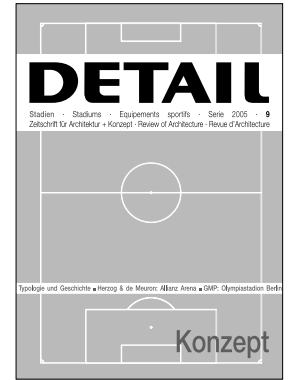


DETAIL – Revue d'Architecture

2005 □ 9 · Equipements sportifs

Résumé françaisTraduction:
Xavier Bèlorgey, architecte
E-Mail: xbelorgey@aol.com

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

<http://www.detail.de/Archiv/De/HoleHeft/162/ErgebnisHeft>**Page 896****Les stades: «mise en scène et auto expérimentation des masses»**

Depuis l'Antiquité, les stades sont au service de la mise en scène et de la prise de conscience d'elles-mêmes par les masses. Les sociétés pour lesquelles les stades sont conçus par les architectes ont changé et, avec elles, les conditions qui s'imposent aux stades. Dans les cités grecques de l'antiquité primitive ce furent d'abord le lieu de compétitions culturelles qui se sont transformées en compétitions d'athlétisme servant des intérêts patriotiques et surtout l'auto justification de l'oligarchie dominante. Ces stades devaient contenir toute la population de la ville. Les fêtes de masses deviennent des instruments de la structure de domination de l'«Imperium Romanum» dont les populations des métropoles devaient être occupées et contrôlées selon le principe «panem et circenses». C'est seulement plus tard, à d'autres époques de pouvoir absolu, que naît en France l'idée de conserver des stades antiques, comme entre autres le Colisée romain et même de les remettre en fonction. Etienne-Louis Boullée a ainsi présenté au début de la Révolution son projet d'Arène, conçu encore sous la royauté: un stade comme un Colisée circulaire pouvant accueillir 300 000 spectateurs. Après la Révolution, en 1790, le Stade des Temps Nouveaux est réalisé sur le Champ de Mars de Paris pour accueillir 50 000 citoyens de la nouvelle donne politique. Pour la Fête de des Fédérés, un an après la prise de la Bastille, les citoyens érigent un stade de terre monumental avec de grands arcs en bois. C'est là que le couple royal, 50 000 représentants des nouveaux départements et les responsables de la garde nationale ont porté serment sur la nouvelle constitution devant une foule qui, même si elle était encore écartée des droits actifs politiques, représentait la «fraternité» au sein de la «Grande Nation». La véritable renaissance du stade construit pour les masses, aux 19e et 20e siècles, est liée à l'idée olympique. Pierre de Coubertin a été le plus important initiateur d'un mouvement sportif nationaliste

ayant pour thème: «culte de l'honneur et désintéressement, ...Œuvre du perfectionnement et satisfaction sociale». L'hippodrome d'Hérode Atticus, mis à jour depuis 1869 par des archéologues allemands a été reconstruit en 1896, comme don de l'homme d'affaires grec Averoff, pour les jeux pan helléniques avec une cérémonie d'ouverture accueillant 40 000 visiteurs.

La jeune Allemagne impériale a, elle aussi, cherché sa place dans la compétition internationale et d'accueillir les jeux olympiques de 1916 à Berlin. C'est ainsi que l'histoire du stade olympique berlinois débute, avec la construction d'un «Stade Allemand» au cœ�ur du champs de courses hippiques de Grunewald. Autrement que celui d'Athènes, le stade allemand, d'après une esquisse d'Otto March pouvait contenir 30 000 spectateurs et était disposé en fonction des différentes disciplines olympiques avec, au centre, des terrains de compétition d'athlétisme, de sports cyclistes et une piscine, au nord, avec un couloir de 100 mètres de long. Le football n'avait pas encore d'importance. Les jeux n'eurent pas lieu à cause de la 1e guerre mondiale et la nouvelle république qui fit suite à la capitulation de l'empire fut d'abord écartée des jeux.

La république de Weimar a cependant posé sa candidature à l'époque difficile de la crise internationale de 1930 et obtint avec succès les jeux de 1936, encore une fois à Berlin. Les fils d'Otto March Walter et Werner s'attaquèrent tout de suite à la transformation du «Stade Allemand». Ils continuèrent le projet, même après l'arrivée au pouvoir des national-socialistes, qui obtint sa forme définitive sous l'influence de l'architecte d'Adolf Hitler, Albert Speer, entre 1933 et 1936. Le «Reichsportfeld» a été conçu en plus du stade olympique pour accueillir toutes les disciplines et pour, à la manière monumentale antique, constituer un ensemble paysagé et urbain exceptionnel prêt à provoquer l'admiration dans le monde entier. Les jeux de 1936 se sont déroulés dans une fascinante et étonnante ouverture au monde avec, pour la première fois l'apparition et l'utilisation ciblée des technologies de communication les plus modernes comme la re-

transmission, en première mondiale, par Telefunken de la cérémonie d'ouverture en direct. L'Œuvre filmée de Leni Riefenstahl, la scène installée dans la forêt pour le poète nazi Dietrich Eckart, commandée par le ministre de la propagande Goebbels sur le modèle du théâtre grec d'Épidaure, la première flamme olympique transportée d'Olympia vers Berlin par un relais d'athlètes pour embraser du feu olympique un trépid au dessus de l'arc des marathoniens, le clocher érigé dans l'axe du stade avec l'inscription «j'appelle la jeunesse du monde», le cénotaphe aux morts de la bataille des Flandres de 1914 inspiré d'un temple égyptien, le dôme de lumière éclairant le ciel lors de la cérémonie d'ouverture nocturne; tout était mise en scène de l'entraînement sportif et de la propension à la mort héroïque. Celle de l'auto expérimentation des masses fut dévastatrice et lourde de conséquences. Deux ans plus tard Hitler déclarait la 2e guerre mondiale qui mettrait l'Europe en ruine. Quand, en 1972, la République fédérale pu à nouveau accueillir les Jeux, la scénario était tout autre. Le site olympique munichois mettait en scène le sport dans le paysage comme une chorégraphie de formes libres, sous des toits transparents et dans des couleurs printanières sur des pentes de verdure. C'était la vision construite d'une société qui est devenue, de plein droit, un monument du paysage urbain.

Les récentes modernisations des nouvelles constructions de la Coupe du monde de football de 2006 suivent la stratégie de marché actuelle et typique du football professionnel avec pour conséquence le renouveau de l'auto expérimentation des masses. Au lieu du stade populaire conçu pour tous les sports il est désormais question de la marchandisation maximum du spectacle privatisé, dans des stades dédiés exclusivement au football et mis en scène pour différents groupes de consommateurs: VIP, business, presse, citoyen normal, fans, tous séparés en catégories de consommateurs. Les tribunes sont strictement divisées selon les différentes classes, tout comme les lounges, les loges, les ascenseurs et les accès. L'auto expérimentation des masses devient

une torpeur émotive payante et organisée avant d'être l'émotion collective reflétée, par des couvertures de tribune fermées, en une clameur orgiaque, fidèlement au vieux dicton bohème: «quand les drapeaux claquent, la raison est dans la trompette».

Le 21^e siècle sera encore plus que le précédent une ère de la communication et, malheureusement, encore plus, de la manipulation. N'importe qui peut, comme jamais, grâce aux nouvelles technologies, entendre, parler, voir et prendre part à distance aux phénomènes publics et en être aussi influencé. C'est bien à l'être humain et à son besoin inné d'être présent physiquement, avec tous ses sens dans la mise en scène de la vie et de se donner, avec une sensation de puissance, comme partie de la masse que l'on est redevable, indépendamment des médias électroniques, de la construction physique des stades, avec toujours plus de soins, depuis 200 ans, et que l'on ne se contente pas de les simuler par les médias. En cela les milliards de téléspectateurs constituent la cible ultime de la réclame d'un produit pour la société de consommation. Le public dans le stade exprime pour la télévision, par sa figuration de masse un bain de masse virtuel qui devient ainsi lui-même un élément de la mise en scène de la publicité. La construction de stades a toujours été pour les maîtres d'œuvre, à toutes époques, un fascinant défi architectonique. L'homme en est le centre, en tant que masse et en tant qu'individu.

Page 916

La composition des stades – entre fonction multiple et transformation

La dernière décennie a vu l'apparition d'un nouveau type de stades qui rappelle des images connues de l'histoire: le stade de Delphes (5^e s. av. J.C.) avec sa piste en U et ses tribunes comme des murs de terre suivant la topographie. On a aussi en tête l'amphithéâtre d'Epidaure (4^e s. av. J.C.) avec ses gradins très raides et, bien sûr, le Colisée de Rome (70–80 ap. J.C.), le modèle de toutes les arènes ultérieures comme celles de Nîmes, Arles ou Vérone. Ses tribunes, assurent à environ 50 000 spectateurs la vue sur l'arène elliptique. L'ouvrage de 187x155 m et 51 m de haut est la première arène multifonctionnelle de l'histoire de l'architecture, elle accueillait des spectacles allant du combat de gladiateurs aux joutes nautiques. Elle pouvait aussi s'adapter au temps grâce à ses vélums. Par contre, alors qu'à Rome les manifestations étaient gratuites pour les citoyens, en application du principe «panem et circenses», les complexes sportifs subissent aujourd'hui une pression économique très forte. La commercialisation à l'extrême en est la cause. C'est ainsi qu'apparaissent, en plus des surfaces nécessaires aux spectateurs, d'autres surfaces

qui ne servent qu'à la vente de biens de consommation ou qui sont louées pour des conférences ou des réunions. Le lieu de rencontre des sportifs et de leur admirateurs devient un «business-club». Le sport demeure une émotion mais aussi un commerce.

Arènes et stades dans l'Antiquité et aujourd'hui

L'«arena» (lat. sable) est à l'origine un lieu de combat recouvert de sable, dans un amphithéâtre, un cirque ou un stade. Aujourd'hui la notion d'arène ne définit plus l'espace d'une action mais un bâtiment dans son ensemble, qui se transforme en support publicitaire avec l'ajout au mot arène du nom d'un sponsor, selon la coutume américaine. C'est ainsi que les Allianz-Arena (Munich) ou AOL-Arena (Hambourg) sont créées. Le «stadion» (gr.) est une unité de longueur antique faisant entre 177 et 192 mètres. La totalité du complexe de compétition se réfère à cette longueur qui donne aussi la mesure de la piste et des gradins. Dans les stades modernes qui sont aussi prévus pour l'athlétisme, une piste de 400 mètres encercle une pelouse centrale. Les terrains de saut ou de lancer sont organisés dans espaces résiduels en longueur ou dans les courbes. Les tribunes périphériques, la plupart du temps couvertes, offrent au public des places assises ou debout. Stades multifonction et spécifiques Pour répondre aux besoins de confort, presque tous les nouveaux stades européens sont couverts. Certains ont des toitures amovibles qui permettent d'élargir les possibilités de manifestations. L'espace intérieur peut donc être exploité toute l'année indépendamment des conditions météo. Un tel type de bâtiment correspond typologiquement à l'amphithéâtre antique romain avec ses rangs de gradins circulaires. Il existe aussi des stades spécifiques dont la forme est définie par la fonction: les stades de baseball, les stades d'athlétisme ou les stades de football rectangulaires avec 4 tribunes. Les motivations pour la construction de nouveaux stades

La plupart des stades des années 70 sont à rénover. La comparaison des budgets de remise en état ou de construction neuve répondant aux nouveaux profils des manifestations, penche presque toujours en faveur de la construction neuve ou de la reconversion totale. L'accord de la FIFA d'organiser en 2006 les championnats du monde de football en Allemagne est à l'origine du boom de la construction de stades. En général la construction d'un stade est à la charge de l'état et des communes. Les mauvaises conditions économiques les forcent à chercher des investisseurs privés, les concessions à des développeurs privés rapportent aussi de l'argent dans les caisses. C'est ainsi que les financements nécessaires d'un stade influencent de plus en plus son profil et la nature des ses équipements. Les pro-

fits attendus définissent l'organisation des différents modules fonctionnels.

Retransmissions et télévision

La BBC retransmet pour la première fois en 1937 «live» un match Manchester United-Arsenal London. C'est le début de la transformation du monde des sports. L'événement sportif n'a plus lieu seulement in-situ, mais aussi chez soi, sur le canapé. L'ambiance et l'atmosphère d'un jeu deviennent un événement mondial dont la stratégie de commercialisation influence de plus en plus la conception d'un projet de stade. Cela a d'énormes conséquences sur l'organisation et les installations techniques. L'éclairage devient essentiel, seuls 1500 Lux peuvent assurer la bonne retransmission télévisée et des images de bonne qualité même au ralenti. Les chaînes de télévision ont aussi besoin de place pour leurs camions de retransmission. Les commentateurs analysent le jeu à partir des meilleures places des tribunes. Ils sont assis à des tables avec plusieurs écrans ou à des pupitres avec des ordinateurs portables et avec un branchement au téléphone et à Internet. Les salles de presse assurent l'échange direct et rapide des informations. Les reporters peuvent interviewer les sportifs dans les espaces «flash-interview» de la «mixed-zone». Les anglicismes employés prouvent l'influence de la culture sportive américaine, même sur les médias et expriment bien le caractère international du sport.

«Lounge» et loges

À la différence des stades anciens, les stades actuels disposent de nombreux espaces en location. La plupart sont utilisés par les spectateurs VIP. On fait la différence entre les «lounge» et les loges. La loge est une pièce séparée de 30 à 50 m² louée à long terme et accessible pour son locataire même hors des périodes de jeu. On a, de là, une vue libre sur le stade. L'aménagement comprend en général une table de conférence avec une desserte pour un éventuel buffet. Un bar, des vestiaires et des rangements font aussi partie du standard. En fonction du confort, des cabines de WC peuvent aussi être installées. Les places assises sont en général directement devant la loge pour ne rien perdre de l'effet acoustique du «live». Les loges elles-mêmes sont isolées acoustiquement pour que l'intérieur puisse être utilisé même pendant les manifestations. Les «Business-seats» constituent une autre offre et peuvent être réservés, principalement par des hommes d'affaire qui s'intéressent au sport.

Parti gastronomique

La gastronomie est en général divisée en trois secteurs en fonction des structures de visiteurs :

- Kiosque ou «shop» pour les visiteurs qui viennent pour une manifestation spécifique
- Restaurant, pour les visiteurs, pour la plu-

part indépendant des matchs sportifs

- Loge/lounge VIP pour les visiteurs d'affaires qui viennent toute l'année soit en fonction des jeux soit indépendamment.

Sécurité

Les aspects techniques de la sécurité sont très en amont lors de la conception d'un lieu de spectacle. Là où des masses se retrouvent le «crowd-control» connaît une attention toute particulière. Toutes les mesures qui participent au bon déroulement des jeux dépendent par exemple du fait que les spectateurs puissent facilement trouver leur place, qu'ils puissent simplement trouver des réponses à tous leurs besoins lors des pauses et surtout que l'évacuation du stade puisse être assurée rapidement et sans encombre. Selon les «FIFA-Safety-Guidelines» un ouvrage doit être divisé en 4 secteurs, si cela n'est pas obtenu en plan, des grillages de 2,50 m de haut peuvent être obligatoires. Dès les esquisses, la disposition des plans de circulation et des moyens de liaison verticaux définissent les bases de la sécurité. La bonne orientation est un aspect important. Le spectateur doit pouvoir se retrouver facilement et être aidé par la communication visuelle. C'est particulièrement important en cas d'urgence, quand les sorties de secours doivent être vite atteintes. Lors des matchs de foot émotionnels, la sécurité des joueurs et des arbitres est importante. La sécurité des clôtures du terrain influence le tracé géométrique des tribunes et leur lignes de vue. Il y a 4 possibilités :

- Une clôture de 2,20 m (construction métallique ou verre de sécurité)
- Un fossé difficile à franchir ou la combinaison fossé-clôture
- La surélévation du premier rang de sièges de 2,50 m (pour la FIFA, 2,00 seulement pour les directives allemandes)
- La sécurité des espaces intérieurs par le renfort des forces de l'ordre.

Ligne de vue

La raison de venir voir un match de football est liée à l'expérience du direct. C'est pour cela que la vue sans restriction sur le terrain est une condition importante pour le concepteur. La hauteur décisive au-dessus de laquelle le spectateur doit pouvoir voir est fixée traditionnellement à 90 cm, la hauteur de la bande publicitaire. Celle-ci entoure le terrain à une distance de 4 mètres de la ligne de terrain externe. La distance minimum entre le rang le plus bas et le terrain est de 6 mètres pour les côtés longs et 7,50 mètres pour les petits côtés. Plus le premier rang est loin du terrain plus la vue est bonne, les lignes de vue s'aplatissent et l'on peut mieux voir au delà de la personne qui est devant. Par contre cela va contre la volonté des producteurs qui préfèrent que les spectateurs soient le plus près possible du terrain pour que l'ambiance s'échauffe plus vite.

La plupart des stades sont conçus, à cause du nombre de leur spectateurs, comme des

stades à deux balcons et ont en conséquence deux niveaux de distribution principaux. La hauteur de ces niveaux dépend du principe de distribution des tribunes pour lequel il y a principalement 2 possibilités :

- les accès sont en deçà des tribunes et forment des avaloirs.
 - les tribunes sont distribuées par le haut, l'accès aux places se fait en descendant
- La dernière solution est la plus efficace, aucune place assis n'est sacrifiée, à la différence de la première solution. Le désavantage est que tout le monde doit monter assez haut, par des rampes ou des escaliers

Zones spectateurs

Les circulations des différents groupes d'utilisateurs doivent autant que possible ne pas se croiser. La presse et les médias, les VIP, les supporters locaux ou invités nécessitent des circulations distinctes.

Les distributions verticales s'effectuent en règle générale par des tours d'escalier. En cas de panique elles permettent d'assurer l'évacuation rapide. La nouvelle réglementation pour les lieux recevant du public impose une unité de passage de base de 60 cm (une largeur d'épaule). C'est donc à partir de cette unité que sont calculées les largeurs de circulation d'escalier et de marche. Un escalier ne doit pas être plus étroit qu'1,20 m et ne pas dépasser non plus 2,40 m pour ne pas être éloigné de plus d'une personne par rapport à la rampe et donc diminuer les risques de chute.

Les espaces de séjour et les zones de circulation sont conçus dans la plupart des stades comme des passages ouverts et continus organisés derrière les tribunes avec une vue vers l'extérieur. Les kiosques et les toilettes sont la plupart du temps dans les espaces résiduels sous les tribunes. Quand les circulations publiques sont entourées de façades, il faut considérer les coûts d'investissement par rapport à l'augmentation des recettes, dus au gain de confort.

Organisation du terrain de jeu

Dans l'hémisphère nord une orientation des terrains nord-sud tournée d'environ 15 degrés vers l'ouest est idéale. Pendant les jeux de fin d'après-midi, aucun des gardiens de but ne sera ébloui par le soleil. Les places assises les plus chères sont majoritairement à l'ouest, quand les spectateurs ne doivent pas avoir dans la vue les rayons horizontaux du soleil de l'ouest. C'est aussi la position traditionnelle de la tribune d'honneur. En analysant les premières mesures d'amélioration prise dans l'histoire des stades on peut voir qu'elle furent toutes menées à l'ouest, que ce soit les couvertures ou les extensions fonctionnelles. Et cela n'est pas seulement valable pour les secteurs VIP mais aussi pour les premiers vestiaires des joueurs.

Terrain et gazon

Une pelouse a besoin d'eau et de lumière

pour pousser et d'air pour sécher. Les nouveaux stades très profonds sont souvent très raides et hauts et leur géométrie fait souvent de l'ombre sur le terrain en posant d'importants problèmes pour le gazon. Les toitures complètes, si elles ne sont pas perméables aux UV ne font que renforcer le problème. Si le gazon est arrosé artificiellement et naturellement il faut que la circulation de l'air soit suffisante pour que l'herbe puisse aussi sécher, c'est à cela que servent souvent les grandes ouvertures dans les angles des stades. Une ventilation insuffisante peut aussi être soutenue par une soufflerie mécanique. Si la lumière du soleil n'est pas suffisante et que la pelouse est dans l'ombre, le problème n'est soluble que par le changement coûteux de la surface de gazon.

Un autre principe est celui du gazon en modules qui permet de changer des éléments de gazon mètre carré par mètre carré. Le désavantage, là encore, est dû aux coûts d'investissement et d'entretien. Comme le gazon a besoin de temps pour se régénérer, il faut prévoir une surface d'au moins deux fois celle du terrain hors du stade pour la production des modules. Il est donc toujours préférable d'organiser les stades pour permettre à la lumière et à l'air d'atteindre la pelouse et de n'en changer que les parties qui seront abîmées mécaniquement. On peut voir avec l'exemple de la pelouse comment dans les ouvrages les plus complexes des intérêts contradictoires se rencontrent : augmenter le confort avec les stades entièrement couverts ne va pas sans problème avec le gazon naturel.

Zones des joueurs

Les zones attribuées aux joueurs sont en général à l'ouest, là où se trouvent aussi les VIP et les médias. Cela signifie que toutes ces fonctions doivent être réparties dans un même secteur sans que leurs trajets ne se croisent. Elles sont souvent superposées et la zone joueur est reliée au terrain par un tunnel. Les équipes traversent la «mixed-zone», le point de rencontre des médias et des sportifs puis gagnent leurs vestiaires, d'un côté l'équipe locale de l'autre les visiteurs. Ces unités avec écrans TV et panneaux de tactique sont aussi équipées de zones de massage, de sanitaires et de saunas avec des bassins de décontraction. Le secteur médical avec le contrôle anti-doping se trouve aussi dans le secteur joueur, avec les espaces impartis aux arbitres et aux entraîneurs.

Capacités

Les chiffres qui définissent aujourd'hui la construction d'une arène de football sont ceux qui sont nécessaires au déroulement d'un tournoi : selon la FIFA il est question pour les jeux par groupes, les quarts et les huitièmes de finale d'au moins 40000 places assises ; pour les jeux d'ouverture, les demi-finales et les finales au moins 60000 places

assises (nettes, sans VIP/presse). Les différences de capacité trouvent de plus en plus des réponses dans les partis architecturaux définis comme «temporaires plutôt que permanents». Des éléments de tribune temporaires permettent d'obtenir à court terme davantage de places, elles seront démontées à la fin de l'événement sportif. On retrouve des partis analogues dans les projets conçus pour la Coupe d'Europe de 2008 en Suisse/Autriche.

Évolution de l'architecture des stades

Les stades les plus récents ont franchi le pas de la commercialisation totale, même si le sport demeure toujours la raison première des réalisations. Quelle voie suivront les stades de la prochaine génération? Une conception pourrait en faire des centres de manifestation multifonctionnels regroupant sous un même toit le sport, la culture, le bien être/fitness, la gastronomie, l'hôtellerie, les conférences, séminaires et même des surfaces de bureaux. Une autre voie répartit les différentes fonctions liées aux sports sur un même site, dans différentes constructions qui se complètent. Les différentes conceptions s'adressent le plus possible à la famille dans son ensemble qui fait du shopping avant l'évènement sportif et qui reste sur place après pour prendre un repas. Le concepteur et le promoteur ne doivent pas perdre de vue que, même avec toutes ces offres nécessaires, le sport et l'homme demeurent au centre.

Page 926 **Stade «RheinEnergie» à Cologne**

Le nouveau stade de Cologne est déjà le troisième stade construit depuis 1923 au centre du parc des sports situé à l'est de la ville et désormais classé monument historique. Pour ne pas faire éclater la structure du parc, le volume est compact – comme un stade anglais classique avec 4 tribunes orthogonales au terrain. Une ossature tout aussi orthogonale en béton préfabriqué et très clairement structurée porte les modules en béton eux aussi préfabriqués des balcons. D'autres fonctions supplémentaires sont intégrées dans la trame, comme des unités ouvertes ou fermées, en fonction des différents besoins de confort. La construction peut ainsi réagir de façon flexible et économique à des transformations futures. L'un des aspects essentiels du parti d'ensemble était lié à la démolition progressive parallèlement à la reconstruction du stade lui-même toujours en fonctionnement. Les quatre tribunes indépendantes les unes des autres ont été érigées en quatre phases décalées. Dans le même temps on réalisait aussi progressivement les couvertures des tribunes. Leur structure suspendue est tendue entre quatre mâts d'acier de 60 mètres de haut, éclairés la nuit de l'intérieur, situés aux angles du stade. Le toit est couvert de

bacs en acier dans les parties extérieures et, à l'intérieur, de polycarbonate transparent pour laisser entrer assez de lumière sur la pelouse.

Les spectateurs entrent dans le stade par 4 entrées aux angles et se répartissent ensuite dans le promenoir périphérique intérieur bas. Les circulations verticales sont réparties au sein de la trame de poteaux extérieure et constituées d'escaliers ouverts mais protégés des intempéries. L'accès au secteur VIP de la tribune principale, à l'ouest, se fait par un foyer spécifique, toutes les circulations et les espaces publics y sont entièrement vitrés. Les sièges de presse avec les salles de travail destinées aux médias, tout comme les secteurs joueur, avec leur accès et des parkings souterrains, se trouvent aussi dans la tribune principale.

Page 928 **Stade polyvalent de Sapporo**

Sapporo City est la grande ville la plus septentrionale du Japon, avec une population d'1,8 millions d'habitants. C'est là qu'ont eu lieu les jeux olympiques d'hiver de 1972 ainsi qu'une partie des matchs de la Coupe du monde de foot de 2002. On a envisagé d'y construire un stade pouvant servir été comme hiver avec une pelouse facilement interchangeable, adaptée à différentes fonctions. Le stade avec sa coupole, ses sièges modifiables et sa pelouse qui peut se déplacer pour pousser à la lumière du soleil n'est pas seulement utilisé par des équipes professionnelles mais aussi pour des expositions, des foires ou d'autres grandes manifestations. C'est un exemple rare, dans le domaine des sports, d'une fonction multifonctionnelle mais qui permet d'amortir le stade et de l'exploiter économiquement. Un concours international a été lancé pour la réalisation; le lauréat Hiroshi Hara a proposé un «stade double» ayant la forme d'un 8 couché. Les deux cercles ont un rayon de 72,20 mètres. À l'intérieur les rangs de sièges sont répartis en tribunes; le stade en plein air est entouré de talus engazonnés pour s'asseoir. Comme dans une région aussi enneigée une toiture mobile ne pouvait pas être envisagée, l'architecte a proposé un terrain mobile. Le défi qui caractérisait le projet favorablement, venait aussi de la nécessité d'exposer quelques heures par jour le terrain de football au climat extérieur. Pendant l'hiver, le gazon peut hiberner sous la neige. Au printemps quand la neige et la glace fondent, des serpents chauffant le protègent du gel. Un système sur 34 roues électriques assistées d'un appareillage hydraulique pouvant s'élever à 7,5 cm a été mis au point pour le stade. Il permet de transporter à l'extérieur le terrain avec son gazon, le tout pesant 8300 tonnes, pour 85 mètres de large et 120 mètres de long, par un portail de 90 mètres de large. La vitesse atteinte est de 4 mètres à la minute. La

transformation totale de terrain de foot en terrain de base-ball est achevée en en 5 heures. Un gazon artificiel est alors déroulé sur le terrain de base-ball et le portail ouvert. Les tribunes escamotables disparaissent sous les côtés. Le terrain extérieur est soulevé et transporté à l'intérieur. Le terrain de foot est alors tourné de 90° puis reposé. Le portail se referme et les tribunes retournent à leur place. La capacité des sièges est de 42 800 places pour un match de football. La rotation permet aux spectateurs d'être toujours plus près du terrain autant pour le foot que pour le base-ball. La forme d'ensemble de 230 mètres de long et 220 mètres de large rappelle un coquillage. Un restaurant se trouve au-dessus du portail et permet d'avoir une vue sur les jeux à l'intérieur et aussi sur les arbres du parc autour du stade. Le toit en métal brillant ressemble à un champignon futuriste monumental.

Page 932 **Stade Olympique de Berlin**

Le stade olympique berlinois réapparaît dans les feux de la rampe à l'occasion de la coupe du monde de football de 2006. Il a été, il y a déjà 70 ans, le décor de la gigantesque mise en scène de propagande nazie lors des 11e jeux olympiques. Après plusieurs années de réhabilitation, il se présente aujourd'hui comme un stade moderne sachant mêler harmonieusement les besoins contradictoires de la multifonctionnalité et d'un stade exclusivement voué au football, le tout avec soin et dans le respect d'un ensemble protégé par les monuments historiques. L'intervention décisive est marquée par la nouvelle toiture qui ne se contente pas de changer l'intérieur, mais qui transforme le caractère de tout le site. Elle souligne, en s'interrompant dans l'axe du clocher qui définit un axe urbain, les liens et les points de vues imposés par l'ensemble ancien. La légèreté de sa construction permet aussi de relativiser la lourdeur en pierre, motivée politiquement, de l'ouvrage ancien, qui cache une structure étonnante de modernité, pour 1936, en béton armé.

Page 938 **Fonctions multiples et respect du monument historique**

Le projet

Dans le cas de la transformation du Stade Olympique de Berlin, l'élément central du complexe sportif historique des jeux olympiques de 1936, il était question de traiter harmonieusement les contraintes contradictoires de la protection des monuments historiques d'un côté et les exigences actuelles d'un programme multifonctionnel et d'un stade totalement dédié au football d'un autre côté. Le site traité dans les années 30, comme une œuvre totale, par Werner March avec la mise en scène des points de vue soulignée par l'architecture, doit être protégé en tant que témoignage d'urbanisme. Le

nouveau parti considère le stade comme l'élément central de l'ensemble du paysage urbain. Il permet de consolider les qualités du bâtiment ancien en se subordonnant à l'existant. Tous les ouvrages neufs nécessaires sont répartis à l'extérieur du stade et construit en souterrain pour ne pas influencer le caractère du site. Les transformations et la réhabilitation se sont portées entre autres sur les parties suivantes:

- restauration des pierres des façades et des habillages des poteaux
- expertise des désordres, réhabilitation et transformation de l'anneau supérieur
- reconstruction de l'anneau inférieur
- abaissement du terrain de 2,65 m
- construction d'une couverture des tribunes intégrant un éclairage moderne et des mesures acoustiques
- modernisation de tous les aménagements techniques et sportifs ainsi que du secteur médias
- construction de loges et salons VIP
- construction des équipements fonctionnels hors du stade et souterrains comprenant entre autres un parking souterrain de 2 niveaux avec environ 630 places de parking, des surfaces pour les bus et les camions, des tunnels d'accès, une centrale technique, des équipements d'alimentation, une halle d'échauffement avec une piste de 100 mètres et une fosse pour le saut ainsi que des accès VIP au stade.

Dans le cas de la réhabilitation des pierres de façade ou des habillages des poteaux en calcaire conchylien et en travertin de Gauing on a donné la priorité à la conservation de l'existant. Un relevé précis de chaque pierre a été effectué avant le démontage pour pouvoir conserver à l'identique les traitements des joints et le caractère original d'ensemble. Malgré l'image extérieure massive en référence à l'architecture antique souhaitée par le pouvoir en 1936, la construction du stade repose sur une ossature en béton armé légère. La structure du balcon supérieur a pu être conservée et restaurée à l'exception de la tribune d'honneur. Le balcon inférieur qui n'a pas pu être conservé pour des raisons de budget a été entièrement reconstruit. L'abaissement du niveau du terrain de 2,65 m était lié à la construction du balcon inférieur et permettait de résoudre le conflit entre la largeur du stade multifonctionnel d'athlétisme et la densité du stade de football monofonctionnel. On est parvenu à gagner deux rangs de places assises, soit environ 1600 places avec l'abaissement du niveau du terrain tout en diminuant la distance des sièges et du stade de football. Le stade peut ainsi accueillir 75 000 spectateurs.

On a créé à l'occasion des travaux de rénovation, un secteur VIP qui peut être ouvert indépendamment du reste du stade. Les accès souterrains sud et nord et les parkings qu'ils distribuent assurent la desserte sans encombre du secteur VIP. La «VIP welcome zone» sud se trouve dans la halle monu-

mentale de l'ancienne cave et est mise en scène selon un mode technico-constructif en tirant parti de l'existant. Les anciens salons d'honneur, au centre de la tribune sud sont aussi traités en pierre et à nouveau intégrés à la zone VIP. Les loges VIP ont été intégrées délicatement dans l'existant en conformité avec la structure existante et peuvent être à nouveau supprimées.

D'autres loges, environ une centaine se trouvent dans la nouvelle tribune d'honneur et dans l'ancien centre de reportage au-dessus de la tribune d'honneur. 4000 «business-seats» sont placés en avant du secteur VIP. La conception de la couverture des tribunes est déterminée, en plus des contraintes fonctionnelles, par les préoccupations formelles et constructives vis à vis du monument historique. La première préoccupation consistait à compléter les qualités architectoniques de l'existant par une couverture d'aussi excellente facture. Le nouveau toit contraste volontairement par le caractère retenu de sa construction et le choix de ses matériaux de surface avec la tectonique rigide de l'existant. Le toit s'interrompt au droit de la porte du Marathon, l'axe urbain qui s'étend de la place olympique jusqu'au clocher, en le respectant et en le soulignant. Pour permettre de réaliser cette ouverture sur l'axe ou des transformations pendant les manifestations on a choisi, plutôt qu'une structure périphérique continue, une construction à partir de potences réalisées en structure métallique – avec des poteaux sur l'anneau supérieur. Pour en minimiser l'impact visuel pour les spectateurs les 20 poteaux d'acier sur lesquels repose le toit à l'intérieur sont massifs et très fins, avec un diamètre de 25 à 35 cm. La charpente est tendue d'une membrane autant en surface qu'en sous-face; la structure reste reconnaissable grâce à la translucidité du matériau. La hauteur de construction est minimisée aux rives intérieures et extérieures ce qui fait que l'attique du stade est complété par une seule ligne horizontale et que la façade classée du stade historique n'est pas influencée par la nouvelle toiture.

Les ouvrages nécessaires pour reprendre les nouvelles charges du toit ne sont pas visibles dans l'ancien et intégrés aux habillages de pierre de l'anneau supérieur. Les éclairages du terrain et l'enveloppe acoustique du stade sont intégrés à la rive interne du toit. Cela permet d'éviter d'autres ouvrages solitaires comme des mâts d'éclairage ou de sonorisation. Un éclairage continu dans le toit souligne la forme ovale des tribunes. L'éclairage de ce «ring of fire» peut être contrôlé individuellement et permettre différentes mises en scène lumineuses. Les balcons sont éclairés indirectement par des lampes intégrées aux poutres rayonnantes. Le toit est éclairé de l'intérieur et apparaît ainsi comme un lampion léger et flottant. Le réglage des intensités lumineuses permet aussi de varier les atmosphères et les centres lumineux pendant une manifestation et

de les moduler, de façon dynamique, à volonté.

Page 940

Rolling Stone et journées de l'Église – Le chantier et le stade en service

La continuité des manifestations, avec leur nombre de places exactement fixé, nécessite un planning très précis et contrôlé en permanence. À côté des jeux nationaux (55 000 places), les matchs de la Coupe d'Allemagne (70 000 places), une compétition d'athlétisme internationale (40 000 places assises), un concert des Rolling Stones et les Journées de l'Église 2003 (80 000 places assises et debout) se sont déroulés pendant le chantier. Cela a nécessité une avancée des travaux par phases pour les tribunes et le toit avec nombreuses mesures provisoires ou intérimaires. Avec les modifications permanentes du chantier, les divisions en blocs, les garde-corps de protection, les systèmes d'évacuation, la signalétique et les différents équipements de kiosques ou de sanitaires ont été reconsidérés et réadaptés à chaque manifestation. Il a fallu construire dans l'anneau supérieur des tribunes, en plus de la tribune d'honneur, des éléments porteurs. L'anneau inférieur a aussi été entièrement reconstruit. Des interventions majeures ne pouvaient s'effectuer qu'au moment des pauses entre différents jeux. L'abaissement de presque trois mètres du terrain a dû s'effectuer en seulement trois mois. Le système d'arrosage existant et de chauffage de la pelouse ont dû être démontés, 40 000 m³ de sable déblayé, les rangs 1–10 ainsi que la fosse des reporters entre le terrain et les tribunes, ont dû être montés à partir de plus de 15 000 pièces détachées. Et, dans le même temps, le nouveau terrain devait être construit.

Le nouveau toit est la modification la plus importante du stade olympique. À cause des contrats – maintien de toutes les manifestations prévues – un montage de l'intérieur s'est avéré impossible. Toute la construction de la structure d'acier devait se faire de l'extérieur. Du fait des faibles réserves porteuses de la structure en béton armé existante des tribunes il n'a été possible de réaliser aucun échafaudage, le montage devait donc se faire sans aucun appui. En plus, les différents ouvrages souterrains hors du stade, comme la halle d'échauffement ou les garages souterrains rendaient aussi difficiles la circulation dans l'enceinte du site. L'achèvement des programmes extérieurs et leur second-Duvre ont empêché la consolidation des espaces pour reprendre éventuellement les charges des grues. C'est à partir de là que fut décidée la division de la poutre rayonnante de 70 mètres de long en différentes unités de montage (env. 25 m de long, 38–55 t). Ensuite, des paires de poutres montées et des poteaux arborescents ont été reliés avec des poutres

tangentielles en deux ou trois éléments. Une partie importante du transfert de charge a été réglée dès le début du montage de la structure en acier. Les forces sont transférées à travers tous les niveaux à partir des poteaux arborescents vers une structure en béton armée reliée à des raidisseurs en béton sur la face intérieure du mur externe, jusqu'aux fondations spécialement créées. L'ajustement des éléments préfabriqués de l'anneau extérieur en béton armé s'est fait pas à pas sous contrôle permanent des déformations éventuelles et dans le respect des différents matches. Pour chaque manifestation, le toit devait être suffisamment avancé pour respecter les capacités de spectateurs prévues.

Page 944
Forme et construction –
La structure porteuse du toit

L'interruption de la toiture au droit de l'arc des marathons, déterminante pour le parti architectural ainsi que la construction par phases ont été décisives pour la conception d'une structure d'acier légère en porte à faux. C'est ainsi que s'explique la décision, inhabituelle dans les stades modernes, de mettre en place des poteaux sur une tribune. 20 mâts très fins, à 30–40 m de distance, viennent en effet soutenir le toit dans la partie inférieure de la tribune haute. En attique, le toit repose sur 132 poteaux d'acier positionnés dans les axes des piles en pierre calcaire. C'est ainsi que l'on obtient un important porte à faux (49 m) et une portée plus courte (17,5 m) des poutres rayonnantes. La moitié est posée directement sur les mâts; des poutres treillis tangentielles conti-

nues portent, quant à elles, les forces résultantes des autres poutres rayonnantes vers les mâts. La relation entre les portées réduites et les longueurs de porte à faux importantes est à l'origine des importantes forces verticales de soulèvement au droit des poteaux externes et des forces en compression correspondantes au droit des mâts. Pour éviter que l'existant ne soit trop sollicité au droit des poteaux externes par les forces en soulèvement, c'est le volume de répartition des charges en béton armé de l'anneau extérieur qui assure aussi, en plus du raidissage horizontal, l'équilibrage de la partie arrière du toit. Pour le transfert des charges horizontales, liées aux forces des contreventements et de la stabilisation, la majorité des poteaux externes est reliée en encastrement avec la structure du toit.

Les poutres tangentielles et rayonnantes
 Les poutres rayonnantes constituent avec les mâts intérieurs et les poteaux externes une structure qui permet de transférer les forces du vent rayonnantes vers les points porteurs de la charpente. Le système prévu est une poutre triangulée en deux parties avec un élément supérieur et continu horizontal et un élément inférieur arrondi en fonction de sa position. La rive intérieure est conçue comme une poutre Vierendeel. Les pointes des poutres situées en proue sont ici en fonte d'acier. Au droit des mâts, une poutre en trois parties est organisée tangentiellement et en continu. Ce sont des nDuds spécifiques en fonte d'acier qui permettent, par la complexité de leur forme (traversée par les poutres rayonnantes et les poutres tangentielles), d'assurer le transfert des forces.

Les mâts arborescents
 Le tronc a une longueur d'environ 8,50 m et se divise en quatre branches. Cela permet de réduire la longueur de flambement du mât de façon conséquente ainsi que les portées des poutres rayonnantes et tangentielles. Le diamètre maximal du mât conique ne fait au niveau du nDud que 350 mm et en point bas 250 mm. Les nDuds sont réalisés en fonte d'acier et soudés avec le tronc massif et ses branches, le passage entre le tronc et le nDud est souligné par une fine rainure. L'utilisation d'acier à haute résistance massif avec des éléments de fonte permet d'obtenir la grande finesse des éléments.

La couverture
 Une membrane de protection contre les intempéries recouvre une grande partie des surfaces de toit. Elles est tendue au-dessus des poutres tangentielles entre l'élément supérieur des poutres rayonnantes et tirée par ces poutres pour obtenir les surfaces gauches nécessaires à l'effet porteur de la membrane. Une autre membrane, tendue entre les membres inférieurs de la structure, définit la limite optique vers l'intérieur du stade.
 Les deux plans des membranes doivent

- assurer la bonne translucidité de la double épaisseur de l'installation
- laisser un taux d'ouverture suffisant afin de permettre l'équilibrage entre intérieur et extérieur et être perméable aux bruits (installation de hauts parleurs dans le vide du toit)
- avoir assez de propriétés de résistance (la membrane inférieure est accessible).

On a utilisé pour les deux membranes un tissage de fibre de verre PTFE enduit. Il a de très bonnes particularités autonettoyantes et

Nouveau!

Architecture solaire



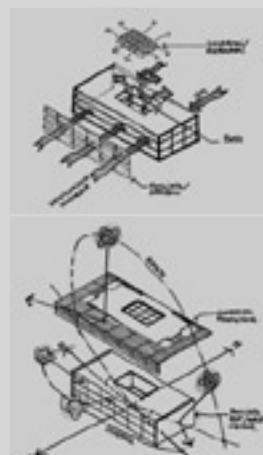
Architecture solaire
 Christian Schittich (collectif),
 176 pages avec de nombreux
 dessins et photos, 2005
 format 23 x 29,7 cm
 ISBN 3-7643-7211-7
 Traduction: Xavier Bélorgey

Architecture solaire - Concevoir avec le climat au 21^e siècle

- ▷ **L'ouvrage de référence pour une architecture adaptée à son environnement: pour la première fois, tous les aspects de l'architecture solaire sont traités dans un seul ouvrage.**
- ▷ **L'architecture solaire comme travail d'équipe: des articles de fond soulignent l'importance de processus de conception globaux.**
- ▷ **L'architecture solaire comme travail d'équipe: des articles de fond soulignent l'importance de processus de conception globaux.**
- ▷ **Les exemples internationaux: les choix techniques et formels sont présentés avec soin dans les documentations consacrées aux différents exemples.**

Prix: 65,- € plus emballage et frais d'envoi.

Venez nous
 rendre visite au salon
 Batimat à Paris
 Hall 7.1, stand K 3, du 7 au
 12 novembre 2005
 et profitez de nos offres
 préférentielles



n'est pas inflammable. Cette nouvelle membrane se prête particulièrement pour des ouvrages avec une double épaisseur d'habillage. Un vitrage maintenu ponctuellement constitue la rive interne du toit sur la structure ouverte en acier. Au droit de la rive extérieure du toit la membrane recouvre les poutres de rive en béton armé dont les sous-faces sont habillées d'acier-inox et constituent une rive de toiture très fine, visible de l'extérieur.

Coupe tangentielle

Charpente échelle 1:200

- 1 membrane supérieure, tendue sur les arcs en tubes d'acier
- 2 poutre tangentielle
- 3 poutre rayonnante
- 4 passage pour l'entretien
- 5 tubes d'éclairage
- 6 membrane inférieure
- 7 poteau arborescent

Coupe de détail sur la rive du toit externe

Échelle 1:20

- 1 membrane en tissage de fibre de verre enduite PTFE
- 2 recouvrement béton in-situ 100 mm avec enduit élastique, résistant aux UV, enduit
- 3 garde-corps
- 4 mât aluminium
- 5 grille acier-inox sur chéneau acier-inox 4 mm, chauffée
- 6 rive du toit aiguë, tôle aluminium 4 mm peinte par pulvérisation
- 7 habillage tôle aluminium peint par pulvérisation 4 mm, fixation au support par rivets plastiques
- 8 poteau tube rond acier-inox Ø 323,9 mm, descente d'eaux pluviales interne
- 9 poutre caisson tangentielle soudée en profils d'acier
- 10 nDuds de fonte des poutres tangentielles Ø 323,9 mm
- 11 moustiquaire
- 12 lien de la membrane sur le tube acier Ø 38 mm
- 13 membrane en tissage de fibre de verre enduite PTFE, mailles ouvertes
- 14 tubes d'éclairage sur profil acier 40/100 mm
- 15 renfort de la rive béton armé entre la structure acier
- 16 contrepoids béton armé 400 mm

Coupes de détail rive de toiture interne

Échelle 1:20

- 1 verre de sécurité feuilleté 2x 10 mm verre partiellement trempé, fixation ponctuelle acier-inox sur support plastique articulé
- 2 profil pince LJ acier-inox 100/50/4 mm avec âme soudée 60/60/7,5 mm
- 3 rive: profil pince du vitrage barre de maintien acier-inox Ø 10 mm
- 4 joint étanche silicone transparent
- 5 élément fonte acier-inox en une pièce
- 6 poutre tangentielle tube acier Ø 177,8 mm
- 7 profil pince acier-inox avec goutte pendante
- 8 chéneau acier-inox 230/100 mm sur néoprène
- 9 membrane secondaire en finition de rive
- 10 membrane, tissage de fibre de verre enduit PTFE
- 11 membre supérieur tube acier Ø 323,9 mm
- 12 coupe-feu verre dépoli feuilleté de sécurité 2x 5 mm verre partiellement trempé dans menuiserie en plat acier 50/5 mm
- 13 habillage tôle 2 mm avec ouverture de révision éclairage rasant
- 14 nDud en fonte
- 15 support articulé de l'arc de la membrane
- 16 rail de la membrane aluminium dans profil [acier-inox, soudé à l'arc

Page 950

Allianz Arena à Munich

Le nouveau stade de football munichois et la grande hélice éolienne fichée sur la colline voisine constituent un signe au cDür du réseau autoroutier et définissent l'entrée nord de la capitale bavaroise. Le volume blanc et arrondi est posé dans le paysage comme une sculpture monumentale, aucun de ses éléments ne donne d'indice sur ses dimensions. La procession des supporters est volontairement mise en scène par une grande esplanade de 600 mètres de long avec des emmarchements en cascade. Pendant les matchs, la nuit, l'enveloppe de plastique décomposée en losanges, se transforme en lanterne surdimensionnée nimbée d'une lueur magique. En fonction du club local qui joue, tout le site est baigné de lumière rouge, bleue ou blanche. C'est par ce moyen que les architectes sont parvenus à créer un stade avec lequel la double maîtrise d'ouvrage, le FC Bayern München et TSV 1860 München puisse s'identifier et un stade qui, baigné de couleur blanche, puisse accueillir l'équipe nationale allemande. Malgré l'atmosphère très dense, les espaces de circulation sont généreux et invitent à flâner, entre bars à champagne et stands de saucisses.

Page 954

Le stade en fonctionnement

Plusieurs heures avant un match la ruée vers le stade commence. La radio conseille d'éviter le secteur pris dans les embouteillages, le métro charrie 26000 supporters à l'heure. À partir de la station de métro la longue marche des fans commence sur 900 mètres dans «un paysage mis en scène pour la procession».

Esplanade et dessertes

Les chemins sont pris d'assaut par la foule et permettent de la répartir en différents courants. Le plus grand parking d'Europe, conçu pour 10000 visiteurs, est situé sous l'esplanade de 560 m de long et 131 mètres de large, visible en coupe à partir des cours qui le longe. Rien ne trouble la vue d'ensemble sur le stade. Les billetteries sont en creux dans le sol de l'esplanade. Le plateau ceint tout le bâtiment comme un cercle étiré et vient se glisser sous les tribunes jusqu'à l'intérieur du «chaudron» du stade. C'est là, en partie haute de la tribune inférieure que se trouvent 200 places pour handicapés, accessibles de plein pied et le grand promenoir avec 18 des 28 kiosques du stade. À partir de ce niveau de répartition on gagne des escaliers étroits, conçus comme des tubes qui conduisent plus haut à l'intérieur du stade ou bien l'on descend vers les places du balcon inférieur. La procession se prolonge cependant véritablement sur les escaliers situés en anneau autour du stade

et qui desservent les 4 niveaux supérieurs jusqu'à ce que les places les plus hautes, des 66 000 places assises, soient occupées. Même à 45 mètres de haut le terrain semble proche.

La zone VIP

Les «welcome zones», avec du personnel d'accueil, servent à différents niveaux d'entrée aux secteurs VIP, séparés du reste du public. Les hôtes peuvent alors emprunter des escalators ou des ascenseurs au lieu des escaliers. Les allèges, les murs et les poteaux sont peints en gris argenté et un doré élégant recouvre les autres surfaces. 1200 places assises sont réservées aux mécènes ou autres associations, en partie basse de la tribune principale. Pour pouvoir recevoir ses invités ou être «en petit comité» pendant les matchs, le secteur des lounges est à disposition sous le balcon intermédiaire. À partir de là, pas de contact visuel direct sur le terrain; tous les invités doivent utiliser le grand promenoir pour se rendre de leur place à l'un des 6 lounges. En empruntant un escalator pour accéder au niveau du dessus, l'hôte VIP atteint le business-club. Là aussi de nombreux bars et buffets sont à sa disposition. Un plafond continu serti d'aluminium doré assure la continuité spatiale de la façade de plastique extérieure jusqu'aux vitrages toute hauteur donnant sur le terrain. Les 2200 sièges-business placés directement devant sont loués séparément par les deux clubs; entre 6000 et 10000 euros par saison pour le Bayern de Munich. Au niveau du dessus, les fenêtres des 106 loges regroupant 1400 places, constituent un bandeau continu entre le balcon intermédiaire et le balcon supérieur. Avec des loyers entre 90000 et 240000 euros par an elles constituent les espaces les plus exclusifs du secteur VIP. Le contrat de location est fixé à au moins 5 ans, les loges sont alors disponibles 365 jours par an comme espaces de représentation. Elles ont été très vite louées, en majorité par le Bayern de Munich, et assurent des revenus plus importants que la vente normale de billets.

Gastronomie et monde des marques

Chaque club dispose de son propre restaurant pour ses supporters, accueillant chacun 1300 personnes. Les cuisines-satellites sont livrées 3 heures avant les matchs pour assurer le service des spectateurs dans les loges, bars ou buffets. Différentes manifestations «after-game» doivent aussi pouvoir se dérouler aussi longtemps que possible, ne serait-ce que pour limiter les embouteillages en sortant du parking, en assurant des bénéfices importants. Certains sponsors sont aussi présents avec des boutiques ou des espaces d'exposition à côté des mégastores d'articles de fans des deux clubs. Ce monde des marques, un kiosque et un restaurant de 400 places sont aussi ouverts en dehors des matchs pour les 1000 personnes par jour qui visitent le stade.

Page 958**La géométrie du stade**

L'Allianz Arena est déjà devenue, avec son enveloppe en ETFE translucide un emblème dans le paysage munichois. La nuit, quand le FC Bayern ou TSV 1860 jouent, son expression est encore plus dramatique avec l'éclairage de couleur, rouge ou bleu intégré à la façade. L'Allianz Arena a donc rempli immédiatement le premier objectif d'un bon équipement de sport: être reconnaissable au premier coup d'œil comme le stade-domicile, soit du FC Bayern soit de TSV 1860.

«Le chaudron», c'Est du stade

Une architecture intéressante et riche en images étend et augmente la valeur d'expérience. L'image offerte à l'extérieur de l'Allianz Arena est sans aucun doute envahissante mais, pour conserver son succès à long terme, un stade doit aussi pouvoir être financièrement durable. La concurrence au sein de la société des loisirs est grande et les recettes liées aux droits de télédiffusion ne sont pas toujours garantis, comme quelques clubs anglais ont pu le vérifier amèrement. C'est la raison pour laquelle les clubs prévoyants investissent pour améliorer l'expérience totale des spectateurs autant dans le stade que devant le petit écran.

Les stades modernes sont devenus des bâtiments complexes et exigeants qui regroupent une large diversité d'équipement pour répondre aux exigences des spectateurs, des médias, des joueurs et des gérants du stade. Mais, même si tous les aspects secondaires ont une influence déterminante c'est le centre du stade, les gradins et les tribunes qui restent les clefs du succès.

Des consultants spécialisés en architectures sportives

Les ouvrages complexes et ambitieux nécessitent des consultants spécialisés. Arup Sport construit des stades en tant qu'architecte et ingénieur comme le Stade de Manchester, ou partage son savoir de spécialiste avec d'autres architectes. Nous avons collaboré avec Herzog et de Meuron dès le concours pour concevoir un projet qui le gagnerait, sans cesser au cours de missions suivantes de participer à son élaboration. La mission d'Arup comprenait l'esquisse du «chaudron» avec ses gradins, le parti structurel de l'ensemble et les détails des ouvrages en béton.

Des exigences contradictoires

Les exigences du programme de concours étaient claires. La capacité devait atteindre 66 000 spectateurs, le stade était consacré au football sans être une arène multi-fonction et sans pistes d'athlétisme, le toit devait protéger les places assises. Construire un stade avec une atmosphère intime et intéressante était très important et nécessitait de savoir peser différents facteurs comme le confort des sièges, la qualité des vues

et la proximité du jeu. Malheureusement ces différents facteurs sont contradictoires. Par exemple une bonne vue ne peut être obtenue qu'avec une qualité de siège minorée ou en éloignant les spectateurs du terrain. Il est important d'avoir des priorités, mais un bon mélange est autant une science qu'un art.

Les particularités de l'Allianz Arena

Il y a trois balcons dans l'Allianz Arena, c'est typique pour les stades de cette dimension. Le balcon du milieu a plus de rangées de sièges, ce qui permet de trouver au-dessous trois niveaux au lieu de deux qui peuvent accueillir des fonctions permettant d'augmenter les bénéfices. Le résultat est donc trois balcons avec environ le même nombre de places assises.

Les surfaces réservées aux loges avec les suites modulables et quelques balcons spécifiques se situent au-dessus du balcon du milieu. On trouve au-dessous, du côté ouest les places premium du business-club, caractérisées par des fauteuils rembourrés plus confortables, par des couloirs plus larges et des assises plus généreuses avec moins de sièges par accès. Une découpe des gradins permet aussi aux restaurants et bars du business-club d'avoir une vue directe sur le terrain.

La flexibilité

Le programme prévoyait que le stade puisse accueillir un large éventail de jeux nationaux mais aussi le match inaugural de la coupe du monde de 2006. C'est pour cette raison que deux partis ont été mis au point quant aux dispositions des sièges et des équipements pour pouvoir répondre aux différents nombres de journalistes et aux conditions spécifiques à chaque manifestation. Les aménagements pour la diffusion télévisée sont aussi différents et les positions des caméras ont aussi été étudiées dès l'esquisse du projet.

La répartition des places définit les formes. Le point de départ de la conception du terrain, de sa bordure et de la bande publicitaire a été donné par les directives de la FIFA et de l'UEFA. Il n'est pas forcément clair pour le spectateur que la forme du stade et la répartition des différentes catégories de sièges déterminent ou influencent tous les aspects d'un stade: la forme et la construction du toit, les positions des avaloirs et des secteurs VIP, les positions des panneaux d'annonce jusqu'à la quantité des rayonnements solaires, de lumière naturelle et du vent qui peut atteindre la pelouse. Et même le nombre, la taille et l'organisation des escaliers, escalators et ascenseurs seront donnés par la géométrie du «chaudron». La décision de diriger la plupart des spectateurs directement à partir de l'esplanade vers la partie haute du premier balcon, dans le stade, permet de réduire les distances verticales à franchir et aide à écarter les fans des secteurs réservés aux joueurs, aux

médias, et aux différents services. Ce niveau principal de distribution est laissé le plus possible ouvert pour que le vent puisse traverser le stade et ventiler la pelouse.

Une exercice délicat

Au cours des dernières décennies les stades ont changé dans le monde entier. L'amélioration des installations pour les spectateurs s'est accompagné de la volonté d'étendre l'activité en dehors des périodes de match. Les stades sont devenus de plus en plus complexes. Le spectateur normal dispose des avaloirs standards avec des sanitaires et des kiosques; des loges sont à la disposition d'un public plus trié pour regarder les jeux dans des conditions plus calmes et avec d'excellentes offres de restauration. Les aménagements pour les services, les loueurs et les médias sont eux aussi devenus plus complexes.

Des outils de conception complexes

L'augmentation de la prospérité et l'ère digitale dans lesquelles nous vivons accélèrent l'évolution très rapide de l'architecture sportive. L'augmentation des attentes et des contraintes font de ces projets pour les architectes et les ingénieurs des défis toujours plus grands. Ils peuvent aussi heureusement profiter de la révolution digitale pour améliorer leurs outils de conception. Beaucoup d'aspects de l'Allianz Arena ont été calculés grâce aux logiciels spécifiques mis au point par Arup Sport ou par des logiciels de l'industrie aéronautique. Nous travaillons avec des maquettes informatiques «live» en 3 dimensions qui permettent d'optimiser et d'envisager des alternatives tout au long de la conception d'un projet. Une fois le parti arrêté l'équipe profite de toutes l'exactitude des informations obtenue lors de la première phase du projet. Nous sommes relativement plus rapides avec ces logiciels paramétriques informatiques qu'avec la CAO traditionnelle. Nous avons par exemple étudié 33 variantes de formes du chaudron de l'Allianz Arena avant de choisir la forme définitive. Le résultat est un stade de meilleure qualité que celui que nous aurions obtenu avec des outils conventionnels.

L'Allianz Arena a obtenu dès les premiers jeux la grâce des critiques et pas seulement pour son caractère formel exceptionnel mais aussi pour l'excellente vue sur le terrain. Munich peut désormais se réjouir de compter deux stades d'excellente qualité et de factures si différentes.

Page 966**Conception, réalisation et montage de l'enveloppe de coussins**

L'Allianz Arena se distingue des autres équipements sportifs modernes par son enveloppe extérieure inhabituelle – à la fois brillante et translucide. 2874 losange constituent la structure de l'enveloppe et recou-

vrent avec leur peau de plastique ETFE une superficie d'environ 65 000 m². Les diagonales de chaque losange varient entre 2x7 jusqu'à 5x17 m. La membrane du toit s'achève à l'intérieur du stade en un pneu de 370 m de long à l'aplomb de la ligne de touche. Les pneus sont fixés par des profils en aluminium et maintenus par des profils en EPDM eux-mêmes clipsés sur la structure en acier. Les chéneaux entre les pneus sont étanchés par des profils extrudés en plastique TPO et soudés aux nœuds avec des formes ponctuellement enfoncées. Alors que le toit peut bouger dans son ensemble à la suite des dilatations dues aux changements de température de la membrane; les mouvements des façades doivent être pris en compte par un grand nombre de joints de dilatation. Un nouveau détail mis au point par Convertex a permis d'éviter les joints de dilatation continus dans la membrane. Les tôles-ressort aux angles des coussins sont capables de reprendre des mouvements de plusieurs centimètres dans les nœuds en se déformant. De la même manière, les nœuds des étanchéités des chéneaux en façade peuvent aussi reprendre, par leur structure propre, des déformations. Un système spécifique d'évacuation des eaux sur les pneus exclut toute éventualité de création de poche d'eau et donc de surcharge ponctuelle et pourrait même permettre en cas de besoin d'évacuer de l'eau qui aurait pénétré à l'intérieur de l'ouvrage. Les détériorations de la membrane de 0,2 mm dues au vandalisme sont difficiles: la rive inférieure de la façade est à 4 mètres de haut au-dessus du sol. Et si quelques désordres devaient malgré tout apparaître ils pourraient être réparés par un soudage in-situ ou par l'application de rustines autocollantes.

On a nécessité pour la construction de l'enveloppe d'environ 80 tonnes de Fluoropolymère ETFE recyclable. En plus de l'évident avantage de son poids, le matériau a permis de réaliser de façon économique le projet d'Herzog et de Meuron. Le grand nombre des différentes surfaces gauches des coussins aurait été difficile à mettre en œuvre avec des matériaux durs et aurait nécessité des processus de mise en œuvre compliqués. À la différence de nombreux autres plastiques l'ETFE est résistant aux composantes destructrices des UV de la lumière du soleil. Et ce qui est encore plus important est que la lumière UV passe pratiquement totalement à travers la membrane ce qui permet de réaliser des économies d'entretien et d'assurer la durabilité de la bonne tenue de la pelouse. Quant à la sécurité incendie, les expertises ont confirmé les propriétés exceptionnelles du matériau qui ne brûle ni ne fond en cas d'incendie et qui participe même à extraire chaleur et fumée. Une impression de points blancs, avec des intensités dégradées, confère à la partie basse de la façade une configuration semi-transparente. En partie haute, les coussins

sont confectionnés à partir d'une membrane blanche. Pour ne pas faire d'ombre sur le terrain les pneus de toiture du côté sud sont réalisés avec une membrane transparente. La structure en acier est voilée au droit des tribunes par une sous-face en membrane qui améliore l'acoustique. Douze souffleries maintiennent la pression des pneus constante à environ 300 Pascal (3,0 Millibar ou 0,3 kN/m²) et la font augmenter en fonction des charges du vent ou de la neige à 800 pascal au maximum. En cas de défaillance d'une unité les autres peuvent compenser son absence. L'air est soufflé en anneaux par l'intermédiaire de tuyau DN200 dans tout l'ouvrage; un circuit secondaire de tuyaux DN100 répartit l'air dans les différentes parties, les coussins eux-mêmes sont alimentés en air par des tuyaux DN 50. Comme sur les 2874 coussins en forme de losange seuls deux coussins symétriques sont identiques une certaine routine informatique a été mise en place pour limiter la complexité des études. Cela a permis de réduire les tâches à des fonctions paramétriques. C'est ainsi qu'il faut en premier définir les membranes inférieures et supérieures de chaque coussin fini avant d'avancer plus loin dans la conception. Le processus de mise en forme est ensuite mis en œuvre. Après avoir défini la répartition des soudures ce sont les surfaces 3D qui sont réalisées avec des méthodes de patronages à plat, en 2 D. Une fois les détails de section des fixations par pince et les points d'assemblages des différents coussins entre eux définis, avec en parallèle la définition exacte de la structure en acier, Convertex a créé une banque de donnée centrale basée sur une maquette en trois dimensions des architectes. Plus de 70 000 informations sur la géométrie, les soudures, l'alimentation en air et l'évacuation de l'eau ont permis une inter-prétation des coussins en 3 D avec les dessins de découpage – totalement indépendante de la conception de la structure métallique des cadres.

Les plans de coupes sont communiqués numériquement à l'exécution pour y être directement réalisés. Un cutter digital déroule alors automatiquement la membrane et découpe le segment de coussin nécessaire à partir de la membrane. Chaque lé est alors automatiquement annoté et prévoit toutes les coupes et extrusions nécessaires pour les branchements d'air ou les évacuations d'eau. La tolérance de coupe était inférieure à ± 1,0 mm. Les soudures suivent ensuite au cours d'un procédé thermique. Le profil de rive EPDM est pré-monté lors de la dernière phase, avant le contrôle final et l'emballage dans des containers de transport spéciaux. Les coussins sont alors hissés par des grues sur des plate-formes provisoires avec leur container de transport. Des alpinistes ont réalisé le montage des pneus en toiture à partir de praticables en double filet, le montage des façades s'est effectué à partir de plate forme élévatrices. Il a été possible

de monter jusqu'à 40 coussins de façade par jour, le montage total de toute l'enveloppe a duré 11 mois.

- A Répartition de l'air dans la membrane ETFE
- 1 soufflerie
- 2 conduit DN 200
- 3 réseau de distribution DN 100 apport d'air dans les coussins
- 4 liaison à un coussin tuyau plastique DN50
- B distribution d'air secondaire de 3 à 4 coussins
- C distribution d'air des coussins éloignés
- D fixation des angles aigus lors du montage

Coupe échelle 1:50

- 1 pneu, membrane ETFE blanche gonflée 0,2 mm
- 2 étanchéité TPO, tube acier 120/220 mm
- 3 chéneau
- 4 réseau de distribution de l'air Ø 100 mm
- 5 grille galvanisée
- 6 poteau composite béton armé Ø variable
- 7 ressort Ø 140 mm
- 8 étanchéité TPO, sur tube acier 180/180 mm
- 9 éclairage de façade tricolore
- 10 élément de désenfumage se soulevant avec le pneu ETFE
- 11 contreventement tube acier Ø 508/16 mm
- 12 support de la calotte
- 13 tube d'éclairage
- 14 tube acier soudé 600/600 bis 300/200 mm
- 15 tube acier soudé 600/460 bis 300/200 mm
- 16 sous face amovible, membrane fibre de verre/PU
- 17 poteau tube acier
- 18 évacuation de l'eau en cas de dysfonctionnement
- 19 garde-corps
- 20 pneu gonflé, membrane ETFE blanche, 0,2 mm
- 21 pneu de rive gonflé, membrane ETFE blanche, 0,2 mm

Page 970

Bleu blanc rouge-

La lumière, couleur mouvante

L'Allianz Arena offre son aspect le plus spectaculaire la nuit, quand l'enveloppe est éclairée dans la couleur du club qui reçoit. Les 11 rangées inférieures des 2874 coussins, c'est-à-dire 1058 coussins, sont éclairées. En plus de l'éclairage monochrome on peut aussi obtenir des rayures bicolorées et un motif en losange. Le parti d'éclairage semble simple au premier abord mais de nombreux aspects ont dû être étudiés en détail.

Les effets de couleur

On a prévu à l'origine d'utiliser des tubes spéciaux colorés pour l'éclairage des coussins ETFE. L'idée a été abandonnée parce que les tons des tubes ne correspondaient pas aux couleurs des clubs et auraient nécessité des filtres supplémentaires, des films et d'autres tubes pour chacune des 25 000 lampes nécessaires. En plus du coût de cette solution, le remplacement des lampes à long terme aurait été difficile. Finalement notre société a conçu une lampe constituée de trois tubes standards associés à un capot en verre acrylique spécial servant de filtre coloré. Grâce à un outil d'extrusion spécialement mis au point il a été possible de teinter partiellement le disque avec des bandes rouges, bleues et transparentes. L'effet des différents tons bleus et rouges associés avec le matériau du coussin a été

testé sur place aussi longtemps que les couleurs des clubs soient obtenues exactement par le mélange des différents granulats de verre acrylique. L'utilisation de granulats, ayant déjà fait ses preuves, a permis d'obtenir des garanties quant à la stabilité aux U.V. à long terme. Grâce au disque partiellement teinté, la couleur est obtenue sans surcoût particulier, le «facility management» est aussi assuré pendant des années, lors des changements d'ampoules avec des tubes standards à 58 W du marché.

Technique d'éclairage

Les réflecteurs à haute performance spécialement mis au point et la disposition spécifique des lampes diffusent la lumière uniformément sur la membrane externe du coussin ETFE et assurent aussi l'éclairage régulier même si une partie des coussins n'est pas entièrement sérigraphiée pour assurer la transparence de l'intérieur vers l'extérieur. Afin de protéger des véhicules de l'éblouissement les densités lumineuses des membranes ont été limitées à des taux inférieurs ou égal à 50 cd/m² (pour le blanc) et inférieurs ou égal à 10 cd/m² (pour le rouge et le bleu).

Montage rationnel

Au lieu d'un seul appareil d'éclairage en longueur on a utilisé un appareil double avec 6 tubes. Il fait 3,5 m de long et n'a besoin que de 2 points de fixation. Cela permet aussi de diminuer par deux le temps de montage. Un autre avantage réside aussi dans le fait que la moitié de transformateur électronique est nécessaire. Les transformateurs permettent aussi l'allumage et l'extinction sans clignotement. Afin de permettre au monteur d'avoir de bonnes conditions de travail (branchements inclus) les appareils sont équipés de fronts amovibles qui permettent le câblage des lampes sans avoir à ouvrir de boîtier ou à démonter des réflecteurs etc...

Entretien facile

Chaque losange est équipé en bordure haute et basse de deux lampes qui sont facilement accessibles avec la nacelle dans le vide de la façade verticale. Beaucoup de lampes des rangs supérieurs ne sont accessibles que par des alpinistes. Les travaux de révision doivent pouvoir être effectués de façon agréable par les services d'entretien. Les lampes peuvent être changées par la simple ouverture, par trois clips, de leur disque de protection. Un éventuel changement de transformateur peut être assuré sans ouvrir la lampe et sans la déposer du réflecteur. Pour ce faire, une ouverture de révision a été prévue pour donner un accès direct au transformateur et permettre un changement confortable.

Risques d'incendie minimisés

La façade et les éclairages sont constitués de matériaux qui, en comparaison avec les réalisations courantes présentent des ris-

ques d'incendie restreints. Au lieu des appareils conçus à l'origine en plastique, les boîtiers sont en tôle d'acier galvanisée et les autres composants peu inflammables. Cela a été confirmé au cours de nombreux essais ainsi que lors d'une simulation d'incendie d'un élément de façade et de ses éclairages. La combinaison de la façade et de ses éclairages a été récompensée du prix allemand de la protection incendie.

Intégration optique en façade

Les effets lumineux sont visibles de l'extérieur et dans les espaces intérieurs comme par exemple dans les business lounge. Par contre les lampes sont fixées de telle façon aux poutres d'acier qu'elles ne sont pratiquement pas visibles à partir des business club ou des loges extérieures. Les boîtiers s'intègrent harmonieusement à la structure d'acier. Vue de l'extérieur, la sérigraphie plus dense sur les bords des coussins des rangs inférieurs vient cacher la transparence sur les lampes et diffuser la lumière. Grâce aux nombreuses étapes de l'exécution du parti d'éclairage on est parvenu à un résultat relativement simple qui, en plus de répondre aux conditions économiques et fonctionnelles, ravit les spectateurs par son aspect magique.

Élément de façade avec éclairage échelle 1:100

Coupe éclairage échelle 1:5

- 1 éclairage en double longueur 3500/300/60 mm avec 6 tubes, 3 transformateurs électroniques
- 2 ouverture de révision
- 3 joue amovible pour les branchements
- 4 fixation plat acier galvanisé 50/3 mm
- 5 structure secondaire tube acier galvanisé \square 120/220 mm
- 6 capotage verre acrylique 350/30/3 mm rayé transparent, rouge, bleu
- 7 fermeture clipsée
- 8 tube d'éclairage T26 58 W
- 9 réflecteur acier-inox poli miroir
- 10 transformateur électronique
- 11 boîtier tôle acier galvanisée 0,7 mm

Coupe échelle 1:50

- 1 asphalte coulé 60 mm, dalle filigrane 25 mm poutres béton armé 1250/900 mm
- 2 poteau composite béton-armé
- 3 éclairage 3500/300/60 mm
- 4 clapet de désenfumage tôle acier 4 mm
- 5 store de protection solaire
- 6 vitrage isolant sur façade à montants et traverses
- 7 élément préfabriqué poteau en béton armé vibré \varnothing variable
- 8 vissage poteau en béton vibré
- 9 enduit isolant thermique 60 mm, poutre de rive béton armé
- 10 tube acier avec rails pour une nacelle
- 11 pince en plat acier 2x 100/80 mm galvanisé
- 12 pneu de façade rempli d'air comprimé \varnothing 100 mm
- 13 tuyau PE d'air comprimé \varnothing 50 mm
- 14 pneu de façade membrane ETFE 2 mm
- 15 nacelle
- 16 tube acier \square 120/220 mm
- 17 main-courante acier-inox \varnothing 60 mm
- 18 chéneau tôle acier galvanisée 6 mm

Joints de dilatation dans les nœuds de la structure secondaire de la façade échelle 1:20

- 1 tube acier \square 120/220 mm
- 2 joint de montage avec tôle de remplissage pour la compensation de la tolérance

- 3 réglage de la compression tige filetée M 20
- 4 plat acier 250/30 mm
- 5 réglage de la tension tige filetée M 20
- 6 goujon acier
- 7 rive du chéneau plat acier au droit du joint en tôle élastique
- 8 étanchéité du chéneau profil Polyoléfine au droit du joint avec profil pour la reprise des mouvements
- 9 membrane ETFE 2 mm
- 10 lampe tricolore 3500/300/60 mm
- 11 pince plat acier 2x 250/30 mm