uns aux autres par des pontons. Le stade constitue le cœur du complexe, il regroupe les trois courts de tennis principaux, pour 12 000, 5 000 et 3 000 visiteurs et les enveloppe dans un tissage d'acier inoxydable translucide. La monumentalité des dimensions permet de créer des grands halls dans les interfaces entre les tribunes ou entre les façades; ils sont utilisés comme zones de circulation dans lesquelles la structure en béton massive et les tours d'escalier en acier apparaissent comme des sculptures monumentales. Le cube du stade est couvert de trois toitures qui se déplacent horizontalement ou qui peuvent aussi s'ouvrir par rabattement dans différentes positions à l'aide de vérins hydrauliques. Ces toits offrent donc plusieurs possibilités pour protéger les courts de l'ensoleillement

ou de la pluie et constitueront peut être un bon argument en faveur de Madrid pour la prochaine candidature aux jeux olympiques ...

Plan masse
Échelle 1:6000
Coupes · Plans
Échelle 1:2000

- 1 circulation joueur / presse
- 2 circulation public
- 3 places extérieures
- 4 stade
- 5 parking
- 6 court de tennis couverts
- 7 club-house
- 8 entraînement

Coupe
Échelle 1:100
Détail
Échelle 1:20

- 1 constitution de la toiture:
couverture tôle aluminium 65/400 mm
isolant laine de roche 100 mm
pare-vapeur feuille PE
tôle acier 1 mm
bac acier 60/160 mm,
isolé avec de la laine de roche
- 2 revêtement:
bac nervuré tôle aluminium 44 mm
laine de roche 40 mm
bac acier 60/160 mm
- 3 sous face de toiture:
bac nervuré tôle aluminium 44 mm
isolant thermique 40 mm
feutre acoustique
bac acier 60/160 mm,
isolé avec de la laine de roche
- 4 mécanisme d'ouverture hydraulique
- 5 poutre acier 900/1200 mm
- 6 traverses de façade tube acier □ 450/300/15 mm
- 7 poteau de façade HEB 450 galvanisé
- 8 tissage métallique acier inoxydable constitué de filins en acier Ø 10 mm et de bandeau en acier 10 mm
- 9 poteau profil acier 2x HEA 600
- 10 garde-corps en tôle acier galvanisée 1120/500/10 mm
- 11 tube acier □ 140/140/3 mm
- 12 tôle acier 520/530/15 mm

Coupes verticales · Élévations
Échelle 1:10

- 1 poteau de façade profil acier HEB 450 galvanisé
- 2 câble acier inoxydable Ø 10 mm, tendu entre les supports
- 3 support fait de plats acier □ 360/150/20 mm et 2x 100/150/15 mm, espacés de 1,50 m, soudés sur les poteaux de façade
- 4 tissage métallique acier inoxydable en bandeaux de 10 mm
- 5 vis acier inoxydable
- 6 filetage acier inoxydable Ø 16 mm

Page 626 Composer avec les assemblages

L'acier est disponible sous forme de semi-produits ou d'éléments partiellement préfabriqués, assemblés après-coup en atelier ou sur le chantier. Il faudrait tenir compte lors de la conception du type et du mode d'assemblage, du fait que le matériau n'ait plus besoin d'être retravaillé sur le chantier. Le traitement de l'assemblage devient un

élément signifiant formellement qui peut être exploité consciemment pour atteindre un rapport unifié et volontaire entre le matériau, la technique et l'expression. La suite de cet article présente les méthodes d'assemblage courantes et leurs expressions formelles.

Le fait que les assemblages soient «cachés» ou, au contraire, «thématisés» reste plutôt une question d'expression esthétique que de technique. Les sculptures d'Anatole Herzfeld et d'Anish Kapoor (ill. 1, 2) permettent d'illustrer des positions opposées dans les manières d'assembler l'acier. Alors que dans les sculptures en acier d'Anatole Herzfeld l'assemblage de différentes tôles grossièrement soudées est au premier plan, la sculpture d'Anish Kapoor «Cloud Gate» ne livre aucun indice sur son exécution. Environ 170 panneaux d'acier inoxydable constituent l'enveloppe externe réfléchissante, les cordons de soudure ayant été soigneusement meulés et polis en plusieurs étapes pour devenir réfléchissants.

Il est possible, comme dans l'architecture, de composer en affirmant les joints entre les différentes parties ou plutôt de trouver un mode d'expression plutôt monolithique (ill. 4, 5). Ces deux types d'écriture nécessitent avec l'acier apparent quelques connaissances préliminaires sur les méthodes d'assemblage.

Alors que jusqu'à la moitié du 20^e siècle le rivetage était la technique d'assemblage dominante et pratiquement la seule technique «mobile» dans la construction en acier on dispose aujourd'hui de quelques alternatives. En plus des principales structures soudées ou vissées la compression de tôles à l'aide de tampons et de matrices (clinchage), par exemple, présentent des alternatives de plus en plus courantes dans la construction en acier pour remplacer les soudures ponctuelles; les techniques de collage se développent aussi de plus en plus.

L'assemblage consiste à lier durablement ou fixer ensemble deux ou plusieurs pièces définies par leur géométries grâce à un matériau sans forme. La norme DIN 8593 compte neuf catégories d'assemblage

• Assemblage

Les éléments assemblés tiennent par leur forme, frottement mécanique ou apensanteur, il est par exemple question de suspension de tôles de revêtement ou de tuiles sur un toit

• Remplissage

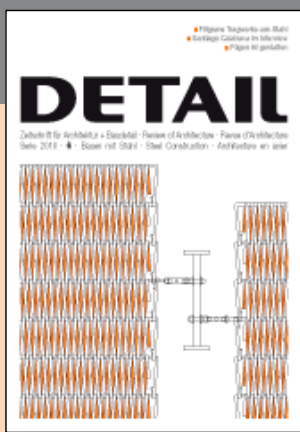
Le remplissage, assemblage en remplissant un espace intermédiaire avec une matière, n'est pas vraiment relevant dans la construction en acier

• Compressage, pressage

Il s'agit dans ce cas d'assembler les différentes pièces en conservant leur continuité structurelle et statique par une déformation élastique comme par exemple par vissage,

DETAIL Revue d'architecture

Abonnement édition originale (en allemand et anglais)



Nouveau : maintenant avec deux éditions spéciales DETAIL Green

L'édition originale de DETAIL (en allemand et anglais) comporte 12 numéros par an avec 2 exemplaires de DETAIL Green. Chaque numéro traite un thème constructif spécifique à partir d'exemples construits analysés en profondeur avec de textes, des photos et des plans. DETAIL, revue internationale d'architecture aborde la construction à partir de dessins de détail, à l'échelle et accompagnés de légendes exhaustives, mis au point spécialement pour chaque numéro.

Les avantages de votre abonnement :

- résumés en français des articles les plus importants à télécharger sous www.detail.de/traduction
- prix nettement inférieur au prix d'achat au numéro
- confort de la réception chez soi
- certitude de ne manquer aucun numéro

Titres pour l'année 2010 :

(Sous réserve de modification)

- 1/2 Construire en béton
- 3 Architecture de logements
- 4 Éclairage et intérieurs
- 5 Analogique et numérique plus DETAIL Green 1
- 6 Architecture en acier
- 7/8 Façades
- 9 Recherche et enseignement
- 10 Construire en bois
- 11 Constructions légères plus DETAIL Green 2
- 12 Thème spécifique

DETAIL abonnement :

■ abonnement classique

(12 numéros incluant 2 exemplaires de DETAIL Green)
€ 139,90*

■ prix étudiant

(12 numéros incluant 2 exemplaires de DETAIL Green)
€ 74,70*

■ mini-abonnement DETAIL Green

(2 exemplaires par ans)
€ 29,- (frais d'envoi non compris : € 7,20 Europe)

*Frais d'envoi non compris 12 numéros : € 43,- Europe.
Pour l'envoi dans les pays de l'UE sans No. VAT : 7% TVA en sus.

Conditions tarifaires 2010.

Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG • Postfach 201054 • 80010 München • Allemagne

Tel.: +49 89381620-0 • Fax: +49 8939 86 70 • E-Mail: mail@detail.de

Commandes en ligne : www.detail.de/abonner

serrage, agrafage, clouage, ourlage, clavage, haubanage

• *Assemblage par façonnage*

Le façonnage consiste à réaliser une pièce définie géométriquement à partir d'un matériau informe, par exemple de la fonte d'acier ou frittage. C'est une technique d'assemblage quand la masse informe est reliée à une pièce comme dans le cas du béton armé ou des pièces composites en béton et acier.

• *Assemblage par déformation*

Dans ce cas les différentes pièces à assembler sont déformées ensemble, par clinchage par exemple ou en pliant les tôles d'acier. La transformation peut s'effectuer grâce à une force mécanique, hydraulique ou électromagnétique.

• *Assemblage par soudure*

On fera plus loin la différence entre le soudage avec fonte du matériau et rajout éventuel d'un matériau pour assembler les deux pièces et le soudage sous pression qui permet d'assembler les pièces par pression mécanique (soudage goujonné, soudage ponctuel par exemple)

• *Assemblage par brasage*

à la différence du soudage on atteint pas par le brasage la température de fonte des pièces, c'est seulement le matériaux rapporté qui est liquide et qui relie les deux pièces

• *Collage*

Des pièces de matériaux identiques ou différents sont assemblés à l'aide d'un troisième matériau, l'assemblage se fait par des forces de cohésion et d'adhésion.

• *Assemblages textiles (pas encore normés)*

On entend les matériaux fibreux comme les fibres de carbone ou de verre. Les aciers peuvent aussi être assemblés selon une méthode dite «textile», c'est le cas par exemple des tissages métalliques constitués de fils d'acier ou de plats en acier.

Les assemblages sont soit démontables (vissage et agrafes) soit non démontables (soudage, clinchage, rivetage, collage). Le mode d'action des assemblages fait la différence entre les assemblage qui permettent de conserver une continuité de forme, une continuité statique ou une continuité de matériau.

Dans le cas des assemblages par emboîtement, il est question de deux éléments assemblés l'un à l'autre comme par exemple des vis ajustées, par rivetage ou assemblage en force (clinchage).

Dans le cas d'un assemblage en continuité statique, c'est la force de compression ou de frottement produite par exemple seulement par le vissage ou le rivetage qui garantit l'assemblage. Les assemblages peuvent préserver à la fois la continuité statique et celle de la forme.

Dans le cas des assemblages assurant une continuité de matériau, ce sont les forces moléculaires ou atomiques comme la cohésion ou l'adhésion qui agissent: les exemples sont le brasage, le soudage ou le collage.

Rivetage

Les rivets assemblent des éléments d'acier par la mise en œuvre d'une force de pression; cela implique beaucoup de travail et de bruit. C'est pour cela que le rivetage classique n'est presque plus utilisé ou seulement pour la restauration d'ouvrages en acier historiques. Il est aussi possible d'utiliser des vis spéciales avec une tête de la même forme que celle des rivets. Ces vis doivent être aussi éventuellement précontraintes pour que les éléments à assembler soient plus fortement comprimés et que l'assemblage ait toujours la bonne résistance, celle du rivetage historique. Dans le cas du rivetage la tête devient chaude et se dilate, en refroidissement elle subit un retrait ce qui comprime les éléments ensemble. Dans le cas du rivetage aveugle il n'est possible de travailler que d'un côté, dans le cas par exemple d'une structure avec un vide. Dans le cas du rivet pop on insert une pointe traversante dans le trou de rivetage qui sera tirée du côté du montage pour permettre au rivet de comprimer les deux pièces. La pointe est retirée à un endroit déterminé (ill. 6). Les assemblages ou les renforts des profils des tôles rivetées sont typiques des structures en acier historiques. On utilise le rivetage aujourd'hui principalement pour assembler des tôles fines, dans les constructions de façades par exemple.

Vissage

Les assemblages par vissage sont simples à réaliser, dépendent peu des conditions météorologiques et sont donc mieux adaptés au chantier que la soudure. Ce type d'assemblage démontable présente aussi l'avantage d'un bon recyclage éventuel des éléments. Par contre les assemblages par soudure sont plus résistants. Les structures vissées sont 10% plus lourdes que des structures soudées comparables. Parmi les formes de vis disponibles on utilise exclusivement des vis à six pans et des vis boulon à tête fraisée pour les structures porteuses architecturales en acier.

On dispose aussi de vis auto-taraudeuses qui remplissent toute la perforation sans jeu ou des vis brutes qui permettent une certaine tolérance.

Les auto-ajusteuses et taraudeuses doivent être utilisées quand aucun mouvement n'est admis entre les éléments assemblés, même minimal. Il faut toujours prévoir une rondelle sous le boulon, dans le cas des vis à haute résistance une rondelle sera aussi nécessaire sous la tête de vis. Les rondelles assurent l'application optimale des boulons ou des vis et permettent de répartir la pression sur le matériau. Les vis auto-taraudeuses créent elles-mêmes une perforation avec un filetage dans la pièce, les vis filetées se contentent d'un filetage dans un trou déjà existant. Ces deux types de vis n'ont pas besoin de boulon, elles sont souvent utilisées pour l'assemblage d'éléments de façade. On décrit ainsi les vis: d'abord le type de

vis, le type de filetage, le diamètres et le matériaux de la vis.

Les vis à haute résistance M20 10.9 signifient à peu près: vis auto-taraudeuse à haute résistance avec un filetage métrique de 20 mm de diamètre faite d'un matériau de qualité 10.9. Dans ce cas le chiffre avant le point 1/100 de la résistance en N/mm², dans ce cas donc 1000N/m². Le chiffre derrière le point donne le quotient de tensions du seuil de plasticité par rapport à la cassure. On fait la différence entre les vis de résistance normales (par ex. 4.6 et 5.6) et les vis à haute résistance (par ex. 8.8 et 10.9). Les vis à haute résistance peuvent être précontraintes. Alors que les assemblages par vissage non précontraint sont sollicités principalement au cisaillement, avec la pré-tension les efforts sont transférés principalement par la force de frottement des surfaces en adhésion des deux pièces et par la pression qui s'effectue sur elles, cela crée un assemblage particulièrement rigide résistant au glissement. Quand on dépasse la force de la pré-tension, l'assemblage se comporte comme un assemblage vissé normal.

Soudage

Dans le cas du soudage, deux aciers avec les mêmes ou des caractéristiques proches sont fondus ensemble en passant par l'état liquide (soudage avec fonte des pièces assemblées) ou par une déformation plastique (soudage par compression). Cela se fait à l'aide ou non d'un autre matériau pour remplir le cordon de soudure. Du fait du flux des forces qui n'est pas interrompu le soudage permet d'obtenir un assemblage optimal des pièces d'acier et, par exemple, de jonctions rigides.

Il faudrait éviter de souder sur le chantier; la préfabrication en atelier permettant d'exploiter au mieux les équipements pour garantir un bon préchauffement des pièces par exemple. À côté de cela la forte surchauffe de l'acier modifie sa structure en réseau cristallin, ce qui a pour conséquence la modification des caractéristiques du matériau et la formation de tensions internes. Il est possible de remédier à cela en atelier par un traitement postérieur à chaud. De la même façon, le zingage ou la protection contre la corrosion peuvent être abîmés sur le chantier. Il faut, dans ce cas, veiller tout particulièrement à la réparation après coup de la protection anti-corrosion. Le travail sur le chantier devrait donc se réduire autant que possible au montage.

Pour les travaux de soudure sur des constructions en acier existantes il faut faire attention que les éléments soumis à des efforts ne soient pas affaiblis par des surchauffes locales. Tous les aciers ne se prêtent pas au soudage; en dehors de la teneur en carbone, d'autres facteurs influencent les caractéristiques de l'acier: la composition chimique, la sensibilité à la friabilité, le mode de désoxydation et la mise en chauffe (par ex. un déformation à froid). On a mis

au point le CEV (Carbon Equivalent Value) pour pouvoir comparer les différents alliages d'aciers et déterminer la soudabilité d'un alliage selon sa teneur en carbone.

Une petite valeur signifie une bonne soudabilité, dans le cas des valeurs élevées le préchauffage des pièces peut être nécessaire. À partir d'une teneur en carbone de 0,8% l'acier n'est plus soudable. La possibilité de soudage de l'acier se comporte proportionnellement à l'opposé de cette dureté qui dépend du taux de carbone. Les alliages d'acier à taux bas sont donc plus aptes à être soudés mais sont moins durs alors que les alliages forts font preuve d'un mauvais comportement au soudage. En revanche il est possible avec des traitements thermomécaniques d'améliorer la dureté des acier même avec un taux CEV fort. En plus des traitements à chaud des aciers, avant et après le soudage, la formation du cordon de soudure a une signification décisive. Il faut veiller à l'accomplissement complet de la soudure. Le processus de soudure est déterminé par la forme à donner au cordon de soudure et par sa largeur, par l'épaisseur des tôles et par la géométrie d'assemblage. L'apparence des cordons de soudure peut être déterminée sur la base d'échantillons produits par l'entreprise; dans tous les cas il faut bien définir en amont le type des soudures qui resteront apparentes. Si le cordon de soudure ne doit pas être visible, dans le cas de grandes surfaces de tôle par exemple il est possible de le meuler entièrement. On ne discerne à ce moment là l'assemblage que dans une différence de coloration si, bien sûr, l'acier n'est pas recouvert d'un traitement de surface. Le cordon de soudure peut aussi, au contraire être exploité comme un élément participant à la composition. Dans les constructions avec des aciers résistants aux intempéries il faut s'assurer que le cordon de soudure est lui aussi résistant. Un traitement après coup accélère la corrosion et assure une apparence homogène. Au delà de cela les cordons de soudure ont des conséquences sur les coûts; la formation d'un cordon en relief est moins coûteuse qu'un cordon abrasé. Les deux méthodes les plus courantes sont la soudure à l'arc et la soudure dire oxy-gaz.

Dans le cas du soudage à l'arc, un arc entre deux électrodes produit la chaleur qui fera fondre les deux pièces: une des deux pièces produit une électrode, la deuxième le cordon de soudure. Le procédé oxy-gaz est une variante de soudure à l'arc dans laquelle le courant de gaz évite une réaction du métal due à l'air extérieur.

Dans le cas du soudage de goujons, un processus de soudage en compression l'arc lumineux est allumé sans fil de soudure supplémentaire entre les pièces en métal à assembler ce qui permet de les faire fondre ponctuellement. L'assemblage s'effectue alors sous une légère pression. Ce procédé est utilisé pour souder des petites pièces dans les constructions composites acier et

béton, les têtes de goujon par exemple. En plus, le soudage au gaz ou le soudage autogène sont aussi assez importants, on utilise des bouteilles de gaz portables et pas d'électricité. Ce procédé est donc mieux adapté au chantier, particulièrement pour les réparations dans le domaine du chauffage ou des sanitaires. L'épaisseur des pièces est limitée à environ 6 mm techniquement difficilement contrôlable et la vitesse de soudage est faible.

Fixation directe

On entend par fixation directe les goujons, pointes ou goujons filetés qui permettent de fixer des pièces en acier, en bois, des isolants ou aussi du plastique, directement sur de l'acier, du béton ou de la maçonnerie. Dans ce cas, la mise en place du goujon se fait en une seule phase de travail. La rapidité du travail présente donc un avantage particulier; il est possible de mettre en place jusqu'à 600 goujons en une heure. Les autorisations accordées aux outils dépendent des pays.

L'énergie explosive est transmise au goujon par le biais d'un piston; le matériau porteur se déforme par l'insertion plastique du piston. Cette technique rend aussi possible de ralentir le procédé sans perdre d'énergie et d'éviter que le goujon ne poinçonne les matériaux de plus faible épaisseur. L'énergie qui est transférée par l'explosion du carburant gazeux sur le goujon permet la mise en place directe, le pointage du goujon dans les matériaux durs comme l'acier. Il faut respecter les épaisseurs minimum en fonction des matériaux, du type de goujon et des outils – pour les tôles acier entre 0,6 et 0,75 mm. À partir d'une tôle d'environ 3 mm on conseille de faire un avant trou d'un diamètre inférieur à celui de la pièce d'assemblage pour éviter des bords retroussés au moment de la mise en place du goujon qui créera une cavité entre les tôles à assembler.

Il y a différents types de goujons en fonction des matériaux à assembler, un outil adapté à chaque type de goujon est à utiliser. L'énergie utilisée pour la mise en place du goujon est produite en général en allumant une cartouche de carburant inflammable en poudre ou alternativement en allumant un gaz comprimé ou au moyen d'air comprimé. Les outils du marché permettent la pose de boulons pouvant atteindre 5 mm de diamètre dans de l'acier massif. La pose de plus gros goujons nécessiterait des outils qui ne tiennent plus dans la main. Lors de la conception il faut tenir compte de la place nécessaire au montage puisque les points de fixation doivent pouvoir être parfaitement atteints avec l'outil qui doit être perpendiculaire à la pièce.

On fixe souvent directement des tôles nervurées, des caissons et aussi des matériaux composites dans la construction métallique. Les tôles sont généralement assemblées par des pointes; pour suspendre des installa-

tions techniques et pour assembler des profils profilés on utilise plutôt des goujons filetés, avec des rondelles et des écrous traditionnels. Cela permet de réaliser des assemblage démontables. Il est possible d'adapter la position des fixations pendant le montage en prévoyant des pré-perforations plus grandes; à contrario des assemblages cloués qui sont tout de suite définitifs. Si l'on pose des goujons filetés dans des petites pré-perforations un montage unilatéral est possible, sans traverser le matériau, le traitement de surface de l'autre côté n'est pas touché. Les structures extérieures ou exposées aux intempéries doivent être assemblées avec des goujons en acier inoxydable ou équipés de protections; en revanche, à l'intérieur, les goujons peuvent demeurer non traités. La structure plissée du terminal de navigation de Yokohama par Foreign Office Architects est une grande structure qui a été montée par assemblage direct: la structure pliée qui peut atteindre 100 m de portée est constituée de tôles en acier résistantes au feu fixées sur des poutres treillis en acier. Au moment de l'effet de la chaleur dû au soudage les tôles fines se seraient trop déformées; comme les aciers résistants au feu conservent leur portance jusqu'à des températures qui peuvent dépasser 600°C des pointes résistantes au feu spéciales en acier inoxydable ont été mise au point et font preuve de très bonne caractéristiques mécaniques et d'une bonne résistance à la corrosion.

Clinchage/assemblage en force

Le clinchage est une méthode qui permet d'effectuer des assemblages ponctuels; le point d'assemblage est obtenu en pressant deux ou davantage tôles au moyen d'un poinçon et d'une matrice. C'est ainsi que le matériau est déformé comme dans la méthode du repoussage. Les pièces à assembler sont assemblées par cet effet de repoussage et l'assemblage ne nécessite ni matériau supplémentaire, ni pré-perforation. L'assemblage s'effectue aussi sans réchauffement ce qui évite de créer des tensions dans le matériau comme dans la soudure par exemple.

Il est aussi possible d'assembler des matériaux de différentes natures par le clinchage, en particulier des matériaux qui ne sont pas soudables comme par exemple les aciers aux traitements de surface organiques. Les traitements de surface et les protections à la corrosion peuvent aussi rester intactes quand le clinchage est effectué avec soin, il est possible en revanche que l'épaisseur du traitement de surface diminue en conséquence du changement de géométrie après l'assemblage.

Le peu d'énergie consommée présente un autre avantage du clinchage vis-à-vis du soudage ponctuel tout comme les coûts bas, la propreté et le silence du travail et le fait qu'aucun déchet n'est créé. La résistance correspond à celle du soudage ponctuel; la

durabilité est plus importante puisque aucun matériau supplémentaire n'est nécessaire. Si on rajoute un rivet dans les tôles une fois les pièces assemblées par clinchage on parle de rivet poinçonné. Ce processus est très important dans l'industrie automobile et le montage des carrosseries: le clinchage est intégré aux processus industrialisés il est aussi possible de l'effectuer avec des outils mobiles.

L'assemblage en force présente une alternative au rivetage et au vissage tout particulièrement dans la construction en acier légère puisque dans ce cas là on utilise des tôles minces et des profils formés à froid sur lesquels cette méthode est optimale: La soudure n'est pas une alternative puisque elle peut détériorer le zingage des profils légers minces. Comme on préfabrique des éléments complets l'assemblage peut être automatisé en atelier.

On utilise le clinchage sur le chantier, en dehors de la construction légère surtout pour la fixation d'éléments de façade, en particulier les tôles acier inoxydables sur les structures porteuses.

Il faut particulièrement veiller aux aspects suivants lors des assemblages en force.

- la zone d'assemblage doit être accessible des deux côtés
- sens d'assemblage les tôles les plus épaisses sur les tôles les plus fines
- la tôle la plus fine ne doit pas être plus fine que la moitié de la tôle la plus épaisse
- l'épaisseur maximale globale de l'assemblage fait environ 6 mm
- l'épaisseur maximale diminue proportionnellement aux qualités mécaniques de l'acier mis en œuvre.

Collage

Le collage présente une autre possibilité d'assembler entre elles des pièces métalliques tout comme de les assembler avec d'autres matériaux: c'est encore une technique relativement nouvelle et qui est en pleine évolution et développement. Pour l'instant, c'est surtout la résistance à la chaleur très faible de la colle qui présente un obstacle qui explique que le collage est encore très peu utilisé en architecture et en tout cas beaucoup moins que dans la fabrication de produits industriels comme la construction aéronautique par exemple: c'est ainsi que la moitié des assemblages des avions sont collés. Un avantage important du collage par rapport à la soudure est qu'il ne cause aucune modification des caractéristiques des matériaux et qu'aucunes tensions n'apparaissent. Dans le cas d'assemblages de différents matériaux, l'élasticité de l'assemblage collé peut être avantageuse pour reprendre les différentes dilatations liées aux températures. Le collage est déjà souvent utilisé pour les fixations cachées des tôles de façade sur la structure porteuse qui peut être aussi bien en bois qu'en métal. Le montage de panneaux de façade n'est possible sans supplément d'assurance mécanique

que jusqu'à une certaine hauteur, en fonction des réglementations propres à chaque pays, en général trois étages. Le collage en architecture intérieure est moins problématique. Les zones de collage doivent être conçues pour répondre à la force d'apesanteur avec des joints biseautés plutôt qu'émoussés. Ce qui est important pour les assemblages autorisés est la bonne préparation des fonds, par un bon nettoyage ou un apprêt spécifique.

Matériaux composites

Une utilisation courante des techniques de collage dans la construction se fait dans les panneaux sandwich et les autres pièces formées à partir de différents éléments composites compressés. Les matériaux sandwich sont constitués de deux couches de recouvrement, en tôle d'acier par exemple et d'un noyau intermédiaire en PUR ou autre plastique: on réalise des murs et des toits particulièrement économiques à partir d'éléments sandwich standardisés. Il est aussi possible de réaliser un mur mitoyen en tôles acier enrobé de mousse de verre dans lequel les différentes pièces sont assemblées par des colles spéciales.

Dans beaucoup de matériaux composites l'épaisseur du noyau reste relativement mince, la plupart du temps inférieure à 1 cm, c'est le cas par exemple des panneaux polymères. Cela permet de réduire le poids des pièces tout en assurant une bonne rigidité et une bonne isolation acoustique, dans les escaliers par exemple. L'épaisseur de noyau pu aussi être alvéolaire ou ondulée plutôt qu'en plastique.

Ce type de matériau en panneau peut être coupé, cintré et emboutis. Les assemblages se font avec des rivets et par collage.

Systèmes et modes de construction composites

Du fait du même comportement à la dilatation de l'acier et du béton le composite béton acier est le mode de construction composite le plus important. On peut là aussi parler, par définition, d'assemblage, un assemblage par déformation qui consiste à insérer dans la masse de béton informe des éléments en acier pour améliorer la résistance. Grâce à l'action composite l'acier assure le transfert des charges dans la portion du profil soumise à la traction: l'effet composite entre les surfaces lisse des aciers et le béton, comme c'est le cas dans les dalles composites est assuré par plots ou des consoles et, dans les structures de dalles par le bon profil des tôles, en fonction du béton de remplissage. Les aciers d'armature ont une section au rainurage spécifique. On peut améliorer la résistance au feu des parties structurelles porteuses par les méthodes de construction en béton armé, les poteaux composites et différents systèmes de plancher pour pouvoir éviter de rajouter un revêtement ou un enduit de protection incendie spécifique.

L'assemblage de l'acier n'est pas seulement une question formelle pour la qualité de l'enveloppe extérieure mais devrait être traitée dès la conception d'une structure en acier, tout particulièrement quand la structure reste non habillée.