

## Résumé français

### Page 298

#### La signification de la lumière du jour au cours du temps

L'Homme a besoin de lumière naturelle pour son biorythme. Un coup d'œil vers l'extérieur suffit pour obtenir toutes les informations dont notre corps et notre esprit ont besoin pour leur bien-être. Des choses simples comme la position du soleil, le temps et les saisons nous communiquent inconsciemment les informations indispensables à notre équilibre. De plus, chaque personne est différente et a un rapport particulier avec la lumière. En général les gens raisonnables apprécient une lumière blanche et claire alors que les rêveurs préféreront une lumière plus douce avec une pointe de jaune. À cela s'ajoutent des expériences personnelles avec des lieux clairs ou sombres qui éveillent en nous de nombreuses associations avant même que nous puissions vraiment appréhender un espace. La perception n'est donc pas seulement une question d'ambiance lumineuse mais dépend aussi de chaque expérience.

Et cependant, ce ne sont pas seulement nos expériences personnelles qui nous font percevoir la lumière différemment de nos semblables, ce sont aussi nos différences culturelles. Chaque religion interprète autrement la signification du soleil et de la lumière et celle-ci peut même évoluer dans le temps. Pour la chrétienté par exemple, la lumière du jour était une métaphore de Dieu vouée à changer perpétuellement au cours des saisons. Les différents liens avec la lumière sont aussi déterminés par la géographie. Dans le sud on essaie d'éviter les rayonnements chauds: des avant-toits profonds et des halles ombragées assurent une fraîcheur agréable lorsque la chaleur de midi est écrasante; les lieux sombres et ombragés sont souvent associés à des propriétés positives. En Scandinavie en revanche il est question de capter la rare lumière nordique. La lumière du jour a une place importante dans l'architecture. Sans son intégration volontaire, beaucoup de bâtiments n'auraient pas les qualités qui les caractérisent. La lumière influence l'architecture sur trois plans. Sur le plan fonctionnel, elle est utilisée formellement pour répandre la clarté. Le plan esthétique correspond à la perception qualitative de l'espace qui peut être influencé par les compositions des couleurs et des ombres. Sur le plan émotionnel, les sentiments sont sollicités par différents effets lumineux. Dans l'histoire chaque époque architecturale a eu sa conception de la lumière et de sa mise en œuvre architectonique. L'ambiance lumineuse peut être sévère et mystique, comme à l'époque romane, puis claire et rationnelle comme à la Renaissance. Au cours des siècles, les ambiances lumineuses et leurs significations culturelles alternent régulièrement entre raison et émotion. C'est seulement depuis la post-modernité que de

nombreux styles existent les uns à côté des autres faisant que l'architecture actuelle de la lumière naturelle n'est plus déterminée par un courant bien défini. Le panorama historique qui suit montre, au moyen de quelques exemples, comment la signification de la lumière a évolué dans l'architecture.

#### Rome

La lumière était peu présente dans la culture romaine. On trouve cependant au Panthéon (120–130 a. J.C.) un véritable projecteur de soleil: l'ouverture cylindrique de 9 mètres de diamètre (opaion). Autrefois la coupole était décorée d'étoiles et la grande ouverture zénithale représentait le soleil.

#### Chrétienté

La lumière a pris le rôle, jusqu'au haut moyen Âge de lien entre Dieu et le monde et est devenue le symbole de Dieu lui-même. «Je suis la lumière du monde» est la phrase de la Bible qui accompagne la résurrection du Christ. La lumière matérialisée devient pour la chrétienté un phénomène spirituel considéré indépendamment du soleil. Au premier jour de la création, toujours dans la bible, la lumière fut, c'est après seulement que le soleil et les étoiles sont créés.

#### Roman

Les églises romanes sont les remparts de la croyance, intimement liées avec le sol. Elles reflètent l'esprit de la réforme de Cluny qui constitue le contrepoint spirituel aux influences du pouvoir mondial. Le sens de l'observation de l'architecture va de l'extérieur vers l'intérieur. L'extérieur de l'église est un lieu de communication direct entre Dieu et le monde; en revanche à l'intérieur la lumière reste retenue pour créer une ambiance noble et mystique qui devait faire trembler de respect. L'église est devenue, à l'inverse des lieux de cultes antiques, un lieu de rassemblement et n'est pas tenue par un seul petit groupe de prêtres. La construction de la troisième église de Cluny qui débute en 1089 est d'une très grande importance pour l'architecture romane occidentale. Cette immense église à 5 nefs avec son déambulatoire, ses deux travées transversales et ses 8 tours était à l'époque, avec Saint Pierre de Rome et le dôme de Speyer, le plus grand édifice chrétien.

#### Gothique

À partir du milieu du 12<sup>e</sup> siècle jusqu'à la fin du 15<sup>e</sup> ont été construites des architectures monumentales aux dimensions divines qui semblent dépasser les lois de la matière. On essaie avec divers moyens de réaliser des structures de lumière. Des arcs nervurés et des structures de croisées d'ogives permettent de réaliser la dissolution des parois. On peut facilement retrouver dans l'exemple de la cathédrale de Chartres comment – en suivant la conquête du matériau transparent – de plus en plus de membranes translucides en verre de couleur ont été construites.

C'est seulement du point de vue constructif que la fenêtre gothique est une ouverture; pour le caractère de la pièce, c'est une paroi illuminée et immatériellement éthérée. La

rosace est tout spécialement interprétée comme une représentation du soleil: l'équivalence «lumière = Dieu et soleil = représentation de Dieu» est appliquée matériellement dans la rosace.

#### Renaissance

La démystification de la lumière commence à la fin du 13<sup>e</sup> siècle avec la volonté d'expliquer la nature. La signification de la lumière évolue à la Renaissance du religieux vers le représentatif et l'esthétique en perdant de l'importance. La signification est réduite à sa fonctionnalité: la lumière est seulement là pour éclairer une pièce. Clarté et transparence deviennent synonyme d'architecture progressiste. La lumière qui vient du haut est considérée comme une nouvelle qualité; les grandes fenêtres permettent pour la première fois les vues vers les intérieurs et l'extérieur. Le passage entre le dedans et le dehors devient un thème récurrent. Les églises sont divisées en différentes zones d'éclairage tout à fait remarquables comme dans le «Redentore» de Palladio à Venise. Chaque espace de la nef est éclairé au plus juste pour constituer un sanctuaire sobre et démystifié.

#### Baroque

Les liens à la lumière redeviennent plus intenses à cette période, l'expérience sensorielle du soleil est au premier plan. On recherche à nouveau les éclairages diffus et irréels sans ombres portées trop dures. On peut observer dans la cathédrale de Turin, particulièrement quand le soleil est bas, comment la voûte de la coupole est éclairée afin de donner l'impression de flotter. L'éclairage général du zénith de la coupole est assuré par un lanterneau que le visiteur ne voit pas de l'intérieur. Dans l'architecture profane la lumière est toujours liée à la raison, à la liberté et au pouvoir. On peut citer comme exemple la galerie des glaces de Louis XIV: l'exception architecturale n'est plus réservée seulement à l'architecture religieuse.

#### 19<sup>e</sup> siècle

Avec les débuts de l'industrialisation, la lumière est définitivement démystifiée et exploitée jusque dans les serres ou les usines. Cette nouvelle soif de lumière se manifeste dans l'architecture avec le Cristal Palace de Londres en 1851. Il est désormais clair pour le visiteur de ce colosse d'acier et de verre que les règles qui définissaient jusque là l'architecture sont abolies. En revanche, le logement est toujours dans l'ombre de cette évolution. On utilise dans les intérieurs des logements principalement des matériaux foncés et absorbant; la différence nette entre intérieur et extérieur est caractéristique. Les pièces remplies de lumière avec des façades vitrées ont d'abord été acceptées dans les espaces publics.

#### Moderne primitif

La lumière conquiert les logements avec le rationalisme. Chaque recoin doit être éclairé et cela devient le slogan du «logement libéré». Le verre pur, autant que possible sans redivisions, fait du logement un appen-

dice du monde extérieur. La pensée lumineuse est à son sommet dans la dissolution de la forme signifiée par la maison entièrement en verre. Bruno Taut a mis en œuvre cette idée dans son pavillon pour l'exposition du Werkbund de 1914. Les murs et la coupole complexes sont réalisés en grande partie en verre, pour donner l'impression au visiteur de se trouver au cœur même de la lumière. Le verre est mis en œuvre comme matériau de construction, pour représenter la joie de vivre et la vigueur. «Soleil, lumière, air et espace» constituent désormais le programme. La sociologie et l'hygiène du logement viennent soutenir la lumière dans son succès. Le Weissenhof de Stuttgart de 1927 met en place les fondements du «nouveau logement» et constitue la pierre fondatrice du Mouvement Moderne. Des nouveaux procédés industriels et la production en série ont donné la possibilité aux architectes de développer les nouvelles formes d'une architecture contemporaine. La dissociation de la structure porteuse et de la façade permet de libérer la mise en place des ouvertures et libère l'architecte pour la composition de la lumière. La fenêtre en longueur permet d'éclairer les pièces de façon homogène, autant de principes que l'on retrouve de façon exemplaire dans la Villa Savoye de Le Corbusier. Louis Kahn de son côté refuse la dissociation de la structure et du mur, des éléments spatiaux et constructifs ce qui le distingue clairement de la transparence de la modernité. Les coques de plafond du musée d'art Kimbell sont exemplaires et montrent de façon exemplaire comment la structure concave du plafond est aussi utilisée comme réflecteur de la lumière. Kahn était à la recherche de la mystique de l'espace par la lumière naturelle dont l'énergie lui permet de rendre l'espace vivant. Afin de moduler la lumière naturelle il utilise souvent les progressions et les passages du public au privé et de l'extérieur vers l'intérieur. La centralité et les espaces servant constituaient les principes de ses plans et lui permettait de composer avec la lumière.

#### *Moderne tardif*

Des débuts du Mouvement Moderne à sa fin on retrouve toujours le soin apporté par les architectes pour mettre en œuvre des situations où la lumière sera toujours traitée au mieux. La liberté acquise avec les ouvertures et les enveloppes de bâtiment et les progrès techniques ont permis de réussir à répondre à toutes les envies des architectes. Ces nouveaux aspects sont cependant accompagnés de problèmes statiques, énergétiques et climatiques dont les solutions n'ont cessé de diminuer la souveraineté des architectes. Il a fallu reconnaître que la maison entièrement en verre n'était pas la véritable sagesse. C'est ainsi que le 20<sup>e</sup> siècle s'est principalement préoccupé de la question du dosage de la lumière naturelle. Après l'appel à plus de lumière c'est la volonté de mesure et du contrôle de la lumière qui occupe les concepteurs. C'est tout parti-

culièrement la fin du Mouvement Moderne qui voit de nombreuses solutions lumineuses exceptionnelles et s'avère être une période d'enseignement pour l'éclairage. Le Corbusier, Louis Kahn, Alvar Aalto et Luis Barragán ont été les protagonistes éclairés de cette époque et reflètent encore le bonheur de l'expérimentation avec la lumière de leur époque.

*La lumière naturelle dans l'architecture actuelle*  
À la différence des débuts de la modernité on attend aujourd'hui beaucoup moins de l'idéologie que des solutions sur mesure et lumineuses optimales. Les styles architecturaux spécifiques pour la lumière naturelle ont été remplacés par des défis architectoniques spécifiques et leurs conditions d'éclairage. C'est ainsi que l'on prend conscience que les architectures hétérogènes de notre époque ne peuvent pas être résolues par une attitude unique vis à vis de la lumière. Le rapport à la lumière naturelle est redéfini pour chaque projet en fonction de son programme spécifique. La pratique et l'enseignement de l'histoire de l'architecture nous on appris à considérer la quantité de lumière et sa gestion en fonction de l'utilisation. L'ABC de l'éclairage, encore en vigueur aujourd'hui, a été défini à la fin de l'époque moderne. Aujourd'hui nous en sommes arrivés au point où nous sommes capables de créer de véritables compositions lumineuses et sensibles, de l'ordre des mots ou des phrases et non plus seulement de celui des lettres. La chapelle St. Ignace de Stephen Holl sur le campus de l'université de Seattle (1997) peut ainsi être lue comme un véritable texte allégorique de composition lumineuse. De la même manière la chapelle de la lumière de Tadao Ando (1989) est un exemple réussi de mise en scène de la lumière. Ces exemples montrent que la lumière en architecture ne peut jamais être abordée seule. Ce sont beaucoup plus des compositions de lumières, couleurs, bruits, températures, humidités ou sons qui constituent une présence architectonique. Les jeux et les activités équilibrées de tous les sens avec la stimulation de nos besoins quotidiens sont décisifs pour créer des architectures intéressantes.

La résolution des problèmes liés à la lumière est bien sûr vouée à des mouvements de mode: les façades entièrement vitrées correspondent toujours plus à une interprétation de la transparence dans les grandes sociétés quels que soient les problèmes dus aux surchauffes. Il est toujours possible de construire des immeubles entièrement en verre avec une surenchère d'exploits technologiques mais, par contre, justifier de tels ouvrages de verre et de haute technicité nécessite des fondements idéologiques toujours plus forts. Nous savons aujourd'hui que dans les bâtiments un taux de vitrage de 50% est suffisant pour éclairer même les pièces les plus profondes.

#### *Conclusion*

Le souhait toujours vif de vouloir toujours

plus de lumière naturelle dans les bâtiments, pousse les architectes à inventer des solutions qui frôlent parfois les limites du savoir-faire technologique. En effet, le concepteur se rend compte, au plus tard lors de nouvelles conceptions mesurées par rapport aux normes et aux taux de confort en vigueur aujourd'hui que les apports seulement conceptuels ne suffisent plus pour une «architecture de la lumière» fonctionnant sans désordres. Des problèmes de physique ou de technique de la construction, comme ceux posés par les vitrages high-tech, demandent l'expérience de spécialistes avec pour conséquence que l'architecte se voit de plus en plus souvent forcé à concevoir le modelé de la lumière avec une équipe de spécialistes. Il est important à ce stade de laisser les aspects techniques aux spécialistes et de se consacrer entièrement, en tant qu'architecte, aux questions posées par la conception architecturale.

#### **Page 304**

#### **Plus claire que mille soleils – L'architecture de la nuit: points d'orgue et zones d'ombre**

Le tapis roulant se déroule dans le tunnel aux murs éclairés: des zones rouges, jaunes et bleues se succèdent et enveloppent les passagers dans un cocon lumineux. Le travail de Keith Sonnier éclaire 1000 mètres de souterrain, un record. Que deviendrait le terminal souterrain de l'aéroport de Munich sans ses éclairages artificiels? Au mieux un tunnel recouvert de publicités, un trajet sans joie sur le chemin de l'avion. L'installation «Liaison rouge-bleu-jaune» promet de la légèreté avant le décollage. Les installations artistiques de lumière sont très en vogue. Elles viennent se confronter à la magie lumineuse sauvage de nos villes qui explose en nuages lumineux dès la tombée de la nuit. En nuages orageux. Avec des palpitations d'éclairs perçants et des clignotements de réclames lumineuses qui disparaissent aussitôt. Rien ne marque plus la métropole moderne que sa présence dans la nuit. Et celle-ci n'a souvent rien à voir avec la qualité urbaine. Il y a en effet une grande différence entre les objets qui sont illuminés ou ceux qui s'éclairent de l'intérieur en se dissociant de leur apparence diurne. Mais la manie de la lumière gagne et avec elle les zones d'ombre d'une architecture de la nuit mise en scène. Toujours plus d'Uplights et de Wall-washers viennent faire briller des façades qui feraient mieux de rester dans une ombre bienfaitrice. L'architecture relie les hommes et les matériaux, elle prend vie avec la lumière et en cela elle ne peut pas passer sous silence son origine céleste. Les constructeurs néolithiques orientaient déjà leurs pierres en fonctions des mouvements du soleil et des cycles de la lune. La lumière est chargée de désirs, d'imaginaire et de souvenirs. Les gens se laissent éblouir devant la lumière comme au théâtre. Personne n'a su mieux faire que les bâtisseurs des ca-

thédrales. L'abbé Suger veut conduire les croyants vers la vraie lumière au moyen de la lumière de la vérité. La source de ses vitraux lumineux est constituée de saphirs concassés mélangés au silice fondu. Jusqu'à aujourd'hui les églises n'ont rien perdu de leur dramaturgie lumineuse. La lumière coule comme du lait sur les murs de Ronchamp; dans la pénombre le regard cherche les vitraux placés dans des niches profondes.

*L'état d'émotion propre à la matière que l'on appelle électricité*

La cathédrale est resté pendant longtemps un accomplissement insurpassable. Jusqu'à ce que les Luna Parks ou autres expositions universelles généralisent vers 1900 leurs jeux de lumière profanes. Le courant modifie tout et particulièrement la perception des grandes villes. Des projecteurs orientés sur la tour Eiffel entre le 15 avril et le 12 novembre 1900 semblent l'allonger à l'infini. Les attractions de la nuit se multiplient comme une traînée de poudre: en 1901 l'exposition Pan America à Buffalo, en 1903, le Luna Park de Coney Island, en 1904 la Louisiana Purchase Exhibition de St. Louis. Il n'est pas surprenant que les fondements théoriques de ce que l'on appelle aujourd'hui l'éclairagisme ait vu le jour aux USA. Richard Kelly nourrit son expérience d'éclairagiste de scène avec les théories psychologiques de la perception. Il distingue trois situations d'éclairage : «Ambient Light», «Focal Glow» et «Play of Brilliance». En véritable sémioticien, Kelly attribue à chaque ambiance de nombreuses informations. De l'éclairage général qui laisse déjà percevoir la pièce et les éléments qui la constituent jusqu'à la lumière bien dosée qui organise le lieu en hiérarchies en conférant à ses éléments des significations diverses, jusqu'à l'éclairage qui devient lui même une source d'information, comme les signes en néon. Mais la ville ne se traite pas par des pourcentages. Ses édifices s'illuminent comme des feux d'artifice domestiqués. La ténébreuse Londres du 19e siècle avec ses lampes à pétrole est révolue et de l'autre côté de l'Atlantique New York rayonne. La capitale du 20e siècle séduit avec ses réclames clignotantes et ses avenues très éclairées. Les noctambules s'abandonnent dans les couleurs de la nuit comme John Dos Passos dans «Manhattan Transfer». Deux projets de la modernité se fondent dans les images de la nuit: le sentiment de la vitesse, de la vie motorisée avec ses tramways, les trains et les voitures et la sensation d'illumination. Les réclames et les enseignes élargissent le paysage urbain comme les verticales des gratte-ciels. Le néon rend la ville lisible, fait d'elle un dictionnaire toujours plus dense de petits messages, d'affiches clignotantes et d'invitation à la consommation scintillantes. Au 20e siècle les feux de la rampe du théâtre conquièrent le monde entier. La grande ville devient elle-même une scène avec ses réclames trop vives et ses étalages mal éclairés.

*La ville théâtralisée et ses protagonistes*

L'américain James Turrel voit de façon très neutre la façon dont nos villes dilapident la lumière, comme un simple matériau de construction. Il montre avec des travaux poétiques, comme le siège illuminé du Verbund Netz Gaz à Leipzig en 1997 comment la lumière artificielle fonctionne. L'américain pose couleur sur couleur comme on empile des briques. La façade en verre évolue du rouge au bleu. Des néons cathodiques à froid, gérés par ordinateur, sont insérés entre ses deux peaux et montrent à tous les passants ce que la technique de climatisation doit faire. Le chauffage et la ventilation sont représentés par les spectres colorés contraires qui transforment la double peau en verre en un écran d'information. Turrel concentre sur les 22 mètres de haut de la façade la lumière transformée en source d'information et façonne ses effets. L'art, la lumière et l'architecture se retrouvent en un dialogue dynamique qui fait participer l'environnement en réagissant directement par rapport à lui. La conception commune des architectes et de l'artiste prouve la possibilité d'une mise en scène intelligente de la lumière la nuit.

Dans le «play of brilliance» des mondes urbains d'aujourd'hui l'architecte doit lui même devenir un metteur en scène de la lumière, celle-ci pouvant avoir une influence sur des quartiers entiers. Ou bien il doit collaborer avec des concepteurs spécialisés ou des artistes. Leurs installations lumineuses ou leurs dramaturgies colorées dessinent de nouvelles façades qui abandonnent loin derrière elles les images du quotidien. La «tour des vents» de Toyo Ito et Kaoru Mendes de 1986 permet de suivre la transformation d'une tour de ventilation-château d'eau banale en une véritable sculpture. Toyo Ito et Kaoru Mendes construisent autour de l'édifice purement fonctionnel une véritable sculpture lumineuse. Douze anneaux, 30 projecteurs et 1300 ampoules réagissent via un programme informatique aux bruits du trafic et aux vents. Parfois de façon extatique puis à nouveau calmement et en passant de l'un à l'autre souplement. Les entrepôts Erco de Schneider+Schumacher à Lüdenscheid prouvent que des projets non spectaculaires peuvent représenter les meilleures mises en scène nocturnes et nouer des liens privilégiés entre architecture et éclairagisme. Les architectes ont conçu pour ces entrepôts entièrement automatisés, sans présence humaine, une fine enveloppe en profils verriers, une peau structurée qui change à tout moment. La mise en scène lumineuse de Uwe Belzner accentue la nuit les éclairages verticaux azur et jaune de la structure filigrane de la façade. Les entrepôts du fabricant d'appareils d'éclairage sont traités comme une enseigne pour la philosophie de la société, comme une partie de l'architecture de l'entreprise qui peut à la fois se passer d'effets trop faciles, tout en montrant véritablement les effets poétiques de la lumière. «La

conception lumineuse est la conception de l'environnement visuel» selon Daniel Tschudy, architecte à Zurich. Les projets bien conçus sont cependant des exceptions comme le montre n'importe quelle traversée de grande ville. La lumière multiplie la trivialité du jour, la rend encore plus présente. Souvent l'architecture retombe dans son contraire. Les éclairages «uplight» qui sont sensés éclairer les monuments historiques retournent les hiérarchies des façades, les corniches, soubassements et pilastres éclairés par le bas apparaissent comme des images négatives, les ombres sont projetées vers le haut, la finesse de certains reliefs disparaît et d'autres éléments invisibles le jour sont mis en valeur la nuit. Les enveloppes modernes en verre ne sont pas mieux traitées, leurs éclairages sans nuances les transforment vite en supports de réclame surdimensionnés et en enseignes lumineuses. Apparemment nous nous trouvons à l'origine d'une nouvelle architecture de la nuit qui est capable de reprendre et de repenser de façon plus intelligente et convaincante les expériences des métropoles du 20e siècle.

#### Page 324 Galerie à Gand

La petite galerie vend des objets usagés, des meubles et de l'art, des trouvailles amusantes et pleines de charme. Son propriétaire a reconverti une vieille maison de ville pour ses nouvelles salles d'exposition. Le bâtiment à deux étages, divisé par une cour en un bâtiment sur rue et sur cour, a été transformé par ses propriétaires successifs, la cour a même été couverte pour former un espace intérieur. L'objectif de la réhabilitation a été de retrouver le plus possible de l'ancienne structure pour recréer une architecture adaptée au caractère de la galerie. La toiture de la cour a d'abord été démolie. C'est désormais un tuyau en polyester jaune qui sert à relier les deux bâtiments, avec son diamètre de 2 m, c'est un élément qui sert d'habitude à la construction de silos. Comme la paroi ne fait que 1,5 cm d'épaisseur le plastique est translucide et s'éclaire la nuit quand la lumière est allumée dans les pièces. On atteint les espaces d'exposition dans le bâtiment arrière par ce couloir inhabituel. Afin de refermer les ouvertures du bâtiment qui donne sur la cour l'architecte a tendu une membrane contre le mur. Elle est constituée de deux feuilles gonflées d'air et maintenues en haut et en bas par des profils en aluminium, un mode de construction emprunté à la construction des serres.

Coupe sur la membrane échelle 1:5

- 8 2x film plastique 2 mm avec épaisseur d'air de 28 mm
- 9 profil aluminium 50/58 mm
- 10 bloc de béton 35 mm, sable/ciment 55 mm, feuille polyéthylène, isolant mousse PUR 50 mm, dalle béton armé 150 mm
- 11 rigole aluminium

**Page 327****Colonne de lumière**

Le siège de l'étude internationale Morgan Lewis à Washington surprend par un élément inhabituel: une colonne lumineuse soignée. Le bâtiment de douze étages a été surélevé de deux étages et agrandi sur un côté, l'extension a donné du côté de l'immeuble voisin une cour d'environ 20 x 2,5 m sur 50 mètres de haut sur laquelle les bureaux sont orientés. Pour parfaire l'éclairage et l'atmosphère studieuse des pièces, les concepteurs d'éclairage James Carpenter et Davidson Norris ont conçu une colonne lumineuse de 40 m de haut suspendue au toit de l'atrium à 4,5 m au-dessus du sol. Le tube avec sa double paroi et son diamètre de 2 m éclaire l'atrium de façon homogène jusqu'au rez-de-chaussée et apporte suffisamment de lumière aux bureaux. La paroi extérieure est en tissage de fibres synthétiques, son cœur est constitué de prismes en verre maintenus dans une structure d'acier et fixés par des tiges rayonnantes. Le noyau de verre diminue de haut en bas de 150 cm à 45 cm de diamètre. Un héliostat mobile positionné sur le toit répercute la luminosité et l'orienté au moyen d'un miroir sur le cœur en verre où chaque prisme reflète la lumière vers le bas. Les rayons du soleil sont projetés à l'extrémité basse du tube et créent un motif lumineux changeant sur le sol. Par temps couvert des projecteurs éclairent les miroirs de la colonne de lumière, la nuit, des couleurs lui confèrent son caractère sculptural.

**Coupe • Plan échelle 1:50**

- 1 héliostat orientable
- 2 projecteur
- 3 tube acier  $\square$  125/125 mm
- 4 couverture tôle
- 5 verre de sécurité trempé 12 mm
- 6 suspente du miroir orientable, inclinaison 45°
- 7 24 miroirs 500 x 500 mm, sur tôle acier 1900 x 3100 x 10 mm ajustables manuellement au moyen de rotules
- 8 ancrage dans des ancrs périphériques en béton armé tous les deux étages
- 9 tubes pour la diffusion de la lumière, tissage lycra translucide et réfléchissant,  $\varnothing=1830$  mm,
- 10 barre diagonale  $\varnothing=6,5$  mm
- 11 fixation des prismes en verre, acier-inox
- 12 cône en prisme de verre, 1600/15 mm, face intérieure recouverte d'un film optique  $\varnothing$  haut = 1754 mm,  $\varnothing$  bas = 500 mm
- 13 tirant  $\varnothing=6,5$  mm

**Page 330****Boutique à Barcelone**

La petite boutique d'accessoires pour le bain est située directement sur l'élégante artère commerçante barcelonaise Passeo de Gràcia. Pour se différencier des autres boutiques, celle-ci change d'apparence comme un caméléon au cours de la journée. Le spectre lumineux varie en trois phases différentes, du blanc pur le matin jusqu'au rouge de la soirée en passant par un rose tendre. Un système modulaire constitué de panneaux en polycarbonate sur un corps en tôle d'aluminium sert à la fois d'habillage du

plafond et de cloisonnage autoporteur. Des tubes d'éclairage colorés sont placés derrière les panneaux transparents et peuvent être éteints et allumés par un système de minuterie qui permet différentes combinaisons des tubes blanc et rouges. Les panneaux illuminés par derrière enveloppent tous les murs et plafonds de la surface de vente et les cloisons permettent de protéger du regard les cabines d'essayage et les réserves. Le concept d'éclairage et le mobilier transparent constituent l'image de marque de la griffe et peuvent être déclinés dans d'autres filiales.

**Perspective**

Coupe verticale • Coupe horizontale

Échelle 1:10

- 1 passage
- 2 zone de vente illuminée
- 3 cabine d'essayage
- 4 cloison lumineuse
- 5 tôle aluminium pliée 2 mm
- 6 tube d'éclairage blanc/rouge  $\varnothing$  20 mm
- 7 cadre profil acier L 15/15 mm
- 8 panneau polycarbonate assemblé à rainures et languettes 16 mm fixé au cadre en acier avec des bandes velcro
- 9 pied aluminium réglable en hauteur
- 10 panneau de plâtre 15 mm
- 11 tube acier  $\square$  35/35 mm

**Page 332****Passage souterrain à Villingen**

Les passants ont la surprise, à mi-parcours, d'un jeu de lumière coloré: le mur de verre est éclairé de différentes couleurs et baigne le tunnel dans des ambiances lumineuses diverses. Le mur en panneaux de verre feuilleté de 2,50 x 1 mètres a été installé sur la trame du tunnel existant; des tubes lumineux de couleur à intensité réglable sont mis en place dans l'interface, ils utilisent les murs anciens comme surfaces de réflexion. Un film mat dans l'épaisseur du verre assure la répartition de la lumière sur les grandes surfaces vitrées. Les surfaces en acier-inox des plafonds et des murs d'en face agissent doublement: la peau métallique reflète d'une part la lumière et permet d'autre part de prévenir les graffitis ou inscriptions diverses. Des bandes lumineuses au nu du plafond et des murs renforcent l'éclairage du tunnel en reprenant le rythme du sol en granite. Cela permet aussi de raccourcir optiquement le parcours. Lorsque le tunnel est vide, le mur de verre a des tons pastel de 5% d'intensité. Aussitôt qu'un passant emprunte le passage les tons jaunes, verts, bleus et rouges deviennent plus foncés et plus denses. Un ordinateur gère le programme lumineux en 4 séquences d'une minute chacune, qui prennent toute leur ampleur le soir quand de nombreuses personnes empruntent le tunnel.

**Coupe échelle 1:10**

- 1 dalle béton armé 250 mm
- 2 tube d'éclairage blanc
- 3 profil acier L 50/70/4 mm
- 4 panneau polycarbonate massif 4 mm fraisé latéralement de 2 mm

5 tôle acier inoxydable polie 2 mm  
coupe échelle 1:10

- 1 béton armé 250 mm
- 2 profil acier inoxydable L 50/50/4 mm
- 3 tôle acier inoxydable polie 1 mm
- 4 profil acier IPE 100
- 5 tube acier  $\square$  50/90/2 mm
- 6 tubes d'éclairage de couleur avec variateur
- 7 support profil acier L 40/40/2 mm
- 8 vitrage feuilleté de sécurité 2x 6 mm avec film mat PVB
- 9 revêtement de sol granite 20 mm posé sur lit de mortier, béton armé 250 mm
- 10 profil acier L 70/100/8 mm

**Page 335****Station de métro Westfriedhof à Munich**

La première impression est inhabituelle, on pense plus à une installation d'art contemporain. Mais les murs bruts du tunnel et les réflecteurs surdimensionnés de l'espace en longueur et sans points porteurs font bien partie de la station de métro. Les architectes ont évité tout décor et ont su affirmer le caractère de la station seulement avec du mobilier en acier inoxydable et les murs et plafonds en béton de gros œuvre brut. Un habillage en verre des murs prévu au départ a été volontairement abandonné pour insister sur le caractère original du tunnel. Les abat-jour monumentaux en aluminium d'un diamètre de 3,80 m rappellent des éclairages industriels tout en contrecarrant cette impression. Leurs faces intérieures rouges, bleues et jaunes permettent de contrebalancer l'aspect archaïque des murs. Les onze coupoles suspendues au-dessus du quai sont équipées de 12 tubes lumineux. Pour ne pas diminuer l'effet rayonnant, les tubes sont installés le plus profondément possible dans les coupoles. Des suspentes en acier laqué argent permettent de soutenir chaque coupole et servent de support à des tubes lumineux supplémentaires de couleur bleue, qui nimbent les murs et le plafond dans une lumière bleue en renforçant le contraste entre les éclairages et les surfaces en béton.

**Quai**

Coupe transversale échelle 1:250

Coupole lumineuse

Vue partielle d'en bas

Coupe transversale échelle 1:50

- 1 coupole aluminium intérieur peint en couleur 2 mm avec renfort périphérique continu, au total 20 segments
- 2 anneau de renfort aluminium  $\square$  25/25/3 mm
- 3 éclairage avec tubes blanc chaud
- 4 nervure aluminium  $\square$  25/25/2,5 mm
- 5 anneau porteur aluminium  $\square$  40/40/4 mm
- 6 patte de liaison aluminium 2x 40 mm rivetée à l'intérieur puis aplanie peinte après le montage dans la couleur de la coupole

**Page 338****Entrepôt à Ludenscheid**

Les architectes ont travaillé dès le début avec l'éclairagiste Uwe Belzner. L'idée du projet consiste à créer une façade de jour et une façade de nuit. Le jour il est difficile d'influencer les effets d'éclairage: l'enveloppe

réagit par l'habillage des façades en profils verrier en U ouverts vers l'extérieur aux différences de lumière. Et ce ne sont pas seulement les couleurs qui changent mais aussi les taux de transparence. Pour la nuit, l'équipe a mis au point un éclairage qui livre le contenu du bâtiment: des tubes d'éclairage installés en longueur derrière la façade rappellent les codes barre des produits. Pour symboliser les activités de l'intérieur –empiler, stocker, ranger – les tubes lumineux s'éclairent soit individuellement soit en rangée. Les profils verriers des côtés longs ont été mis au point spécialement pour le projet sur le principe d'un système de double façade. Les pignons sont traités avec des vitrages isolants de 2,2 x 4,5 mètres maintenus seulement par des profils horizontaux. Les joints verticaux sont traités au silicone pour permettre à la lumière naturelle de pénétrer en profondeur dans l'édifice. Six lanterneaux continus assurent un éclairage naturel suffisant pour pouvoir travailler confortablement dans la partie centrale du bâtiment de presque 30 x 74 mètres. Les manipulations des palettes dans la zone avant et leur déplacements dans les rayonnages sont entièrement automatisés; seules quelques pièces sont déplacées manuellement. Le stock lui-même est réalisé comme un silo, les étages constituent aussi la structure porteuse en acier de la halle.

Coupe verticale et horizontale échelle 1:20

- 1 lanterneau: panneau polycarbonate double cavité
- 2 constitution de la toiture : étanchéité 2 mm, isolant thermique laine minérale 80–120 mm, pente 2%, pare-vapeur, bac acier 80/307 mm, profil acier HEA 120, profil acier HEA 300
- 3 tôle acier 2 mm, isolant thermique 38 mm
- 4 vitrage isolant verre feuilleté 2x 6 + vide 16 + verre trempé 10 mm, joint vertical rempli au silicone, joint horizontal avec couvre joint aluminium 60/20 mm, façade à montants et traverses aluminium 150/60 mm, poteau profil acier HEM 400
- 5 vitrage coupe fumée
- 6 porte: tôle acier 3 mm, isolant thermique 54 mm
- 7 profil verrier 262/60/7 mm, profil verrier 262/41/6 mm, profil acier HEB 120 avec enduit protecteur
- 8 tube d'éclairage Ø 25 mm

Coupe verticale échelle 1:20

- 1 lanterneau: panneau polycarbonate double cavité 16 mm
- 2 plat acier plié 4 mm
- 3 constitution de la toiture: étanchéité 2 mm, isolant thermique laine minérale 80–120 mm, pente 5%, pare vapeur, bac acier 80/307 mm, profil acier HEB 120
- 4 tôle aluminium pliée
- 5 profil verrier 262/60/7 mm  
profil verrier 262/41/6 mm  
profil acier galvanisé HEB 120
- 6 profil acier L 75/75 mm, partie pivotante avec perforation de ventilation aluminium Ø 8 mm
- 7 passerelle d'entretien:  
cadre tube acier 100/50 mm, caillebotis 30 mm
- 8 constitution du sol: enduit de protection  
panneau porteur 30 mm, isolant thermique 120 mm, béton armé 250 mm, tôle Holori galvanisée 50 mm
- 9 tube d'éclairage Ø 25 mm
- 10 fixation de l'éclairage profil acier L 50/50 mm
- 11 tôle aluminium pliée 3 mm  
isolant thermique résistant à l'eau 30 mm
- 12 profil aluminium L 35/35 mm

## Page 344

### Siège de la protection des monuments historiques à Esslingen

Afin de répondre aux nombreuses contraintes climatiques et techniques dans les nouveaux bureaux, laboratoires et ateliers un ancien lycée du 19e siècle a été entièrement rénové et agrandi. Un tour vitrée et un bâtiment sur un niveau abritant des ateliers sont recouverts de métal déployé et complètent l'ensemble architectural. La tour de bureaux desservie par le bâtiment ancien et par des passerelles est habillée d'une façade de verre. Toutes les fonctions d'enveloppe thermique, de protection solaire et de diffusion lumineuse sont concentrées dans l'épaisseur du vitrage. Des lamelles fixes spécialement conçues sont mises en place dans l'interface des vitrages, elles réfléchissent parfaitement la lumière du soleil en fonction de la période de l'année et de l'angle d'ensoleillement vers l'extérieur ou de façon précise dans les pièces. C'est ainsi que les apports énergétiques restent réduits en été. Les dalles massives en béton armé servent de plus d'accumulateur thermique et permettent de pouvoir se passer de climatisation supplémentaire malgré les grandes surfaces de vitrage. Ce sont seulement des éléments de chauffage ou de refroidissement en périphérie des dalles qui servent à équilibrer des différences de températures trop extrêmes. Un rythme régulier de fenêtres sans lamelles permet aux utilisateurs une ventilation et une vue individuelle, chacune d'elle peut aussi être assombrie par un store à fonctionnement manuel.

Coupe sur la façade échelle 1:20

- 1 vitrage isolant  $U=1,2W/m^2K$ , verre de sécurité trempé, vide 27 mm avec lamelles fixes, verre feuilleté 12 mm
- 2 pièce préfabriquée béton armé avec circuit de chauffage de tempérisation des surfaces périphériques 80 mm
- 3 dalle béton armé 200-420 mm, sous-face peinte
- 4 profil aluminium 150/50 mm avec insert acier
- 5 parquet chêne 24 mm, panneau aggloméré 34 mm, vide
- 6 réservation dans les retombées de poutres pour le passage des installations techniques
- 7 grille en lamelles de chêne
- 8 convecteur
- 9 lamelle aluminium devant joint de dilatation
- 10 store à lamelles
- 11 ouvrant parallèle, vitrage isolant  $U=1,1W/m^2K$ , verre trempé 8mm+ vide 16 mm+ verre feuilleté 10 mm
- 12 chape asphalte 30 mm, surfaçage PU, béton léger 95 mm de mise à niveau, film polyéthylène isolant thermique panneau de mousse extrudée 220 mm, dalle béton armé 200 mm, sous face peinte
- 13 capotage aluminium
- 14 profil aluminium L 20/20/2 mm
- 15 verre trempé 8 mm, envers sérigraphié noir, bande support 3 mm, tôle aluminium 3 mm

## Page 348

### Centre de recherches et de développement à Meiningen

L'étage supérieur est constitué de galeries en peigne qui permettent de faire alterner des espaces en longueur avec des court-

tes. Cette structure de plan modulaire peut permettre au besoin l'extension du bâtiment vers le nord et le sud. Les éléments de façade des pignons sont conçus de façon à pouvoir être facilement démontés en cas de réaménagement. À côté de la structure fonctionnelle flexible, c'est la volonté d'éclairer tous les espaces en lumière naturelle qui a orienté le projet. C'est la raison pour laquelle les toitures sont en shed au dessus des courtes et confèrent au bâtiment sa silhouette marquante. Ils sont orientés pour que les espaces profitent au maximum de la lumière du nord. De nombreux réflecteurs répartissent la lumière dans la halle et jusque aux bureaux du niveau bas à travers des cloisons transparente et des bandes vitrées dans les planchers. Mais la lumière directe du soleil –importante pour le bien-être– arrive aussi jusqu'à l'intérieur par d'étroites fenêtres au sud. Pour qu'elle n'éblouisse et ne dérange pas dans le travail elle est diffusée par un traitement de surface mat du vitrage.

Coupe échelle 1:20

- 1 habillage tôle aluminium 3 mm
- 2 étanchéité polymère fixée mécaniquement  
isolant thermique panneau de fibres minérales 120 mm, pare-vapeur, bac acier 135/310/3 mm, profil acier HEB 360, panneau de plâtre 12 mm
- 3 profil acier HEA 200
- 4 profil acier HEB 260
- 5 suspente des réflecteurs, barre tendue ou câble Ø 8 mm
- 6 plat acier 150/10 mm, peint en blanc
- 7 réflecteur lamelle tôle acier inoxydable 2 mm pliée, fixe
- 8 chant bois 100/100 mm peint en blanc
- 9 panneau latté plaqué 6000/182/33 mm peint en blanc
- 10 tôle acier inox 0,5 mm pliée trois fois sur panneau latté plaqué
- 11 verre acrylique 15 mm, cintré thermiquement
- 12 2 lames d'acier 500/50/3 mm
- 13 vitrage fixe trempé 12 mm maintenu sur 2 côtés
- 14 main-courante plat acier 50/15 mm
- 15 poteau tube acier 50/30/3 mm
- 16 constitution su sol: moquette 10 mm, chape anhydrite 35 mm, système de panneaux 18 mm, suspension ajustable dans le vide 70 mm, béton armé 200 mm

Coupe Échelle 1:20

- 1 habillage tôle aluminium 3mm
- 2 étanchéité polymère fixée mécaniquement,  
isolant thermique panneau de fibres minérales 120 mm, pare-vapeur, bac acier 135/310/3 mm, profil acier HEA 200
- 3 poteaux tube acier 120/80/8 mm
- 4 gravier 50 mm, étanchéité polymère, isolant thermique panneau de fibres minérales 120 mm, pare-vapeur, béton armé 300 mm
- 5 profil acier IPE 120
- 6 bloc maçonné 35 mm, chape anhydrite 45 mm  
feuille de séparation polyéthylène  
isolant thermique mousse dure polystyrol 50 mm  
étanchéité bitume, béton armé 500 mm

## Page 353

### Réaménagements de l'université Paris X à Nanterre

Les bâtiments de l'université réaménagés sont situés sur un campus à Nanterre. Avant l'intervention, l'existant est pauvre et désolé, sans lumière, typique des années 60. Aujourd'hui, grâce à de nombreuses inter-

ventions la lumière inonde généreusement même les pièces les plus profondes. Le plafond de la longue entrée se développe en biais et attire les visiteurs dans la halle principale de distribution. Comme dans toutes les pièces, le plafond est traité comme un meuble et s'approprie l'espace dans ses trois dimensions. Les architectes ont créé des ouvertures dans la dalle nervurée en béton armé de 10 mètres de profondeur pour 70 mètres de long de la halle autrefois sombre et l'ont transformée en boîte lumineuse: les éléments en panneaux de polycarbonate qui se développent dans l'espace deviennent des corps lumineux. Ils sont éclairés la nuit par des lampes invisibles mises en place à l'extérieur. Des éléments supplémentaires intégrés dans le faux plafond créent des zones dans l'espace et définissent les circulations et les entrées des amphithéâtres. Des miroirs sur les murs et du marbre lisse au sol renforcent l'influence de la lumière naturelle tout comme les changements de couleur des murs. Des lumières colorées se retrouvent dans toutes les pièces réaménagées et ne se contentent pas de nimer les surfaces des murs. Les couleurs monochromes, qui viennent pour certain flanquer les patios de lumière percés dans l'existant, sont entièrement vitrés sur un côté.

#### Coupes échelle 1:20

- 1 aluminium peint
- 2 étanchéité bitume, couche de répartition, dalle nervurée en béton (existant), isolant acoustique laine minérale 70 mm, panneau de plâtre perforé 2x 12,5 mm
- 3 tube d'éclairage
- 4 vitrage feuilleté, flotté 5,5 mm + protection UV film PVB coloré 0,38 mm + flotté 5,5 mm
- 5 profil acier  $\Sigma$  peint en gris 140/80 mm
- 6 plancher bois lasuré noir 22 mm, lattes 20 mm, vide du plancher
- 7 caillibottis
- 8 banc plaqué wengé
- 9 radiateur

#### Coupes sur une boîte lumineuse échelle 1:20

- 1 vitrage isolant avec protection UV film argenté + verre trempé 5,5 mm + vide 12 mm + verre feuilleté 11 mm
- 2 panneau surfacé aluminium 30 mm
- 3 dalle nervurée en béton (existant) perforé au droit des boîtes lumineuses
- 4 tube d'éclairage
- 5 panneau polycarbonate 20 mm, protection des chants L acier-inox 18/18 mm collée
- 6 vissage des cornières et plats acier-inox

### Page 358

#### Église catholique à Radebeul

Les architectes ont créé une enveloppe d'éléments vitrés translucides avec des taux de transparence divers. À l'intérieur, seul le mur de l'autel et un mur courbe sous la tribune sont massifs, en béton apparent. Ils donnent une direction à l'espace et définissent son volume. Différents lieux consacrés à divers moments de la liturgie définissent l'espace dans sa simplicité. Un élément architectonique important est la lumière colorée qui tombe dans l'espace sacré, filtrée par les vitrages colorés en partie haute de la

façade sud-est. Les jeux de la lumière sur les sols, les bancs et le mur de l'autel sont renforcés par les couleurs et l'ambiance de la pièce et varient en fonction du soleil. Pour souligner les changements de couleur, des verres soufflés à la bouche sont insérés dans les panneaux creux. Le côté de l'entrée est éclairé d'une lumière légère par des bandes oranges et vert-jaunes qui permettent de ménager la vue vers l'extérieur et de faire participer au jeu des couleurs le vert des arbres.

#### Coupe verticale Façade échelle 1:20

#### Coupe horizontale Façade échelle 1:5

- 1 tôle aluminium pliée 2 mm
- 2 miroir
- 3 poutre de rive profil acier IPE 300
- 4 poteau tube acier Ø127/10 mm
- 5 panneau acrylique 16 mm
- 6 poteau de façade profil acier IPE 80
- 7 traverse profil acier IPE 80
- 8 répartiteur de charge tôle acier 20 mm
- 9 porte fenêtre vitrage isolant dans menuiserie mélèze
- 10 grille de recouvrement du canal de chauffage acier galvanisé
- 11 chape béton en pente teinté anthracite lissée 100 mm
- 12 plantation de toiture max. 160 mm avec substrat, drain et couche de protection sur étanchéité résistante aux racines, mousse de verre 100 mm, bac acier 100 mm, structure acier 300 mm, plafond suspendu lasuré 25 mm
- 13 bandeau étanche compressible
- 14 panneau polycarbonate 18 mm
- 15 cadre en cornières acier
- 16 chant tôle acier 10 mm
- 17 verre acrylique jaune 3 mm
- 18 tôle aluminium 3 mm
- 19 tôle acier soudée 5 mm
- 20 vitrage isolant 26 mm
- 21 couvre-joint aluminium vissé
- 22 panneau en verre acrylique 16/1200/32 mm
- 23 verre soufflé coloré 30/6 mm
- 24 profil acier L 60/40/5 mm

### Page 362

#### Mausolée à Murcie

Une croix en acier corrodé est posée sur l'habillage en travertin. De l'eau vive s'écoule dans un bassin et symbolise la vie. Les côtés du mausolée sont vitrés, la lumière naturelle pénètre à l'intérieur et se réfléchit sur la surface de l'eau en mouvement : une représentation de la mort comme reflet de la vie. Un panneau mobile en onyx transparent permet de créer une ouverture dans le toit afin de pouvoir laisser passer le cercueil lord de la cérémonie. L'image de la croix d'acier apparaît dans un contre-jour dramatique. Toutes les sources lumineuses soulignent le caractère spirituel du lieu en reliant son intériorité avec le monde extérieur – la lumière colorée par la pierre filtrée par l'onyx portugais tout comme la lumière en mouvement de l'eau sur le toit. Les matériaux non conventionnels confèrent au bâtiment, en fonction des angles de vue et des heures, différentes sensations fondées sur l'alternance entre transparence et texture. Les arêtes irrégulières des bandes de verre servant d'éclairage zénithal dialoguent avec les surfaces rugueuses en ardoise.

#### Coupes échelle 1:20

- 1 dalles de travertin
- 2 profil acier inoxydable L 4 mm
- 3 verre de sécurité feuilleté 12 mm
- 4 dalle d'ardoise
- 5 dalle d'onyx 30 mm sur verre de sécurité feuilleté 12 mm
- 6 cadre en tubes acier inoxydable avec roulement
- 7 rail en acier inoxydable 5 mm
- 8 avant-mur ardoise
- 9 profil acier HEA 100
- 10 bandes de verre flotté empilées 5, 10, 15, 20 mm
- 11 cadre en profils d'acier inoxydable 3 mm

### Page 368

#### Dévier et orienter la lumière naturelle

La gestion de la lumière naturelle fait partie depuis une vingtaine d'années de la mission des éclairagistes. Une véritable conscience de l'influence de la lumière du jour s'est développée sous toutes ses facettes chez les maîtres d'ouvrages et les architectes. Entre-temps ce sont de véritables équipes pluridisciplinaires qui conçoivent les enveloppes des bâtiments: les architectes avec des ingénieurs en climatisation ou en énergie, des spécialistes des façades et des éclairagistes. Nous, les éclairagistes, nous simulons l'ensoleillement des ouvrages conçus soit au moyen de maquettes et de cieux artificiels soit avec des programmes informatiques. Chaque outil a ses forces et ses faiblesses mais peut compléter l'autre. La lumière naturelle a aussi acquis, du côté des ingénieurs, davantage d'importance des dernières 20 années. À la suite du souhait d'économie d'énergie on a cherché des voies permettant d'exploiter avec le plus d'efficacité possible la lumière naturelle pour l'éclairage afin de réduire les surchauffes la plupart du temps indésirables du point de vue énergétique. Cette nouvelle association de la climatisation avec les apports en lumière naturelle constitue l'avenir, même si beaucoup de points doivent encore être résolus par l'architecture. Parmi les avantages écologiques et économiques d'un bon éclairage naturel des espaces intérieurs, les effets formels et positifs pour la santé psychique et physique des personnes sont les plus importants. Les qualités de la lumière naturelle sont irremplaçables. C'est pourquoi les questions concernant l'éclairage naturel d'une pièce devraient précéder les autres étapes d'un projet d'éclairage. Une première réponse est donnée par l'orientation du bâtiment, sa situation, son environnement et les zones d'ombre qui l'entourent. Principes de systèmes d'éclairage naturel La lumière naturelle caractérise, comme le paysage ou l'espace urbain, le site d'un bâtiment de façon décisive. La lumière du jour bien et volontairement exploitée renforce le caractère d'un bâtiment – elle crée la spécificité – et des atmosphères qui évoluent pendant la journée et tout au long de l'année en servant les fonctions et usages des pièces. Au début de l'analyse il peut être utile de déterminer les rayonnements extrêmes à midi et d'en tenir compte pour toutes les périodes de l'année ainsi que des heures du

coucher et du lever du soleil. De plus, différentes situations météorologiques doivent être prises en compte: un ensoleillement maximum, un temps couvert, nuageux, le soleil du soir, un jour clair d'automne, l'orage, la pluie, la neige. Il peut être parfois utile d'occulter beaucoup de soleil et parfois de compléter la lumière naturelle avec la lumière électrique. Les éclairages changeants peuvent influencer le bien être d'une personne dans une pièce. On a tenté pendant des années de définir et de garantir par des normes la lumière «juste» du point de vue ergonomique. On a obtenu, surtout pour les bureaux, l'uniformité monotone des intensités lumineuses et les réductions des contrastes et des réflexions. Aujourd'hui, on conçoit plutôt des situations lumineuses dynamiques, même dans les bureaux, en intégrant le plus possible la lumière naturelle. Les recherches concernant les rythmes de sommeil et de réveil et les troubles de santé en augmentation dans les régions septentrionales, comme les SAD ( Seasonal affective disorder), SBS (Sick building syndrome) et ADD (attentional deficit disorder), montrent qu'un éclairage suffisant en lumière naturelle est vital. La lumière naturelle dépasse largement en intensité et en qualité la lumière électrique: à l'extérieur, les jours de soleil il est question de 10 000 à 100 000 Lux. Une autre caractéristique effective de la lumière sur l'organisme humain est sa composition spectrale changeante. On oppose depuis une vingtaine d'années des systèmes parfois très complexes techniquement aux moyens traditionnels parfois très simples mais très efficaces, qui permettent de maîtriser et de diriger la lumière naturelle. Un embrasement de fenêtre blanchi à la chaux permet de diriger la lumière dans la

pièce (ill. 1a). Et même les petits bois des fenêtres anciennes orientent la lumière vers le plafond d'une pièce et permettent ainsi, même si la surface vitrée est inférieure à celle des fenêtres modernes d'atteindre d'aussi bons rendements en ce qui concerne l'utilisation de la lumière naturelle (ill. 1b). Les verres de protection contre le soleil On a commencé à mettre en œuvre, dans les années 70, des verres de protection avec des surfaçages filtrant les rayons chauffant de la lumière du soleil. On utilise parfois des verres très réfléchissants qui agissent à l'extérieur comme des miroirs et peuvent éblouir le voisinage; l'intérieur apparaît très sombre, particulièrement par mauvais temps. Les vitrages avec une surface laquée au four présentent d'importantes variations. Il est possible de sérigraphier le verre partiellement ou en dégradé. **Lamelles et stores** Des lamelles horizontales peuvent permettre de trouver un dosage optimal de la lumière. La lumière peut être entièrement occultée ou réfléchi au plafond pour être utilisée dans la profondeur de la pièce (ill. 3). Les effets peuvent être renforcés par différents traitements des surfaces des lamelles. Il faut noter que les lamelles extérieures peuvent être abîmées par le vent, quant aux lamelles internes elles ne protègent pas aussi bien des rayonnements. Les stores peuvent aussi être intégrés dans l'interface des double vitrages où ils ne se salissent pas. **Verre diffuseur de lumière** De nombreux systèmes utilisent l'interface de double vitrages pour y insérer des corps optiques et des profilés miniaturisés. Le verre diffuseur est rempli de profilés en verre acrylique et renvoie la lumière sur le plafond d'une pièce par la réflexion complète au

sein de l'acrylique. Le profil incliné supplémentaire de la vitre interne redistribue mieux dans la pièce les rayons inclinés de la lumière (ill. 4).

#### *Panneaux prismatiques dans les doubles vitrages*

Les panneaux prismatiques exploitent eux aussi la réflexion totale dans l'acrylique: alors que les rayons directs du soleil sont reflétés vers l'extérieur ou vers le plafond de la pièce, la lumière diffuse du ciel peut passer à travers le matériau. Les panneaux prismatiques sont mis en place au droit des fenêtres ou en imposte haute. Les lamelles prismatiques sont plus simples de mise en œuvre, elles sont mobiles comme des stores et peuvent être installées horizontalement ou verticalement (ill. 7).

#### *Profilés réfléchissants dans les doubles vitrages*

Des profilés réfléchissants peuvent aussi se trouver dans les doubles vitrages. Les surfaces de réflexion aux formes paraboliques différentes sont mises en place pour laisser entrer les rayons plats du soleil d'hiver alors que les rayonnements chauds de l'été sont occultés (ill. 8). Les profilés sont fixes et orientés pour les différentes orientations et types de fenêtres.

#### *Laser Cut Panels (LCP)*

Les LCP sont des éléments fixes à l'intérieur de doubles vitrages, installés en impostes hautes ou en éléments battants devant une façade. Ils dévient la lumière du soleil par de petites découpes réalisées au laser à la surface d'un panneau de verre acrylique (ill. 9).

Tous les systèmes présentés plus haut limitent plus ou moins la transparence et les vues et sont donc la plupart du temps utilisés seulement en verrières ou impostes. Éléments holographiques optiques (HOE)



**Enveloppes architecturales**  
Christian Schittich (sous la direction de), 196 pages avec de nombreux dessins et photos, format 23 x 29,7 cm; ISBN 3-7643-1657-8

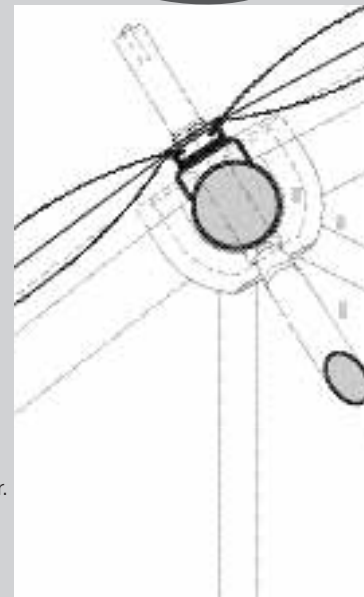
## Fascination de l'enveloppe

Façades au 21<sup>ème</sup> siècle

- ▷ Plus de 100 dessins et 200 illustrations
- ▷ Un comparatif de trente projets internationaux
- ▷ De la bouteille en plastique PET au rideau métallique – le plastique, le bois, le métal, le verre et le béton revus par l'innovation
- ▷ L'esthétique et la technique en détail – Projets de Shigeru Ban, Steven Holl, Thomas Herzog et bien d'autres

«Enveloppes architecturales» montre comment les concepts de façade les plus futuristes deviennent réalité grâce aux plus grands architectes. Autant de nouvelles perspectives pour la mise en œuvre d'enveloppes durables et économiques incomparables: Nous vous dévoilons les partis et les solutions architecturales des façades intelligentes. De la vision d'ensemble jusqu'aux détails à grande échelle – tous les dessins ont été pensés et exécutés avec la compétence et l'expérience de la rédaction de Detail.

**65,-**  
plus emballage et frais d'envoi



Les HOE sont constitués d'un film holographique, inséré dans un vitrage feuilleté, qui dévie la lumière. Les dérangements du spectre coloré qui apparaissent lors de la brisure de la lumière sont estompés par l'effet de diffusion du verre. Les HOE ne sont efficaces que pour certains angles, il faut donc disposer plusieurs types d'HOE les uns à côté des autres ou en superposition. Les éléments peuvent dévier la lumière directe du soleil en partie haute de façade ou en verrière. Ils peuvent aussi servir avec une optique adéquate de protection solaire.

#### *Héliostat*

Les héliostats sont des miroirs qui «suivent» le soleil pour dévier ses rayons toujours dans la même direction. Ils permettent de détourner la lumière du soleil, par exemple, à partir du toit d'une maison vers un étage inférieur en passant par une courette intérieure (ill.2,5). Les héliostats courants doivent être orientés dans deux directions puisque le soleil passe de l'est à l'ouest et change de hauteur. La mécanique des héliostats nécessite un entretien courant et son efficacité dépend de la taille des rayons captés.

Les systèmes présentés doivent toujours être améliorés pour obtenir les résultats les meilleurs. Souvent des aménagements simples permettent d'obtenir un bon éclairage naturel dans une pièce. La condition d'un bon éclairage naturel est la participation au projet le plus tôt possible de l'éclairagiste.

## **Page 374**

### **Sources de lumière et systèmes lumineux**

Une bonne conception de la lumière se définit par la symbiose entre les aspects techniques, économiques et formels. Les données quantitatives techniques ne suffisent pas à décrire un éclairage de qualité. Les aspects psychologiques de la perception jouent aussi un rôle important puisque l'homme obtient 80 % de toutes ses informations par les yeux. La bonne exploitation que nous faisons des informations que nous recevons dépend de la conception lumineuse des espaces. Il n'est donc pas question de mettre en scène un milieu spatial particulier mais plutôt d'assurer des conditions visuelles qui pourront nous permettre de faciliter le traitement des informations auxquelles nous sommes confrontés.

#### *Aspects fondamentaux de la conception lumineuse*

La lumière blanche est constituée du mélange de tous les composants colorés du spectre. Dans la lumière naturelle tous les composants sont mélangés à part égale. La température colorée élevée (6000 Kelvin ou plus) laisse apparaître la lumière du jour «blanche» à l'extérieur avec des intensités normalement élevées. À l'intérieur, la clarté est souvent un peu plus faible. C'est ainsi que l'impression de la façon dont nous voyons la lumière change: la lumière naturelle nous semble plus bleutée en comparaison aux sources de lumières artificielles.

On peut obtenir des éclairages intimes ou «éclatants» avec la lumière électrique. Le jour nous utilisons la lumière électrique pour compléter la lumière naturelle alors que la nuit elle doit remplir la fonction de la lumière du jour.

Chaque source lumineuse produit une lumière primaire, invisible en tant que telle. Ce que nous voyons sont des objets ou des surfaces éclairées. Ce sont seulement la réflexion, l'absorption et la transmission qui, en agissant en même temps, transforment la lumière primaire en lumière visible. La modulation, c'est à dire la modification de la composition spectrale de la lumière artificielle lors de sa rencontre avec les objets, différents matériaux et traitements de surface définissent les facteurs suivants :

- propriété du matériau ; degré de réflexion (clair sombre), taux de couleurs (rémission), forme et texture
- type du rayonnement, c'est-à-dire système de production lumineuse
- déformation géométrique; dépendant de sources lumineuses ponctuelles ou linéaires
- volume de la transmission d'énergie
- densité de luminosité dite propre, la seule dimension technique «visible», impression de clarté, que les objets éclairés expriment
- température de la couleur; dans le spectre des couleurs lumineuses les températures faibles seront reçues comme chaudes et de couleur rouge alors que les températures hautes seront perçues blanches, voire même bleues et froides.
- répartition spectrale

la définition soignée des puissances d'éclairage, des températures des couleurs et des matériaux crée une atmosphère spatiale agréable et fait partie des objectifs essentiels de la conception lumineuse

#### *Unités de mesure des techniques d'éclairage*

- flux lumineux en Lumen (lm)
- intensité lumineuse en Candela (cd)
- l'éclairement est d'1 lux quant le flux lumineux d'1 lm est régulier sur une surface de 1 m<sup>2</sup>
- luminance, mesurée par unité de surface cd/m<sup>2</sup>
- l'efficacité lumineuse en lumen/Watt (lm/W)
- tonalité de la lumière, en Kelvin (K)
- tonalité de la source définie par la température de couleur en K

on distingue trois principaux groupes

blanc chaud < 3 300K

blanc froid 3 300–5 000 K

lumière du jour > 5000 K

- indice de rendu des couleurs: Ra
- une source lumineuse avec un ra=100 rend les couleurs de façon optimale

#### Types de production lumineuse

On distingue les sources lumineuses en fonction du type de lumière produite. Les deux groupes les plus importants sont les projecteurs thermiques et les lampes à déchargement. Les diodes luminescentes (light emitting diode: LED) appartiennent à un troisième groupe basé sur la production lu-

mineuse à partir de semi-conducteurs

#### *Projecteurs thermiques*

Les lampes à incandescence et les halogènes sont les représentants principaux de ce groupe. Elles sont basées sur le principe d'un courant électrique qui produit un échauffement mettant un filament en incandescence. L'efficacité lumineuse et la durée de vie de la lampe varient en fonction de la dimension du filament. On compte dans ce groupe les lampes à incandescence et les lampes à incandescence halogènes.

Les lampes à décharge sont basées sur le principe de la décharge de gaz pour produire la lumière. Une étincelle lumineuse est produite entre deux électrodes et maintenue en permanence dans un tube fermé. Les lampes fluorescentes sous forme de tubes sont les plus courantes. Les lampes fluorescentes compactes sont apparues dans les années 70 mais demeuraient trop grosses pour remplacer les lampes à incandescence. Aujourd'hui le caractère économique de ces lampes est reconnu et elles sont disponibles sous de nombreuses formes.

#### Lampes à décharges à haute pression

Comme les lampes à basse pression les lampes à haute pression nécessitent un starter pour provoquer l'étincelle entre les deux électrodes maintenu dans un tube rempli de gaz

Lampes à vapeur de mercure à haute pression/ lampes à vapeur de sodium blanc Ces lampes sont utilisées principalement pour les éclairages extérieurs du fait de leur mauvais rendu des couleurs. Les deux types de lampes se distinguent aussi par leur tonalités, bleutée pour le mercure et orangée pour le sodium.

#### Lampes aux halogénures métalliques (lampe à haute pression)

La possibilité d'apporter de l'halogène dans les lampes au mercure a permis l'évolution des lampes à haute pression. Les lampes aux halogénures métalliques produisent une lumière avec une bonne répartition spectrale et sont disponibles dans des tonalités blanche, chaudes et lumière du jour. Ces lampes sont donc de plus en plus utilisées pour des usages intérieurs et non plus seulement dehors. Avec un starter électronique ces lampes s'avèrent particulièrement économiques.

#### *Technologie LED*

Aujourd'hui les LED ne sont plus seulement utilisés pour des panneaux d'affichage mais de plus en plus pour l'éclairage général. L'efficacité lumineuse des LED s'approche en fonction des couleurs de celle des lampes à halogène. La durée de vie peut atteindre entre 25 000 et 50 000 heures. Les LED sont indifférents aux vibrations un avantage qu'aucune autre source d'éclairage ne présente. Vu les prix encore élevés des LED il faut encore veiller à les utiliser quand ils permettent d'effectuer des économies sur d'autres postes budgétaires.