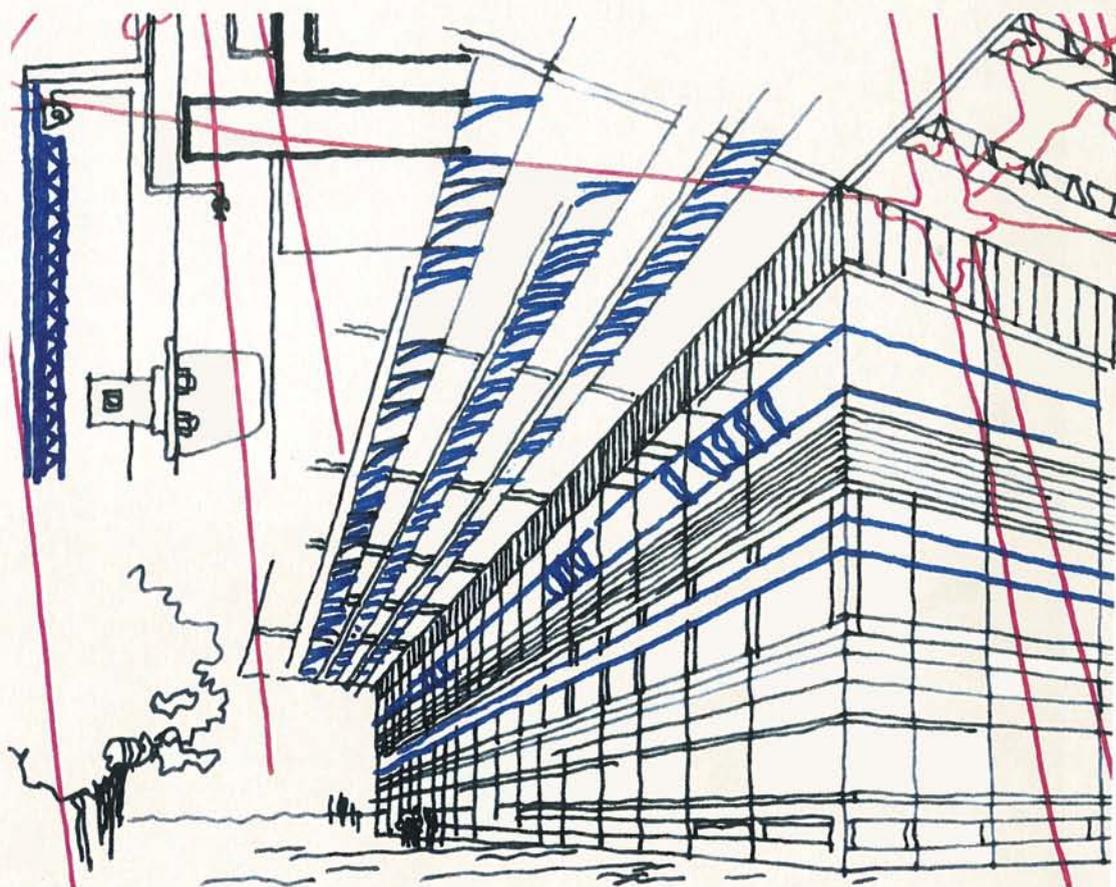


Systemes techniques pour l'utilisation optimale de la lumière du jour



*– Exemples, mesures
et orientations actuelles*



*Energie 2000: un programme d'action tourné vers l'avenir
Unissons nos forces pour préserver nos ressources!
Agissons aujourd'hui... de toute notre énergie!*

Copyright
Office fédéral de l'énergie
3003 Berne
1995

Pour commander
– Office central des imprimés et du matériel OCFIM
3003 Berne
1995 805.169.2 f
ISBN 3-905233-83-5
de l'édition originale ISBN 3-905233-81-9
Prix: Fr. 20.– + TVA
– LESO-EPFL
(Daniel Notter)
CP 12, 1015 Lausanne

Systemes techniques pour l'utilisation optimale de la lumière du jour

*– Exemples, mesures
et orientations actuelles*



*Energie 2000: un programme d'action tourné vers l'avenir
Unissons nos forces pour préserver nos ressources!
Aujourd'hui... de toute notre énergie!*

Conception et réalisation

Chef de projet
Miklos Kiss
EWI Ingenieure und Berater
Bellerivestrasse 36
8034 Zürich

Accompagnement

Dr. Peter Burkhardt
Office fédéral de l'énergie
Belpstrasse 36
3003 Bern

Production

Sigrid Hanke
Medienarbeit
Hottingerstrasse 18
8032 Zürich

Rainer Fleischauer
Dipl. Ingenieur
Dorfstrasse 32
D-79592 Fischingen

Responsable de l'édition romande

Rolf Ernst
Architecte dipl. EPFL/SIA/FUS
Grand Rue 32
1315 La Sarraz

Traduction adaptation française

Daniel Béguin
1422 Corcelettes VD

Graphistes conseils

Nadiv & Wetter
Scheuchzerstrasse 35
8006 Zürich

Lithos/Desk Top

Fotolitho von Känel & Co. AG
Binzstrasse 18
8045 Zürich

Renseignements pour la Suisse alémanique

Sigrid Hanke
Tél. 01/262 66 33, Fax 01/262 68 68

Renseignements pour la Suisse romande

Rolf Ernst
Tél. 021/866 78 44, Fax 021/866 75 85

Table des matières

1. Table des matières par Miklos Kiss	5	Le volume 1 «Savoir conduire la lumière naturelle en architecture, quelques pistes de réflexion» a été conçu comme une bourse à idées dans laquelle architectes et concepteurs des installations techniques peuvent puiser des suggestions de toutes sortes sur la manière de valoriser l'éclairage naturel dans leurs projets. Il s'adresse aussi aux maîtres d'ouvrages et aux gérants d'immeubles. Son champ d'action couvre en priorité les bâtiments administratifs et les bâtiments artisanaux ou industriels. On peut le commander à l'OCCIM,
2. Le modelage de la façade par Reto P. Miloni	7	3003 Berne,
3. Les éléments des systèmes évaluation de leur efficacité par György Baráth	65	sous le numéro de commande 805.169.1 f
3.1 Méthode de mesure	66	Son prix est de Fr. 24.- + TVA
3.2 Tableau synoptique	67	
3.3 Eléments de façades – Descriptif et résultats de mesures	73	
3.4 Verrières et lanterneaux - Esquisses et illustrations	103	
4. Annexes		
4.1 Le programme DIANE en bref	110	
4.2 L'équipe de consultants	111	
4.3 Bibliographie	112	

1. Introduction

Un architecte qui dédaignerait la lumière naturelle? Impossible, n'est-ce pas! En effet, savoir jouer avec la lumière naturelle est un art que les architectes pratiquent depuis l'origine des temps, art subtil qui permet à chacun de se percevoir dans son contexte journalier, de réagir aux stimuli extérieurs et de produire des idées ou des œuvres d'art.

Cela, l'Office fédéral de l'énergie le sait pertinemment. Il n'a donc pas voulu réinventer la poudre, en lançant, en 1992, un programme de valorisation de la lumière naturelle. Son intention n'est pas non plus de chercher à compliquer les systèmes techniques à l'infini. Non! Il s'agit bien plutôt de répondre à cette forte demande des architectes et maîtres d'ouvrages qui cherchent des solutions simples, efficaces et pratiques pour mettre en valeur la lumière naturelle dans les bâtiments qu'ils conçoivent. Nous voici plongés au cœur du programme-cadre Energie 2000, dont l'un des objectifs est de freiner la consommation d'électricité dès maintenant et d'en stabiliser la consommation dès l'an 2000.

Le programme DIANE s'est concentré sur l'homme au travail, dans des locaux spécialisés tels que bureaux, écoles, laboratoires de recherche et locaux industriels ou artisanaux. Les loisirs et l'habitat n'ont pas été abordés, parce qu'ils répondent à d'autres critères.

Dans la sphère professionnelle, on pourrait utiliser le slogan suivant: Vivre mieux et gaspiller moins à la lumière du jour. A condition, bien sûr, que l'on ne se sente pas enfermé dans une boîte, ni que l'on ne soit rôti au soleil! Le programme DIANE de valorisation de la lumière naturelle a publié jusqu'ici deux ouvrages documentaires:

Volume 1: Savoir conduire la lumière en architecture:

– Quelques pistes de réflexions

Volume 2: Systèmes techniques pour l'utilisation optimale de la lumière du jour:

– Exemples; mesures et orientations actuelles.

Le volume 1 est plutôt à considérer comme une boîte à idées destinée aux architectes, maîtres d'ouvrages et gérants d'immeubles administratifs ou industriels. Le présent volume 2 est plus technique et s'adresse en priorité aux architectes et ingénieurs, qui y trouveront des descriptions détaillées de divers systèmes et composants pour mieux utiliser la lumière naturelle, en façade et à l'intérieur des locaux.

par Miklos Kiss
Directeur du programme
DIANE
EWI Ingenieure + Berater
8034 Zurich

Aujourd'hui, on constate un grand effort pour réinventer l'art de capter la lumière. Des solutions originales, parfois très complexes, voient le jour. Notre inventaire les cite aussi, pour mémoire, mais nous sommes convaincus que seuls les systèmes simples se maintiendront dans la durée. Nous serions reconnaissants à celles et à ceux d'entre vous qui ont su innover en la matière de nous faire connaître vos suggestions, afin de poursuivre, encore et toujours, la grande tradition dans l'art de conduire la lumière en architecture.

Les exemples que nous vous présentons ici reflètent l'état actuel de la technique et ne prétendent pas être toujours parfaits. Nous sommes conscients que certains des exemples cités offrent encore des lacunes. En particulier, les systèmes anti-éblouissements laissent encore parfois à désirer et devraient être améliorés. Il nous est arrivé d'expertiser des bâtiments neufs déjà en fonction et qui déjà étaient critiqués par les utilisateurs. Ces bâtiments étaient considérés comme des modèles de bonne gestion de la lumière du jour, mais, sur ce point précis, ils étaient vraiment déficients, alors que des améliorations eussent été possibles. On a vu d'autres cas, où des bâtiments mal conçus sur le plan architectural étaient « corrigés », après coup, par des systèmes compliqués de transmission de la lumière naturelle.

Nous vous invitons donc à examiner ces exemples avec un regard critique. Vous trouverez, dans les deux ouvrages, une bibliographie et des adresses utiles. L'équipe du programme DIANE se tient volontiers à votre disposition pour expertiser vos propres projets sous l'angle de l'optimisation de l'éclairage naturel, soit par un conseil, soit par des mesures in situ, soit enfin par la fourniture de logiciels de calcul.

Dans nos conseils, nous insisterons toujours sur une optimisation globale de la consommation d'énergie pour toutes les installations techniques d'un bâtiment. En effet, viser une meilleure attractivité des locaux par un surcroît de lumière naturelle, c'est bien; mais c'est mieux encore quand on peut réellement se passer des néons pendant les belles heures de la journée. Ce n'est qu'à ce prix, que la programme DIANE aura réellement atteint ses objectifs.

2. *Le modelage de la façade*

Exemples et tendances actuelles

**Direction du projet,
conception et production:**

Reto P. Miloni
architecte dipl. ETH/SIA
à Baden,
(jusqu'au 1^{er} novembre 1993
au bureau burckhardtpartner
planification générale,
Zurich)
spécialisé dans l'architecture
solaire et l'éclairage naturel

Coordinateur du projet:

Masaki Kanai
physicien dipl. SNS
Bureau de planification
«burckhardtpartner»
à Zurich

Illustrateur:

Zoltan L. Komondy
architecte dipl. SIA dans le
bureau B. Gerwer à Zurich

Données techniques:

Josef Konzbul
Ingénieur mécanicien
REG C
Ingenieurzentrum Emmer
Pfenninger Partner AG
à Münchenstein

Les nouvelles orientations des systèmes de gestion de la lumière naturelle

Une bonne gestion de la lumière naturelle en architecture prend en compte les 5 critères suivants:

Ombrage

Protection contre les éblouissements

Captage optimal des sources naturelles

Maintien du contact visuel avec l'extérieur

Régulation automatique de l'éclairage artificiel et des stores

Chacun de ces 5 problèmes doit être abordé et résolu avant qu'on puisse vraiment parler d'une solution heureuse, encore bien rare aujourd'hui, hélas! On trouve encore tant d'écrans d'ordinateurs malades d'un reflet mal placé ou d'un contre-jour irritant. N'oublions pas en effet que:

- amener du jour et éviter les reflets sont deux problèmes distincts!
- poser un pare-soleil peut carrément empêcher tout jour d'entrer, même en plein été!
- prévoir un rideau anti-reflet peut emprisonner complètement le malheureux collaborateur privé de ciel ou coupé de la vie de la rue!

Cela n'arrivera pas qu'un fois dans les exemples qui suivent! Si l'un des aspects a été oublié, négligé ou mal résolu, il agit comme un zéro dans une multiplication: le projet entier, résultat de la multiplication des 5 aspects, a valeur nulle!

Nos multiples contacts, tant avec des fournisseurs qu'avec des utilisateurs d'installations, nous ont permis de déceler les principales tendances des développements techniques prévisibles à l'avenir:

- L'industrie développera des systèmes totalement intégrés et multifonctionnels, mais dont la complexité devra rester raisonnable au niveau des coûts. Exemple de solution «Tout-en un»: tissu de rideau filtrant à pouvoir ombrant sélectif, mais suffisamment transparent pour garantir tout à la fois assez de lumière restante et la vue vers l'extérieur.
- Les différents éléments des systèmes de captage et de protection seront gérables séparément et ne seront plus intégrés dans un fonctionnement uniforme de toute une façade. Par exemple, les stores anti-éblouissements seront maniables individuellement par chaque utilisateur, selon ses besoins propres.

- Le poids sera mis sur de bonnes solutions architecturales qui renverront les installations techniques sophistiquées dans un rôle subsidiaire, pour corriger des situations d'éclairage critiques dans des espaces résiduels. Ainsi, par exemple, des hauteurs de plafond plus élevées qu'aujourd'hui et un déplacement systématique des postes de travail dans la frange de lumière la plus proche des fenêtres rendra l'éclairage artificiel permanent de moins en moins nécessaire.

Régulation automatique

Il faudra prévoir des programmes de régulation différents d'une saison à l'autre. En hiver, l'ombrage sera pondéré de manière à maximiser l'entrée de lumière, tandis qu'en été, la priorité sera de protéger les locaux de la chaleur par un obscurcissement aussi dense que possible. Si vous ne disposez pas de cette différenciation, il n'est pas étonnant que vous deviez allumer les néons en plein midi d'un beau jour ensoleillé!

Ombrage

Le dernier cri des systèmes d'ombrage visera une protection solaire efficace qui maintienne une luminosité suffisante au fond des locaux. On ne cherche plus à abaisser la valeur «g» au maximum; on accepte au contraire que le coefficient de transfert énergétique «g» soit un peu plus élevé pour favoriser un meilleur éclairage naturel des locaux. Les nouveaux systèmes remplissent plusieurs rôles à la fois et leur fonctionnement n'est plus uniforme sur toute une façade. Les éléments de protection sont individualisés et plus mobiles. Même à l'échelle d'une fenêtre, la sorte de store ou son fonctionnement varie entre le haut et le bas, favorisant la pénétration de la lumière dans la partie supérieure de la fenêtre.

Parfois, la protection contre la chaleur sert en même temps de protection contre les éblouissements, mais cette combinaison n'est pas toujours heureuse.

- Il existe maintenant des lamelles de stores miroitantes, qui, en position horizontale dans la partie supérieure de la fenêtre, servent de «piège à lumière» en renvoyant les rayons du soleil vers le plafond.

- Les rideaux de protection qui se déroulent de bas en haut permettent, eux aussi, de doser à volonté l'entrée de lumière par la fente restante au haut de la fenêtre. Quand le soleil disparaît derrière les nuages, ces rideaux peuvent s'orienter autrement, de manière à capter plus de lumière extérieure.
- On voit également des systèmes de grandes lames extérieures pivotantes, qui, par temps couvert, peuvent, de volets, devenir miroirs qui renvoient la luminosité du ciel vers le fond des locaux.

Combattre les éblouissements

A cause de la multiplication des écrans d'ordinateurs, le problème des éblouissements a pris de plus en plus d'acuité. Dans les locaux de petite à moyenne grandeur, ce problème peut être résolu assez facilement. Par contre, dans les bureaux contenant plus de 6 postes de travail, dont la suite des fenêtres est assez longue pour un même local, ou dans le cas de façades bombées, il faudra examiner ces questions avec beaucoup d'attention. On ne peut plus se contenter des protections solaires habituelles. Il y a intérêt à prévoir un système spécial réservé à cette fonction, que l'occupant du poste informatisé puisse gérer individuellement. La maniabilité et la finesse de réglage de ce système doivent permettre d'éviter les assombrissements généralisés; parfois, en effet, il suffit d'une protection très partielle, qui laisse dégagé le reste de la fenêtre.

- Par exemple, des rideaux synthétiques repliables en accordéon permettent de couvrir seulement la surface de fenêtre provoquant la gêne. Si le store est, en plus, recouvert d'un film aluminisé, il peut servir de protection solaire secondaire, ce qui évite le recours systématique au système d'ombrage principal, qui assombrit souvent trop la pièce.
- On a fait de bonnes expériences avec des vantaux mobiles légers qui, placés perpendiculairement aux fenêtres procurent parfois juste la protection voulue, en masquant seulement la partie de fenêtre qui gênait la lecture de l'écran. Ces parois adaptables prennent place sans difficulté aucune dans n'importe quel agencement de bureaux.
- Des plantes vertes peuvent jouer un rôle analogue aux parois mobiles. Placées derrière un écran d'ordinateur, elles filtrent le trop-plein de lumière qui rendait la lecture fatigante.

Capter plus de jour

Ce qu'on demande surtout d'un système technique de gestion de lumière naturelle, c'est d'amener assez de jour bien réparti dans la pièce. Bien entendu, les conditions-cadres sont déterminantes pour choisir une stratégie plutôt qu'une autre. Dans les régions fréquemment nuageuses ou brumeuses, il s'agira plutôt d'attirer de la lumière vers l'intérieur des locaux, tandis que, dans des régions ensoleillées, le problème sera de repousser le trop-plein de lumière, tout en en garantissant une quantité suffisante vers le fond des pièces.

- Du verre ultra-blanc spécial transmet 5% de lumière en plus. par rapport à du verre conventionnel. Si on en équipe la moitié supérieure des fenêtres, le gain de lumière dans la pièce avoisine 10%.
- La forme du local contribue beaucoup à gagner plus de lumière. Ainsi, une tête de dalle arasée en biais ou des ouvertures latérales ont un effet sensible. Dans les locaux difficiles à éclairer, le simple choix de revêtements de couleur claire permet une nette amélioration.

Eviter de se couper de l'extérieur

Faire des pauses intermittentes, c'est recommandé par les médecins du travail. On se déconnecte un instant de sa tâche et on laisse traîner ses yeux sur ce qui nous entoure pour leur donner un temps de repos. Quel bonheur, alors de rencontrer par la fenêtre un arbre, un oiseau ou un enfant qui joue... à condition bien sûr que l'on ne soit pas coupé du monde par un système sophistiqué de protection solaire, ce qui arrive encore souvent aujourd'hui!

Table synoptique des systèmes

Nom du système	Éléments techniques relatifs à la valorisation de la lumière	Éléments techniques relatifs à la protection solaire et anti-éblouissements	Type*)
Transformation de la fenêtre	Verres spéciaux à transparence accrue	Rideaux réfléchissants déroulables	T
Maximisation des ouvertures	Cadres extra-fins	Stores extérieurs en toile	T
Fenêtre réversible	Vantail de fenêtre pivotant	Stores à fonction saisonnière variable	N
Ouverture bombée	Fenêtre protubérante avec une lucarne zénithale	Verre filtrant	N
Fenêtre en saillie	Fenêtres à récupération de chaleur	Volet de protection pivotant	T
Contre-cœurs obliques	Retombées de fenêtres inclinées en direction du soleil	Film déroulable à l'intérieur du verre isolant	N
Façade en briques de verre	Enveloppe semi-transparente	Aucun	N
Façade nord transparente	Paroi nord complètement vitrée	Aucun	N
Jardin d'hiver comme espace-tampon	Doublure de façade vitrée sur toute la hauteur d'étage	Stores extérieurs en toile	N
Façade-rideau double épaisseur	Doublure de façade vitrée sur toute la hauteur d'étage	Stores à lamelles micro-perforées	N
«Structural glazing»	Doublure de façade vitrée sur toute la hauteur d'étage	Lames perforées fixes en aluminium	N
Fenêtres à réflexion variable	Fenêtre ordinaire	Protection régulée par un système optique fixe intégré	N
Bouclier réfléchissant	Élément horizontal déviant la lumière vers le plafond	Stores à lamelles	N
Trappe à soleil	Prismes et miroirs fixes conjoints	Prismes fixes en plexiglas servant aussi de protection	N
Vantaux prismatiques mobiles	Panneaux en plexiglas prismatique orientés électroniquement	Plaques de plexiglas prismatique	T
«Tenture» prismatique	Barres prismatiques verticales en bandes à l'intérieur des fenêtres	Rideau de protection intérieur réglable	T
Persiennes en verre	Lames de verre fixes	Stores extérieurs à lamelles rétractables	N
Cuirasse en lames de verre	Jeux de lames parallèles régulées électroniquement	Store de toile intérieur	N
Ailes et ailerons réfléchissants	Lames de verre basculantes et pivotantes	Store de toile intérieur	P
Cuirasse métallique	Fenêtre ordinaire	Volets à grandes lames pivotantes orientées électroniquement	N
Visières fixes à lames perforées	Fenêtre ordinaire	Lames fixes en tôle perforée	N
Grillage tubulaire mobile	Verrière oblique ouvrante	Éléments intégrés basculants à armature métallique	N
Système protecteur/producteur	Panneaux réfractant la lumière zénithale	Panneaux pivotants + cellules photovoltaïques	P
Nattes intégrées à haut pouvoir réfléchissant	«Structural glazing»	Feuilles protectrices de type BS et SS, intégrées au verre isolant	N
Films holographiques	Verrières inclinées	Panneaux HOE orientables	N

* T = Utilisable en cas de transformation

N = Valable pour les nouvelles constructions

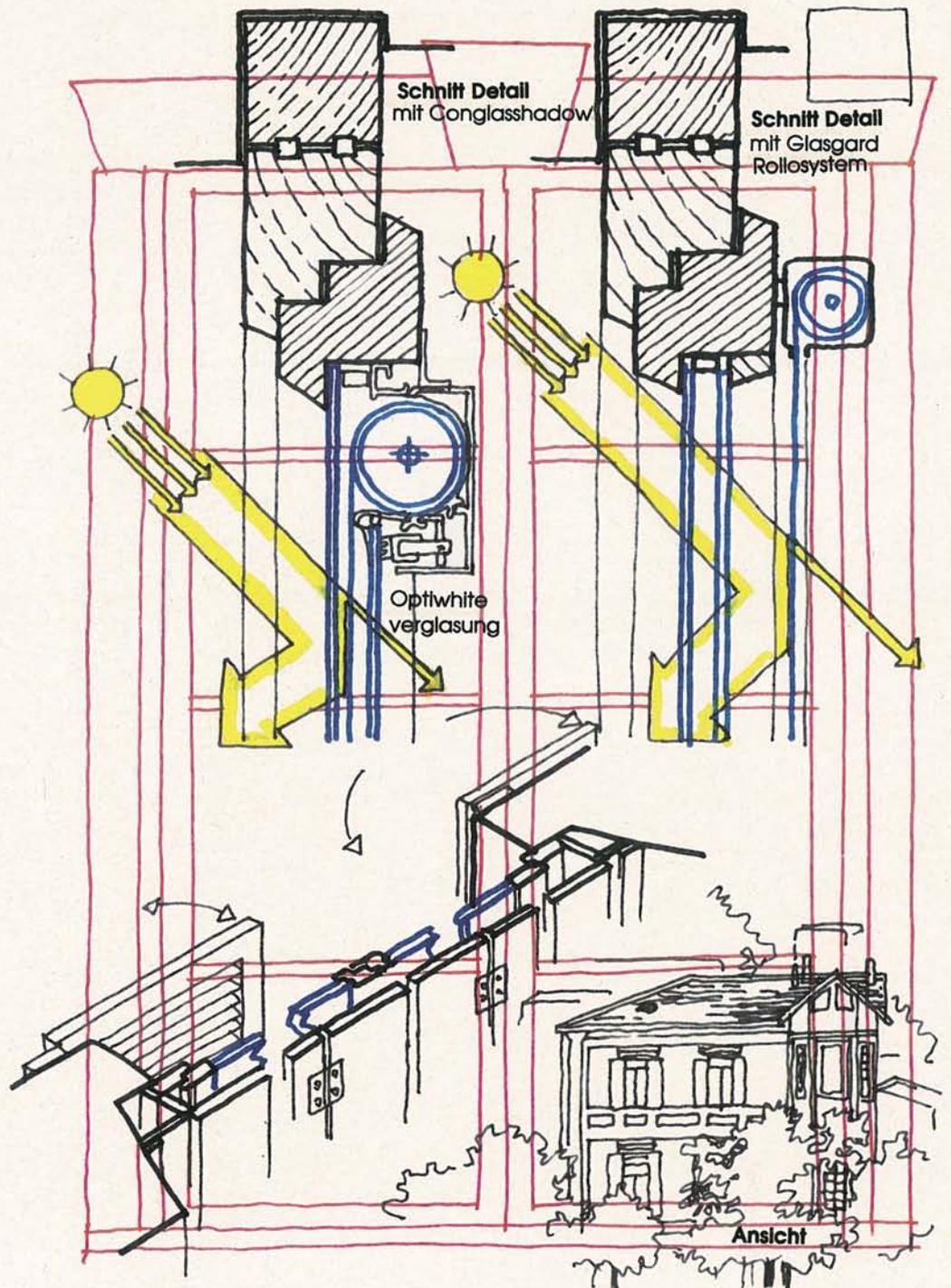
P = Prototype à l'étude

Mode d'emploi du guide

Choix d'un système technique	Nous avons voulu présenter à notre public cible – architectes et maîtres d'ouvrages – un vaste panorama de solutions techniques utilisables en cas de rénovation ou transfor-	mation (T) ou de nouvelles constructions (N). Certaines solutions sont encore à l'état de prototypes (P).
Illustrations et esquisses	Les différents systèmes ont été présentés sous forme d'esquisses, compréhensibles des seuls architectes. Ces esquisses cherchent à mettre en relief les particularités techniques	de chacun des systèmes, de manière à susciter chez le lecteur une réflexion créative pouvant le conduire à ses propres solutions pour valoriser au mieux la lumière naturelle.
Données techniques	Les données techniques relatives à chaque système proviennent des prospectus mêmes des firmes productrices ou de calculs et mesures trouvés dans la littérature. Notre équipe n'a pas entrepris de campagnes	de mesures spéciales dans le cadre de ce projet. Parfois, nous avons prié les firmes productrices de vérifier elles-mêmes les capacités annoncées (p. ex.: Siemens, Agero, Gartner, Colt, Flachglas).
Evaluation des systèmes	Nous avons classés les exemples présentés en deux catégories, en nous basant sur une interprétation empirique des membres de l'équipe:	<ul style="list-style-type: none">++ Solution tout à fait satisfaisante ou ayant exploité au maximum les possibilités et les contraintes+ Solution ne remplissant que partiellement sa fonction; susceptible d'améliorations.

Transformation d'une fenêtre ancienne

Verres spéciaux plus
transparents protégés
par un film déroulant



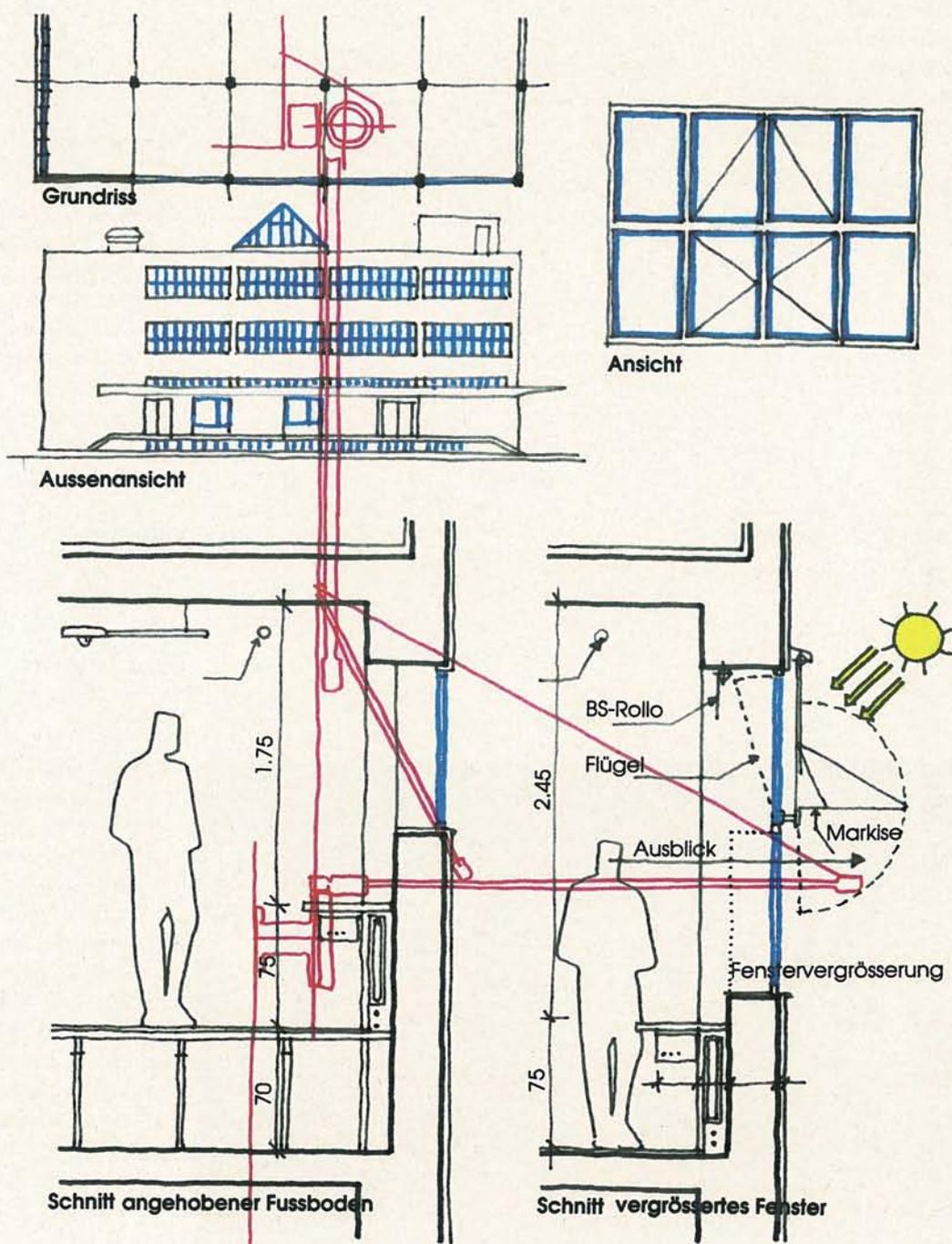
Caractéristiques de l'immeuble:	Verres spéciaux plus transparents		
Références:	Transformation		
Maître de l'ouvrage:	Casa Mikesch		
Architecte:	Reto P. Miloni		
Lieu d'implantation:	Porto Ceresio		
Année de construction:	1994		
Mode de valorisation de la lumière naturelle:	Orientation de la façade: Structure de la façade:	Sud Fenêtres en bois équipées de verres spéciaux à haute transparence. Rideaux plans déroulables à grand pouvoir réfléchissant	
	Données techniques: - Coefficient de transmission lumineuse: - Taux de transmission énergétique global: - Coefficient de transmission thermique: Contre-cœur: Systèmes de protection solaire et anti-éblouissements:	Verre «Optiwhite» et feuille réfléchissante TL: ± 84% réductible à volonté jusqu'à 3% g: ± 72% réductible à volonté jusqu'à 10% k: 2.0 W/m²K Construction massive Rideaux réfléchissants déroulables Volets intérieurs articulés	
Evaluation empirique:	- Valorisation de la lumière naturelle: - Protection solaire: - Maintien du contact visuel avec l'extérieur: - Limitation des éblouissements:	Par temps couvert + ++ +	Par temps ensoleillé + ++ + ++



Dans les sites historiques, il n'est guère possible d'agrandir les ouvertures d'un bâtiment existant pour des raisons de protection du patrimoine. Pour accroître la pénétration de lumière, il ne reste plus qu'à utiliser du verre plus transparent que normal. (Ce verre est fabriqué sans adjonction d'oxyde de fer.) Pour du verre double isolant, le gain est de l'ordre de 10 à 15%. Comme la façade ne peut pas être surchargée de systèmes de protection extérieurs, il faut prévoir, pour la protection solaire comme pour éviter l'éblouissement, des solutions intérieures, sous forme de rideaux déroulables.

Maximisation des ouvertures

Cadres extra-fins



La finesse des cadres permet d'augmenter l'ouverture nette. La protection solaire se fait par des stores en toile extérieurs, à projection, garantissant le contact visuel avec l'extérieur. Dans des cas particuliers, on peut surélever le plancher pour améliorer ce contact.

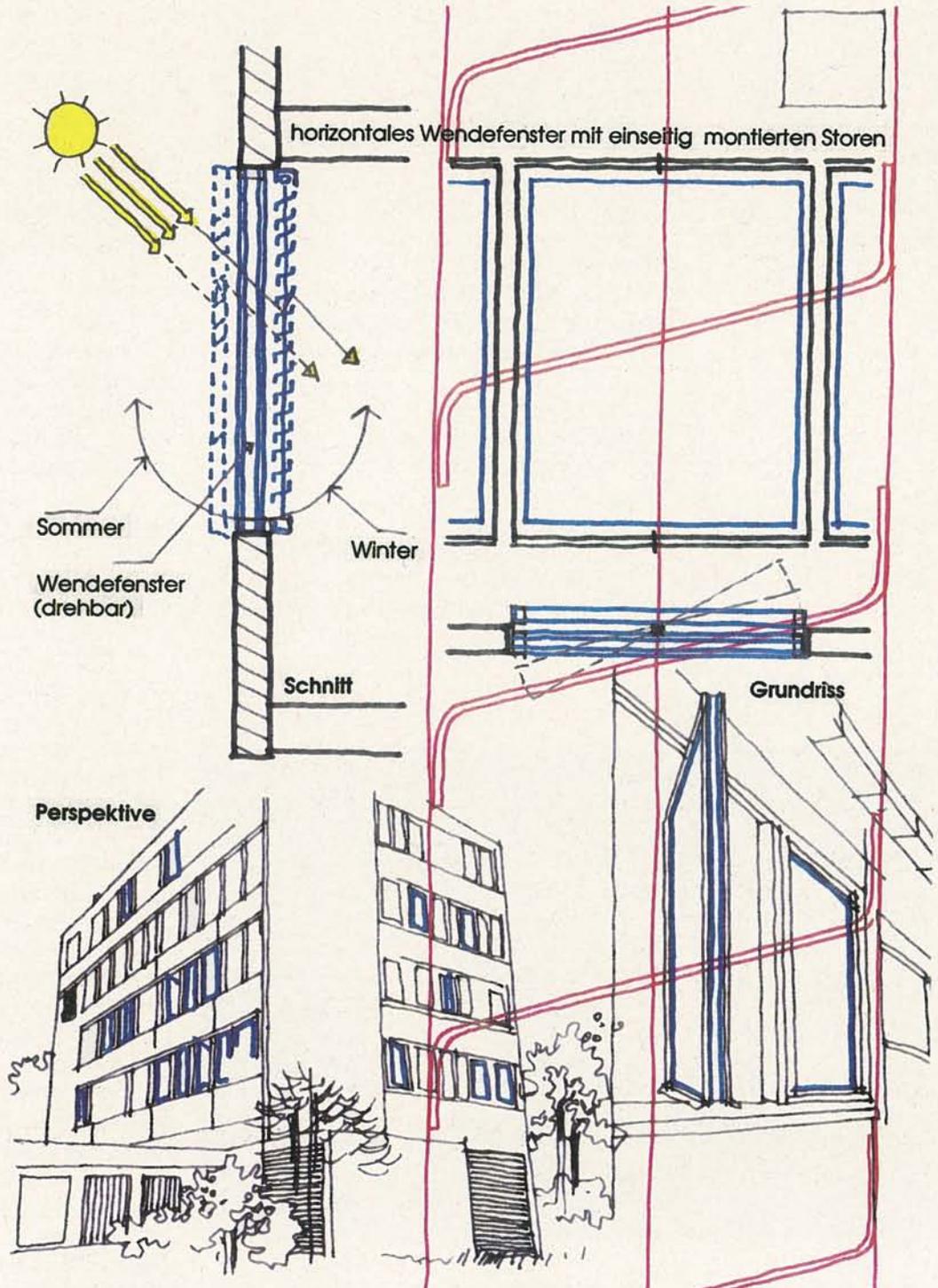
Caractéristiques	Cadres extra-fins											
Références: Maître de l'ouvrage: Architecte: Lieu d'implantation: Année de construction:	Transformation WWF-Suisse, Zurich Zimmermann Cole + Partner AG Zurich 1993											
Mode de valorisation de la lumière naturelle:	Orientation de la façade: Structure de la façade: Données techniques: – Coefficient de transmission lumineuse: – Taux de transmission énergétique global: – Coefficient de transmission thermique: Contre-cœur: Systèmes de protection solaire et anti-éblouissements:	Sud-est, sud-ouest Fenêtres en métal, système «Dial Norm AG» TL: ± 79% g: ± 64% k: 2.4 W/m²K (fenêtre complète) k: 1.6 W/m²K (verre seulement) Construction massive, opaque Store extérieur en toile «Tredler Laros/Fust AG» Rideau «Rollo» à manipulation individualisée										
Evaluation empirique:	– Valorisation de la lumière naturelle: – Protection solaire: – Maintien du contact visuel avec l'extérieur: – Limitation des éblouissements:	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Par temps couvert</th> <th>Par temps ensoleillé</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>++</td> <td>+</td> </tr> <tr> <td></td> <td>++</td> </tr> <tr> <td>++</td> <td>+</td> </tr> <tr> <td>+</td> <td>++</td> </tr> </tbody> </table>	Par temps couvert	Par temps ensoleillé	++	+		++	++	+	+	++
Par temps couvert	Par temps ensoleillé											
++	+											
	++											
++	+											
+	++											



Un accroissement très sensible de luminosité a pu être obtenu par un allongement des fenêtres et par l'utilisation de profils extrêmement fins pour les cadres et les nervures. La surface vitrée nette est égale à 84% de l'ouverture brute. La rénovation de la façade a permis le doublement de la surface vitrée par rapport à la structure d'origine, en rajoutant une bande de fenêtres supplémentaire entre les vasistas et le niveau d'origine. On est frappé par la grande hauteur de plafond et par les grands vasistas. Le store en toile extérieure une fois déployé permet encore le contact visuel avec l'extérieur, du moins en regard plongeant vers la rue. Il faut remarquer que l'utilisation d'une toile colorée altère la vision normale des couleurs sur les bureaux. L'impression générale donne un sentiment de confort certain, obtenu avec des moyens très simples et grâce à une exécution très soignée.

Fenêtre réversible

Vantail de fenêtre pivotant, avec store à fonction saisonnière variable



Le store à lamelles est monté d'un seul côté, sur un vantail de fenêtre pivotant. Suivant la saison, le store se trouve à l'extérieur (été) ou à l'intérieur (hiver).

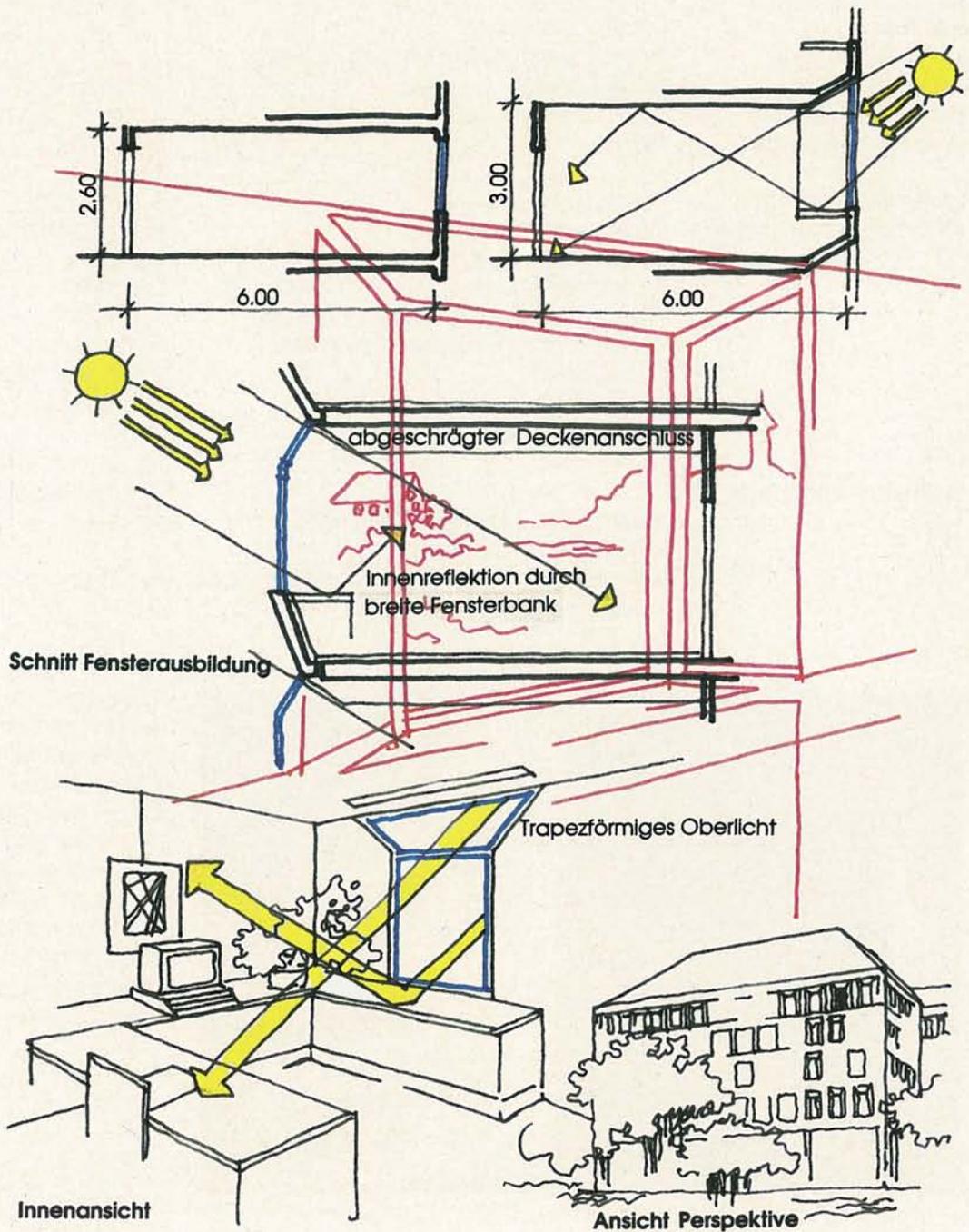
Caractéristiques de l'immeuble:	Vantail de fenêtre pivotant, avec store à fonction saisonnière		
Références:	Construction neuve		
Maître de l'ouvrage:	Immeuble administratif Christ AG à Aesch		
Architecte:	Zoltan Komondy		
Lieu d'implantation:	Aesch, Bâle-Campagne		
Année de construction:	1980		
Mode de valorisation de la lumière naturelle:	Orientation de la façade:	Est, ouest, sud	
	Structure de la façade:	Fenêtres pivotantes en bandes	
	Données techniques:	Vitrages	
	- Coefficient de transmission lumineuse:	TL: ± 83%	
	- Taux de transmission énergétique global:	g: ± 80%	
	- Coefficient de transmission thermique:	k: 3.0 W/m²K	
	Contre-cœur:	Construction massive	
	Systèmes de protection solaire et anti-éblouissements:	Stores à lamelles en aluminium escamotables.	
Evaluation empirique:			
	- Valorisation de la lumière naturelle:	Par temps couvert ++	Par temps ensoleillé +
	- Protection solaire:		++
	- Maintien du contact visuel avec l'extérieur:	++	+
	- Limitation des éblouissements:	+	+



La caractéristique principale de ce système de fenêtre est sa réversibilité, qui permet au même ustensile de servir à deux usages différents: en été, il protège du rayonnement solaire direct et de sa chaleur par l'extérieur; en hiver, il permet de se protéger des éblouissements, tout en conservant la chaleur captée par effet de serre. Ce système remplit donc 3 fonctions, puisqu'il permet, en plus des fonctions habituelles, de gérer les transferts de chaleur. Son défaut est de limiter la vue vers l'extérieur, lorsque les stores sont baissés.

Ouverture bombée

Fenêtre protubérante
avec une lucarne
zénithale



Une ouverture supérieure, en forme de trapèze, capte bien la lumière venant du ciel. Il faut alors couper le double plafond en biais pour laisser passer ce surplus de lumière. De larges tablettes de fenêtres réfléchissantes complètent cette « aspiration » de lumière naturelle.

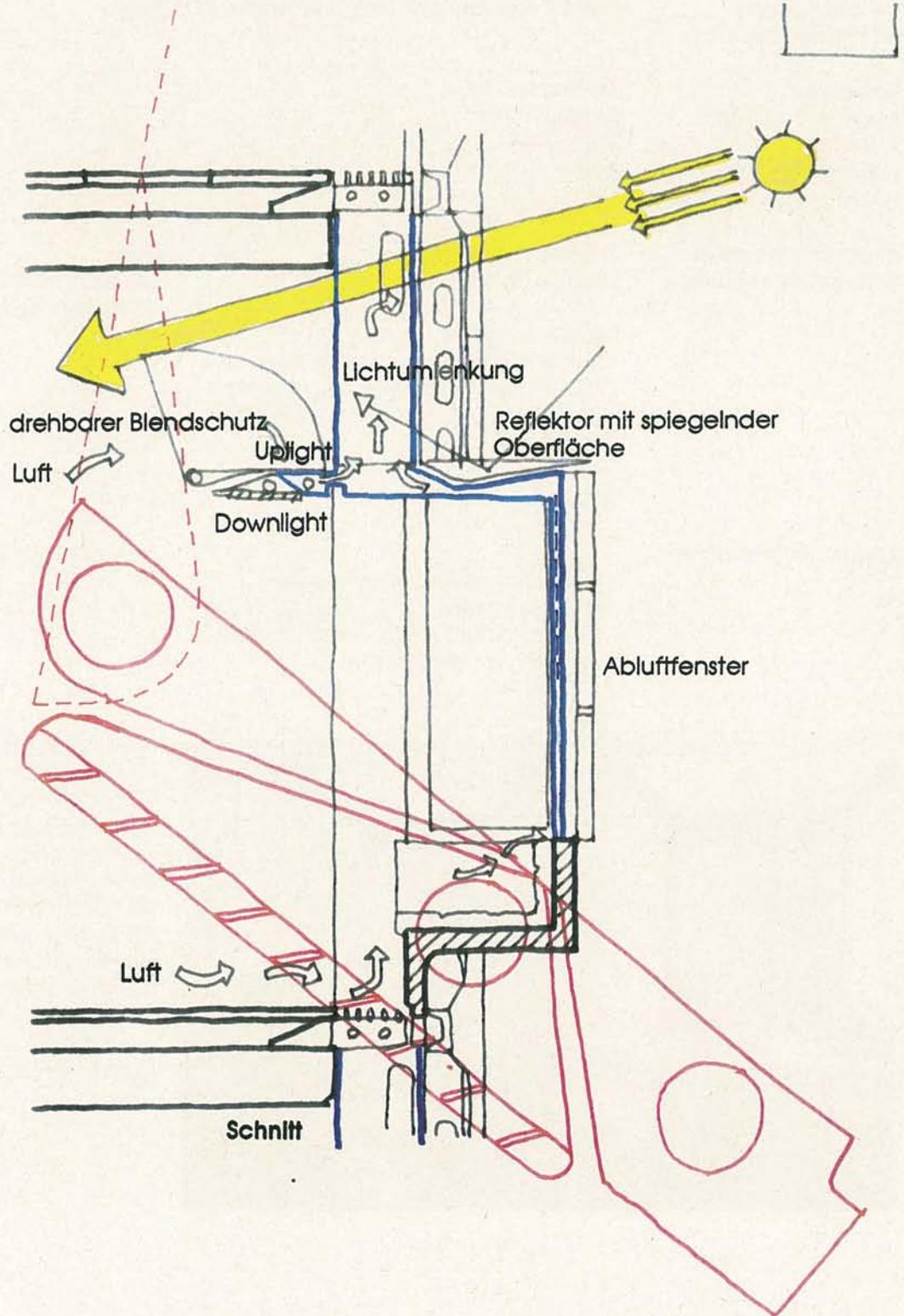
Caractéristiques de l'immeuble:	Fenêtre protubérante avec une lucarne zénithale		
Références:	Construction neuve		
Maître de l'ouvrage:	Publicitas		
Architecte:	Rolf Kramer		
Lieu d'implantation:	Zurich		
Année de construction:	1983		
Mode de valorisation de la lumière naturelle:	Orientation de la façade:	Ouest	
	Structure de la façade:	Façade à ouvertures «en bulles» permettant de capter un surplus de lumière zénithale	
	Données techniques:	Vitrages	
	- Coefficient de transmission lumineuse:	TL: ± 73%	
	- Taux de transmission énergétique global:	g: ± 46%	
	- Coefficient de transmission thermique:	k: ± 1.3 W/m²K	
	Contre-cœur:	Construction massive	
	Systèmes de protection solaire et anti-éblouissements:	Verre traité Aucun	
Evaluation empirique:		Par temps couvert	Par temps ensoleillé
	- Valorisation de la lumière naturelle:	++	+
	- Protection solaire:		++
	- Maintien du contact visuel avec l'extérieur:	++	++
	- Limitation des éblouissements:	++	+



Les ouvertures en forme d'oriels (bow-windows) possèdent un regard trapézoïdal vitré de dimensions assez modestes, mais suffisantes pour capter un surplus de lumière zénithale, ce qui crée une atmosphère intéressante dans le bureau. Cet effet est renforcé par l'arasement en biais du plafond au droit des fenêtres, associé à la présence de larges tablettes de fenêtres réfléchissantes, ce qui permet de nouveaux gains de lumière naturelle. Une protection contre les éblouissements s'imposerait pour se défendre contre le rayonnement solaire direct et les ciels trop clairs.

Fenêtre en saillie

Fenêtre à récupération de chaleur



Cette fenêtre sophistiquée agit comme capteur thermique passif à circulation d'air, pour tempérer les locaux. Un grand vasistas en retrait permet l'aération et laisse pénétrer, à proximité du plafond, le rayonnement solaire renvoyé par un réflecteur.

Caractéristiques

Fenêtre à récupération de chaleur

Références de l'immeuble: Transformation
 Maître de l'ouvrage: Gouvernement britannique
 Architecte: Michael Hopkins & Partners, Londres, GB
 Lieu d'implantation: Palais du Parlement à Londres
 Année de construction: En projet

Mode de valorisation de la lumière naturelle:	Orientation de la façade: Sud Structure de la façade: Fenêtre à récupération de chaleur protubérante dotée d'un vasistas en retrait. Données techniques: - Coefficient de transmission: TL: ± 80% - Taux de transmission énergétique global: g: ± 70% - Coefficient de transmission thermique: k: ± 2.7 W/m²K Contre-cœur: Construction massive Systèmes de protection solaire et anti-éblouissements: Effet partiel par réflecteur Lame orientable intérieure pour lumière entrant par le vasistas
--	---

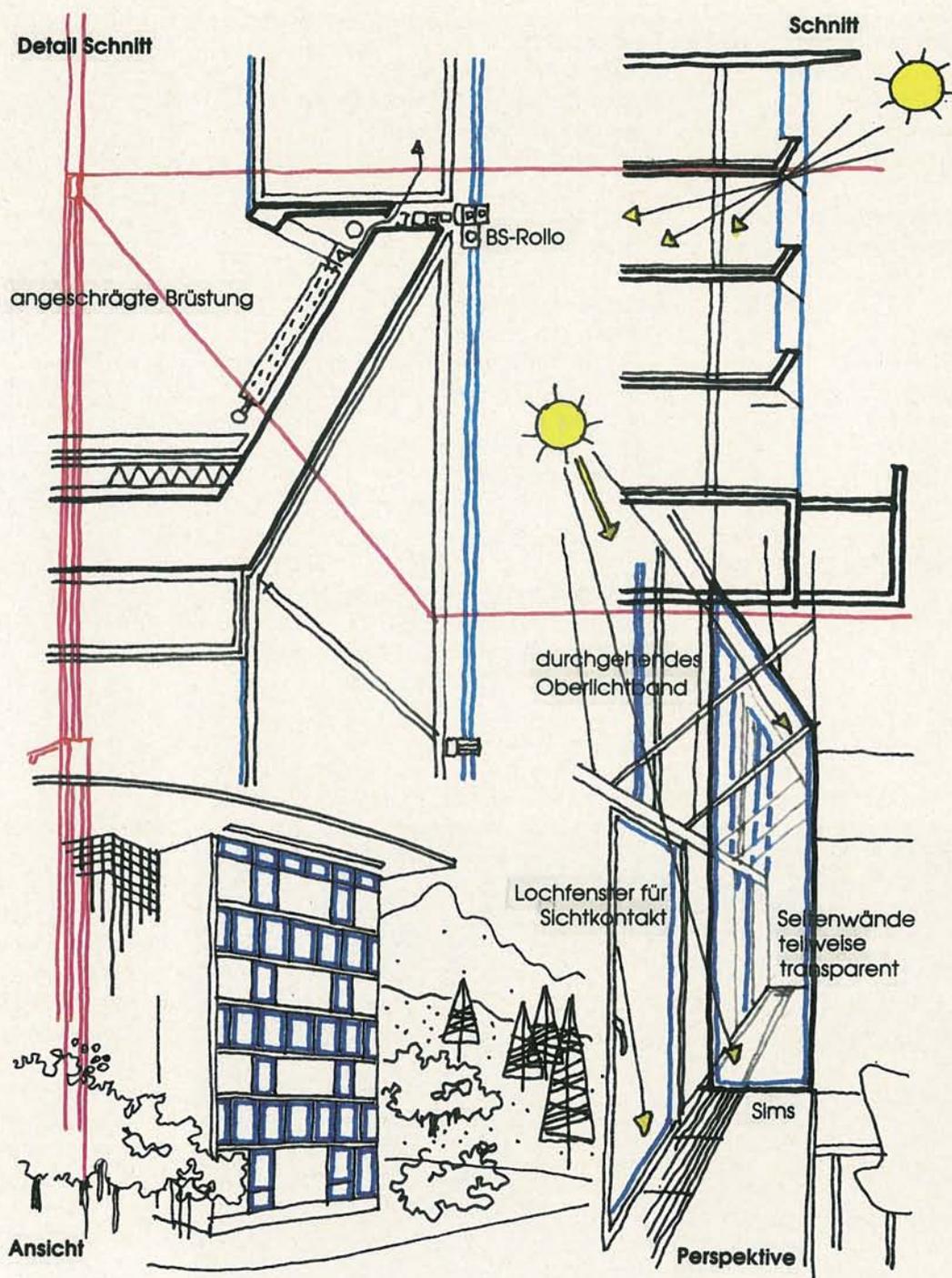
Evaluation empirique:	- Valorisation de la lumière naturelle: ++ - Protection solaire: + - Maintien du contact visuel avec l'extérieur: ++ - Limitation des éblouissements: +	Par temps couvert ++ ++ +	Par temps ensoleillé ++ + ++ +
------------------------------	--	------------------------------------	--



Voici la preuve que l'art de valoriser la lumière naturelle ne s'applique pas seulement aux immeubles neufs. Les Anglais ont mis le paquet pour rénover leur Parlement de manière exemplaire; il s'agit cependant encore d'une réflexion sur modèle réduit. La particularité de ce projet est la récupération de la chaleur derrière les vitrages, chaleur qui est dirigée vers un échangeur de chaleur intégré à l'installation de climatisation. Une lame réfléchissante permet de récupérer un surplus de lumière qui sera renvoyé vers un plafond modelé en ondulations.

Contre-cœur oblique

Retombées inclinées en direction du soleil



Ici, la source principale de lumière n'est pas au niveau des fenêtres, mais entre les étages. Des ouvertures continues, en bandes, permettent un excellent captage de la lumière venant du ciel, à condition que la tête de la dalle de l'étage supérieur soit arasée en biais. Au niveau des fenêtres, la continuité des ouvertures n'est pas désirée, créant un effet de masques inhabituel. Les séparations intérieures entre bureaux sont en partie vitrées pour récupérer de la lumière latérale.

Caractéristiques

Retombées inclinées en direction du soleil

Références: Construction neuve
Maître de l'ouvrage: Heinz Mathoi Strel
Architecte: Heinz Mathoi Strel
Lieu d'implantation: Innsbruck
Année de construction: 1992

Mode de valorisation de la lumière naturelle:

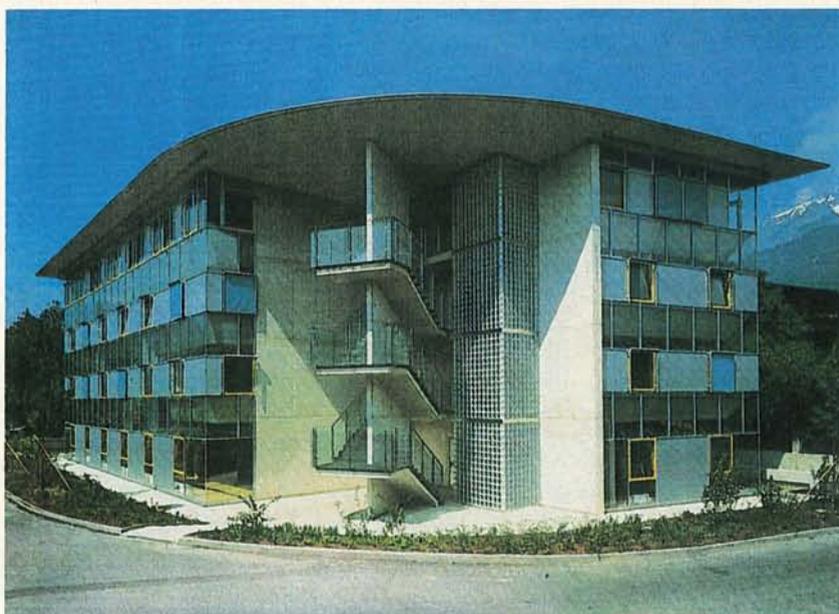
Orientation de la façade: Sud-ouest
Structure de la façade: Utilisation de profils d'aluminium; dalles portées per des piliers en acier

Données techniques:
 - Coefficient de transmission lumineuse: TL: ± 80%
 - Taux de transmission énergétique global: g: ± 70%
 - Coefficient de transmission thermique: k: ± 1.3 W/m²K

Contre-cœur: Vitré au droit de la tête de dalle oblique
Systèmes de protection solaire et anti-éblouissements: Film déroulable réfléchissant à l'intérieur du verre isolant

Evaluation empirique:

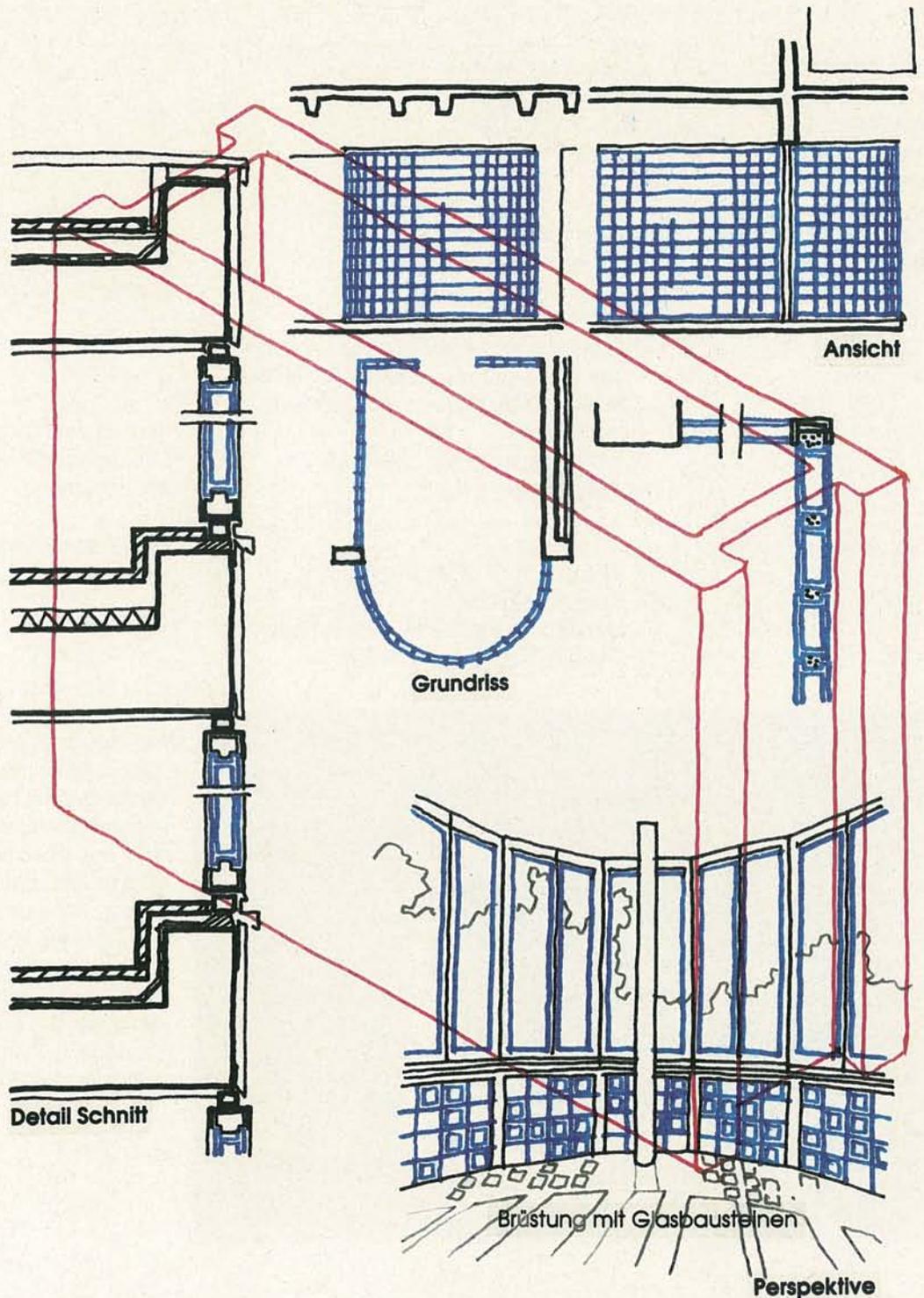
	Par temps couvert	Par temps ensoleillé
- Valorisation de la lumière naturelle:	++	++
- Protection solaire:		++
- Maintien du contact visuel avec l'extérieur:	++	+
- Limitation des éblouissements:	+	++



La tête de dalle oblique augmente sensiblement les gains de lumière zénithale, mais le surcoût de ce détail constructif n'est pas mince. Dans le cas particulier, il se justifie par une utilisation obligatoire de la lumière naturelle, non seulement à front de fenêtres mais dans toute la profondeur des bureaux. Le fait d'avoir vitré en continu le niveau supérieur de chaque étage et de n'avoir pas maintenu cette continuité au niveau normal des fenêtres entraîne un contraste inhabituel dans la luminosité des bureaux. Cependant, les zones «opaques», illuminées seulement d'en haut, sont aussi des places de travail intéressantes.

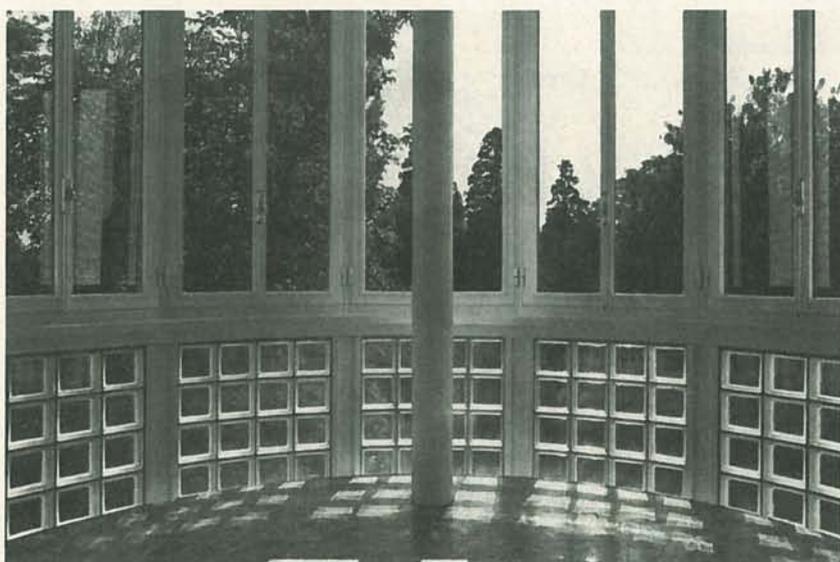
Façade en briques de verre

Modelé de façade en parpaings de verre



Un contre-cœur transparent offre une lumière diffuse qui ne nécessite pas de protection solaire particulière, sauf en cas d'activité gênée par des éblouissements. Une protection intérieure individuelle s'impose alors.

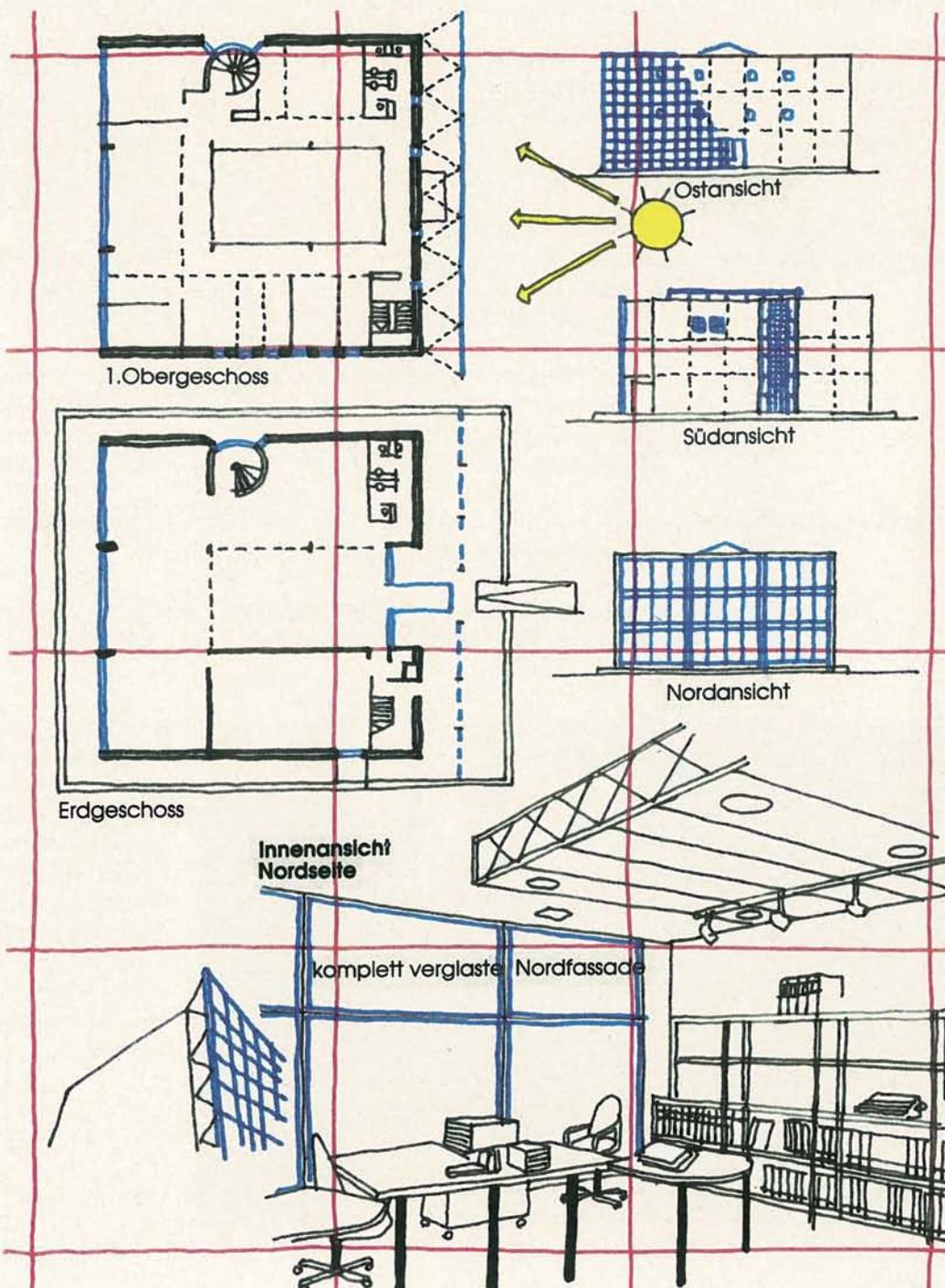
Caractéristiques de l'immeuble:	Modelé de façade en parpaings de verre		
Références:	Construction nouvelle		
Type d'ouvrage:	Maison familial		
Architecte:	Dolf Schnebli + Tobias Ammann		
Lieu d'implantation:	Zurich		
Année de construction:	1987		
Mode de valorisation de la lumière naturelle:	Orientation de la façade:	Ouest	
	Structure de la façade:	Parois transparentes massives	
	Données techniques (évaluation):	Briques de verre	
	- Coefficient de transmission lumineuse:	TL: ± 75%	
	- Taux de transmission énergétique global:	g: ± 56%	
	- Coefficient de transmission thermique:	k: ± 3.2 W/m²K	
	Contre-cœurs:	En briques de verre creuses	
	Systèmes de protection solaire et anti-éblouissements:	A envisager de cas en cas. Protection anti-éblouissements pour activités exigeantes	
Evaluation empirique:			
	- Valorisation de la lumière naturelle:	Par temps couvert ++	Par temps ensoleillé ++
	- Protection solaire:		+
	- Maintien du contact visuel avec l'extérieur:	++	+
	- Limitation des éblouissements:	++	+



La construction de murs translucides en briques de verre est de nouveau d'actualité, depuis que des mortiers spéciaux à deux composants permettent de garantir un appareil étanche à l'eau. De tels murs apportent une atmosphère très particulière dans les locaux qu'ils habillent. On peut les utiliser avec bonheur pour les murs non porteurs des bâtiments industriels à ossature en acier ou en béton, pour les cages d'escaliers, les contre-cœurs ou pour tout local qui ne demande pas un éclairage maximal.

Façade nord transparente

Ouverture totale de toute la façade



Des bureaux orientés au nord ne craignent pas des échauffements excessifs. Aussi, l'architecte a prévu de les vitrer du sol au plafond pour capter le maximum de lumière zénithale.

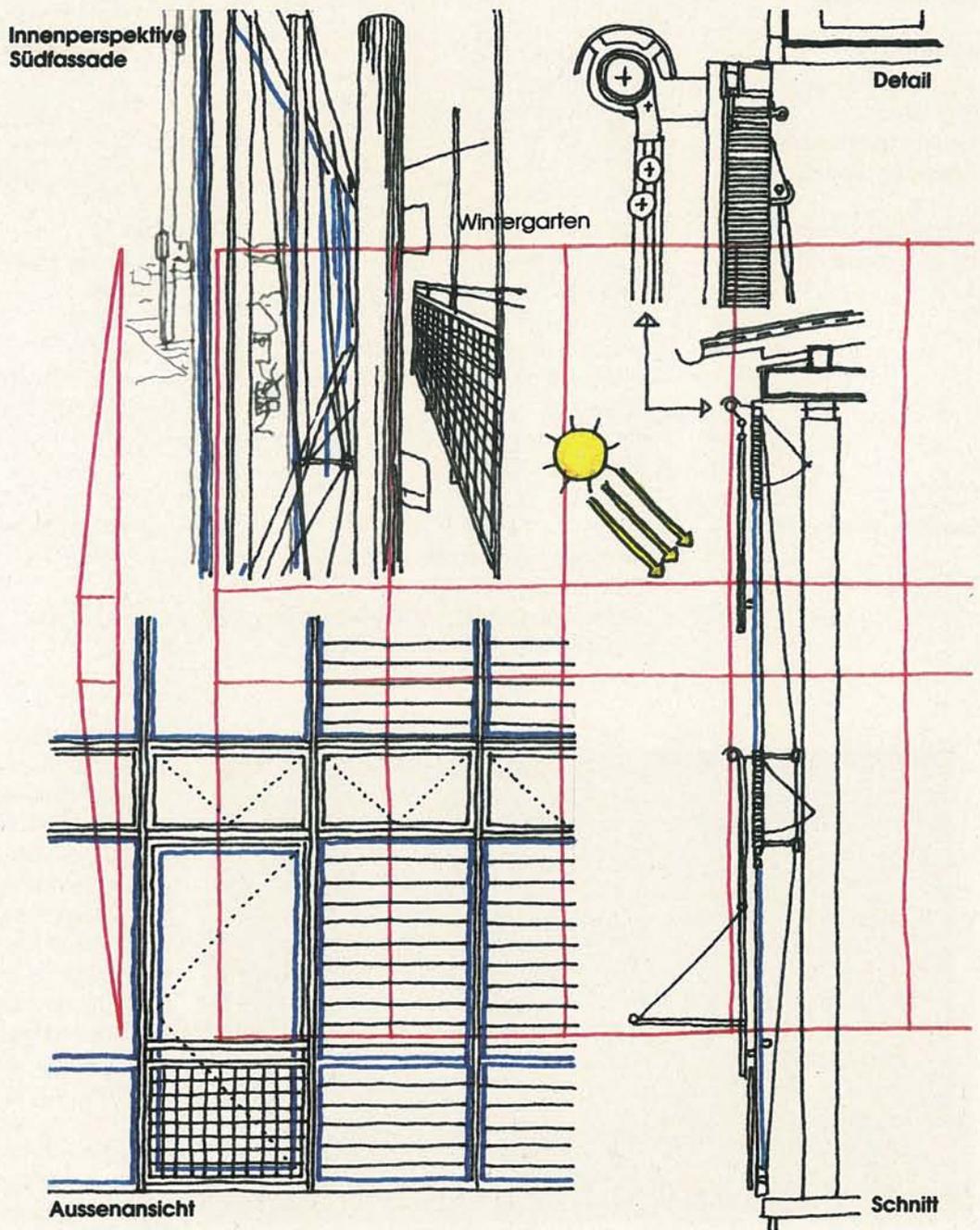
Caractéristiques de l'immeuble:	Ouverture totale de toute la façade		
Références:	Nouvelle construction		
Maître de l'ouvrage:	ERCO (bâtiment administratif)		
Architecte:	Hanshan Roebbers, Koudum/Roy Lim, Delft		
Lieu d'implantation:	Naarden, NL		
Année de construction:	1992		
Mode de valorisation de la lumière naturelle:	Orientation de la façade:	Nord	
	Structure de la façade:	Vitrage sur toute la hauteur d'étage	
	Données techniques:	Vitrages	
	- Coefficient de transmission lumineuse:	TL: ± 64%	
	- Taux de transmission énergétique global:	g: ± 48%	
	- Coefficient de transmission thermique:	k: ± 3.0 W/m ² K	
Contre-cœur:	Construction légère		
Systèmes de protection solaire et anti-éblouissements:	Aucun		
Evaluation empirique:		Par temps couvert	Par temps ensoleillé
	- Valorisation de la lumière naturelle:	++	++
	- Protection solaire:		++
	- Maintien du contact visuel avec l'extérieur:	++	++
	- Limitation des éblouissements:	+	+



L'architecte dispose d'un premier moyen inégalable pour gérer l'utilisation de la lumière naturelle dans son immeuble: c'est la localisation même et l'orientation du bâtiment. Point n'est besoin de systèmes de protection sophistiqués sur une façade nord. Les éblouissements non plus ne procurent de la gêne, à moins qu'un immeuble voisin de couleur claire ne soit une source de lumière indirecte trop intense par temps ensoleillé. Une telle façade nord simplifiée techniquement capte bien la lumière zénithale, qui se répartit uniformément à l'intérieur des locaux. Bien sûr, par temps couvert, il ne faut pas demander un même niveau de luminosité que pour une façade sud, surtout si des obstacles obstruent partiellement le ciel, tels que des arbres, des collines voisines, des immeubles, voire des places à revêtements bitumineux noirs qui « mangent » la lumière ambiante. Dans le cas présent, un lanterneau central est venu compenser largement de tels déficits de luminosité.

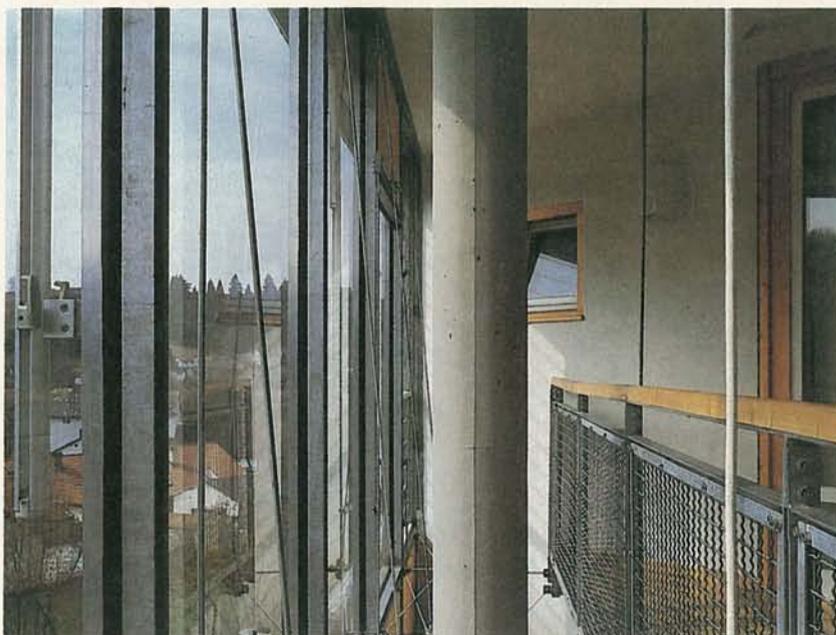
Jardin d'hiver comme espace-tampon

«Seconde peau» en
verre, protégée par des
stores extérieurs en
toile



Même sur des immeubles
existants, les balcons vitrés offrent
des espaces de vie intéressants.

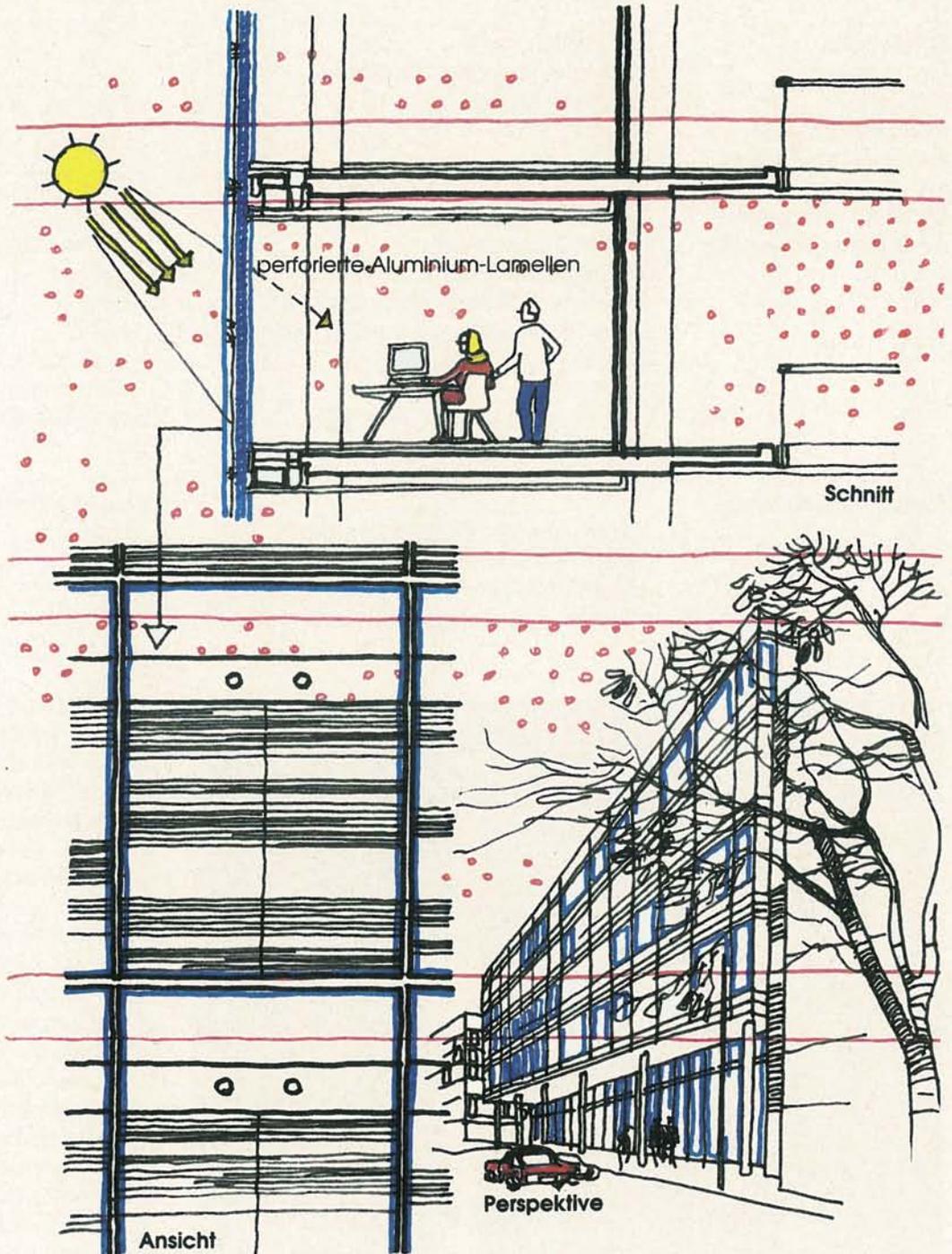
Caractéristiques de l'immeuble:	«Seconde peau» en verre, protégée par des stores extérieurs en toile	
Références:	Construction neuve	
Type d'ouvrage:	Home pour personnes à la retraite	
Architecte:	Hans Nickl, Munich	
Lieu d'implantation:	Titting, D	
Année de construction:	1991	
Mode de valorisation de la lumière naturelle:	Orientation de la façade:	Sud
	Structure de la façade:	Vitrage total sur toute la hauteur d'étage
	Données techniques:	Vitrages
	- Coefficient de transmission lumineuse:	TL: ± 64%
	- Taux de transmission énergétique global:	g: ± 48%
	- Coefficient de transmission thermique:	k: ± 3.0 W/m²K
	Contre-cœur:	Complètement vitré
	Systèmes de protection solaire et anti-éblouissements:	Stores textiles extérieurs Aucun
Evaluation empirique:		
		Par temps couvert
		Par temps ensoleillé
- Valorisation de la lumière naturelle:	+	+
- Protection solaire:		++
- Maintien du contact visuel avec l'extérieur:	++	++
- Limitation des éblouissements:	+	++



Les architectes qui savent maîtriser l'art de valoriser la lumière naturelle ont à gérer simultanément de nombreuses composantes du problème. Ils doivent imaginer des solutions convaincantes sur les plans de la statique de l'immeuble, de l'agencement des différents espaces, de l'optimisation énergétique globale autant que sur celui de l'exploitation la plus rationnelle possible de la lumière du jour. Il n'est pas toujours nécessaire de mettre en place un attirail sophistiqué de systèmes de captage et de protection. Dans le cas présent, deux pièces de ce home, situées à l'angle de l'immeuble, ont été prolongées par un jardin d'hiver englobant le balcon. Le nouvel espace ainsi créé sert d'espace-tampon non chauffé et en contact avec l'air extérieur. Il est intéressant d'observer un gradient de luminosité bien marqué entre le jardin d'hiver et les pièces adjacentes qui deviennent comme un refuge plus sombre.

Façade-rideau double épaisseur

Vitrage double couche
pour la récupération de
chaleur



Des vitrages isolants non soudés
permettent d'intégrer, entre
les deux verres, des stores protec-
teurs à lamelles en aluminium.

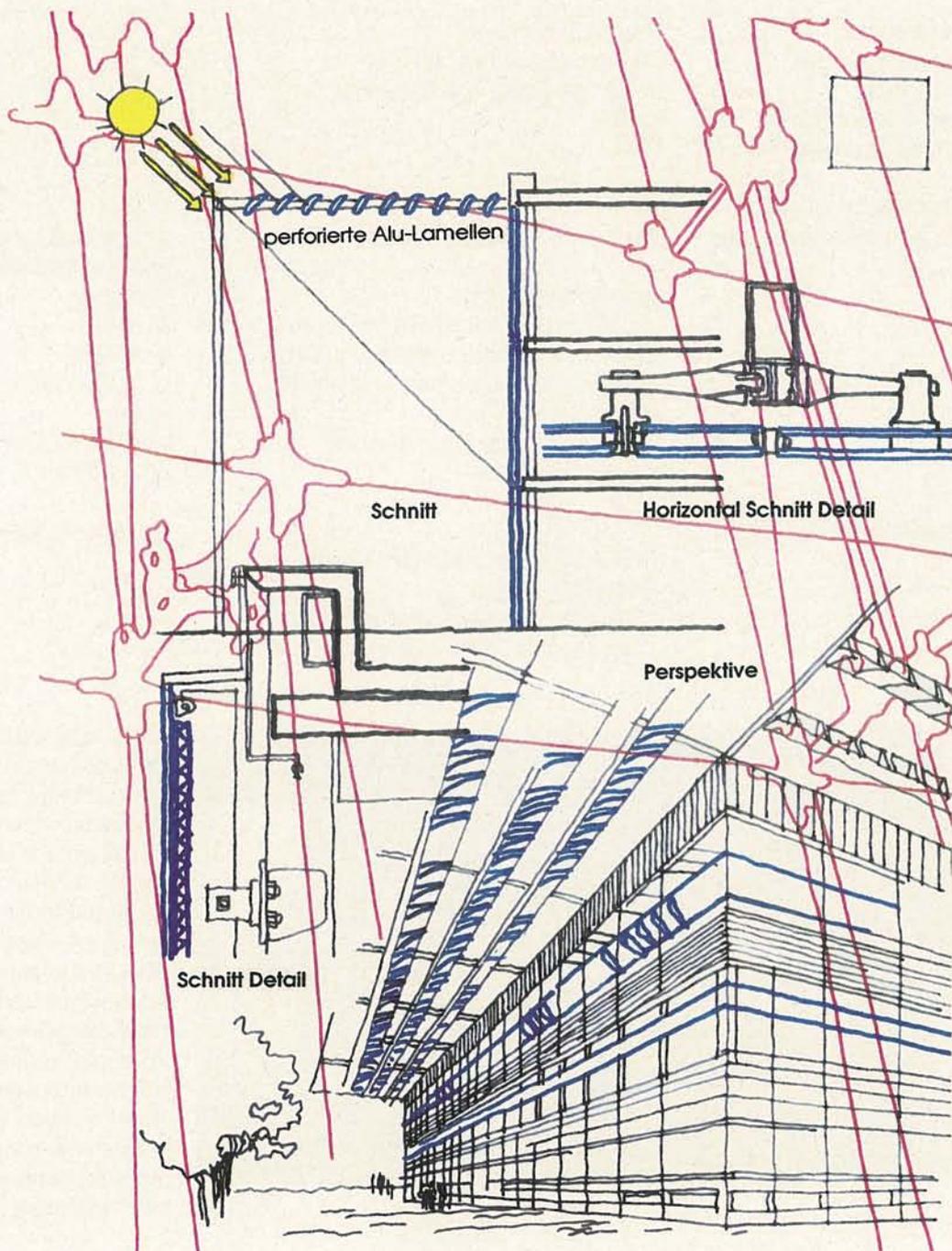
Caractéristiques de l'immeuble:	Vitrage double couche pour la récupération de chaleur		
Références:	Construction neuve		
Maître d'ouvrage:	ITN (nouveau quartier général)		
Architecte:	Sir Norman Foster and Associates		
Lieu d'implantation:	Londres		
Année de construction:	1991		
Mode de valorisation de la lumière naturelle:	Orientation de la façade:	Sud	
	Structure de la façade:	Vitrage total sur toute la hauteur d'étage. Verre extérieur teinté en vert; intérieur transparent	
	Données techniques:	Vitrages	
	- Coefficient de transmission lumineuse:	TL: ± 64%	
	- Taux de transmission énergétique global:	g: ± 48%	
	- Coefficient de transmission thermique:	k: ± 3.0 W/m²K	
	Contre-cœur:	Aucun	
	Systèmes de protection solaire et anti-éblouissements:	Lamelles en aluminium perforé glissant entre deux vitrages	
Evaluation empirique:		Par temps couvert	Par temps ensoleillé
	- Valorisation de la lumière naturelle:	++	+
	- Protection solaire:		++
	- Maintien du contact visuel avec l'extérieur:	++	+
	- Limitation des éblouissements:	++	++



Les façades rideaux ont longtemps fait rêver les architectes, mais le rêve a souvent tourné au cauchemar, lorsque l'été arrivait et que les bureaux devenaient des fours, ou quand la facture pour le chauffage arrivait en fin d'hiver. Voici un moyen de se réconcilier avec les façades-rideaux: le concept «Twin-face» prévoit un vitrage double non soudé à l'intérieur duquel coulisent des lamelles de store en aluminium perforé qui permettent se protéger efficacement et individuellement contre les trop-pleins de lumière. Une récupération de chaleur est prévue dans l'entre-vitrage. Pour l'entretien du système, il est prévu que le vitrage intérieur puisse coulisser, donnant accès au moins à la face interne des immenses vitres extérieures.

«*Structural glazing*»

Façade-rideau en verre
protégée par une
structure brise-soleil
indépendante



Des lames en aluminium perforé dotent cet immeuble d'une sorte de «chapeau de soleil» à très large bord.

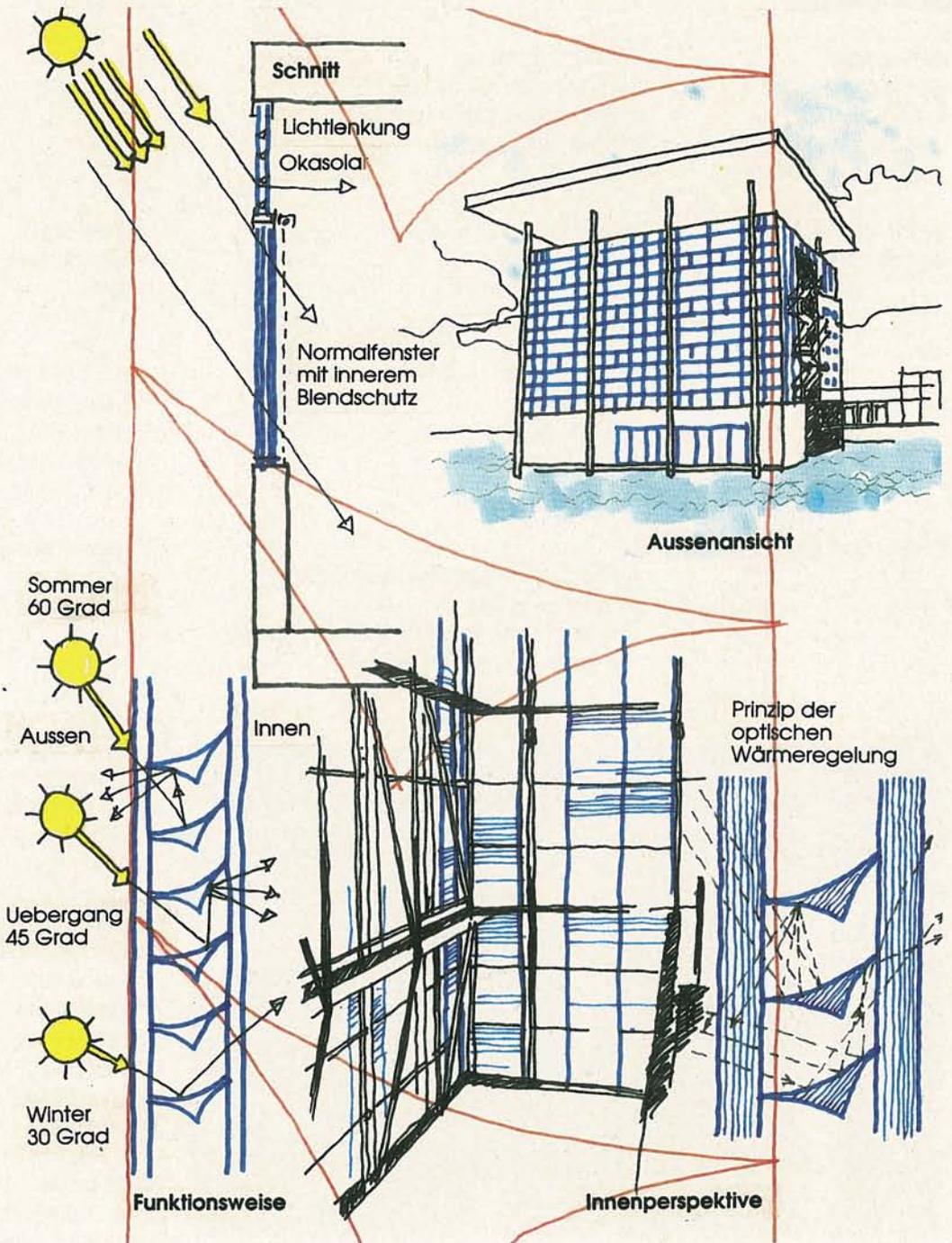
Caractéristiques de l'immeuble:	Façade-rideau en verre protégée par une structure brise-soleil indépendante		
Références:	Construction neuve		
Type d'ouvrage:	Immeuble administratif B8		
Architecte:	Ian Ritchie Associates, Londres		
Lieu d'implantation:	Stockley Park, Hayes, GB		
Année de construction:	1990		
Mode de valorisation de la lumière naturelle:	Orientation de la façade:	Sud, est, ouest	
	Structure de la façade:	Vitrages de type «Planar»	
	Données techniques:	Vitrages	
	– Coefficient de transmission lumineuse:	TL: ± 55%	
	– Taux de transmission énergétique global:	g: ± 45%	
	– Coefficient de transmission thermique:	k: ± 1.9 W/m²K (E extra-bas)	
	Contre-cœur:	Complètement vitré avec un k = 0.45 W/m²K	
	Systèmes de protection solaire et anti-éblouissements:	«Visières» fixes en aluminium (système «Mouillon») en partie rideaux «Vertilam» installés par le locataire; en partie verre imprimé	
Evaluation empirique:		Par temps couvert	Par temps ensoleillé
	– Valorisation de la lumière naturelle:	++	++
	– Protection solaire:		++
	– Maintien du contact visuel avec l'extérieur:	++	++
	– Limitation des éblouissements:	++	+



Pour les façades vitrées construites selon le système dit «Structural Glazing», la structure porteuse est intérieure, constituée par les cadres de fenêtres eux-mêmes. Ici, les verres isolants sont fixés aux quatre angles par une ferrure très fine (p.ex. système «Planar»). Cette finesse permet bien évidemment un apport maximum de lumière naturelle. La protection contre le soleil est conçue comme une grande visière, dont le concepteur a fait un élément architectural à part entière, détaché de la façade proprement dite. Cet avant-toit en grosses lames d'aluminium perforé est tenu par une construction indépendante. De cette manière, le soleil n'atteint pas du tout la façade, mais la lumière diffuse d'un ciel couvert peut s'infiltrer entre les lames. Contre les éblouissements, il est prévu des rideaux intérieurs maniables à volonté par chaque utilisateur. A hauteur de contre-cœur, les vitrages sont équipés, sur leur face externe, d'une fine trame blanche imprimée en sérigraphie qui contribue à limiter les éblouissements.

Fenêtre à réflexion variable

Fenêtre isolante
équipée de prismes
optiques dans son
bandeau supérieur



Le bandeau supérieur de la fenêtre est équipé d'un vitrage à prismes intégrés (système «Okasolar») qui permet au rayonnement incident de plonger vers le fond du local. C'est un moyen passif d'«automatiser» optiquement la régulation saisonnière des apports de lumière et de chaleur.

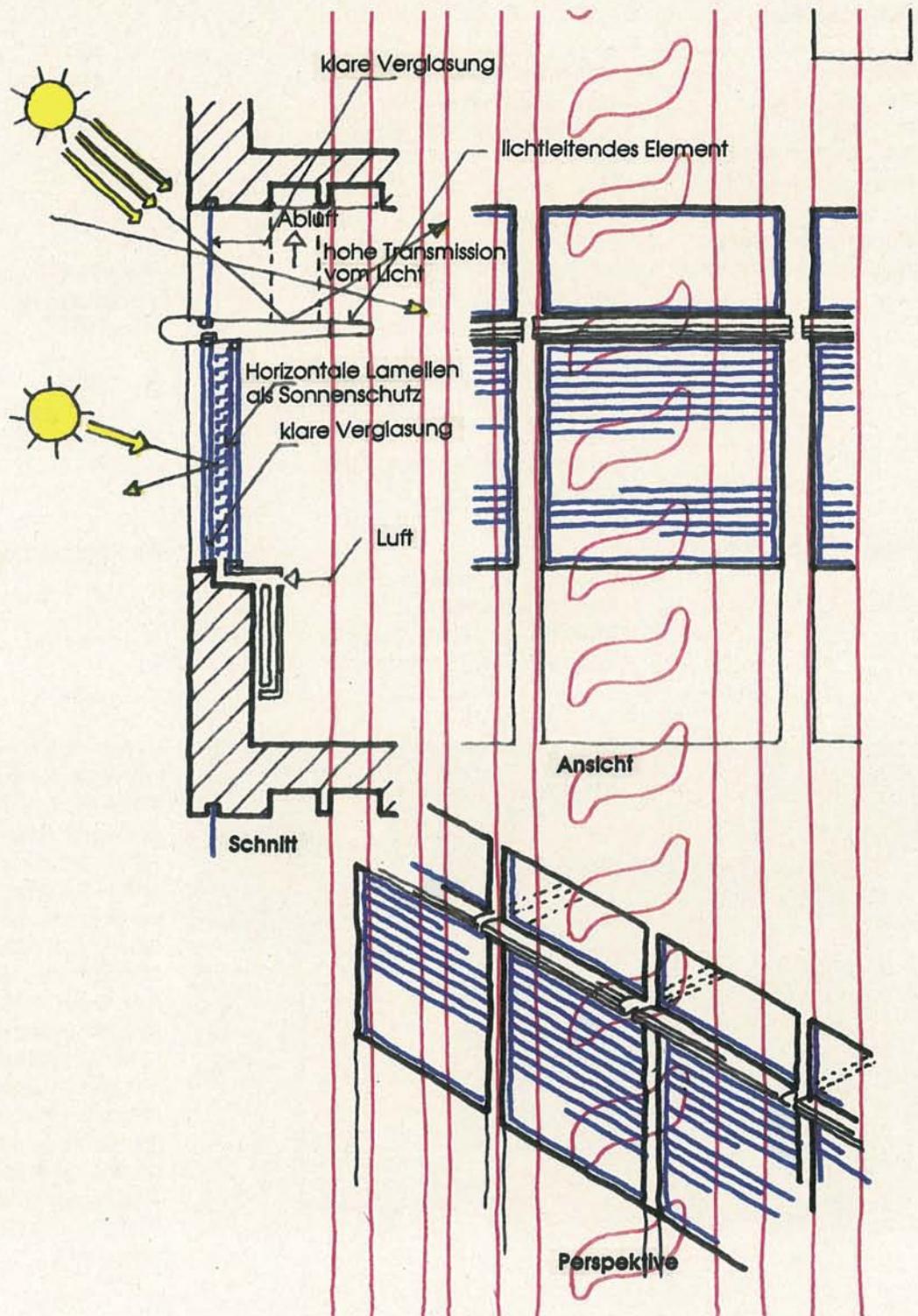
Caractéristiques de l'immeuble:	Fenêtre isolante équipée de prismes optiques dans son bandeau supérieur	
Références:	Construction neuve	
Maître d'ouvrage:	Kantor Haans, Tilburg, NL	
Architecte:	Jo Coenen, Eindhoven, NL	
Lieu d'implantation:	Tilburg	
Année de construction:	1991	
Mode de valorisation de la lumière naturelle:	Orientation de la façade:	Sud
	Structure de la façade:	Fenêtres en bandes
	Données techniques:	Vitrage ordinaire
	- Coefficient de transmission lumineuse:	TL: ± 79%
	- Taux de transmission énergétique global:	g: ± 64%
	- Coefficient de transmission thermique:	k: ± 1.3 W/m²K
	Contre-cœur:	Construction légère
	Systèmes de protection solaire et anti-éblouissements:	Aucun
Evaluation empirique:		Par temps couvert
	- Valorisation de la lumière naturelle:	+
	- Protection solaire:	++
	- Maintien du contact visuel avec l'extérieur:	+
	- Limitation des éblouissements:	+
		Par temps ensoleillé
		++
		+
		+



La partie supérieure des fenêtres est celle qui amène le plus de lumière zénithale et, en même temps celle qui sert le moins au contact visuel avec l'extérieur. On trouve maintenant sur le marché des produits qui ont un effet sélectif sur la pénétration de lumière: par exemple, des systèmes optiques tels que celui-ci. Son avantage est de retenir les ardents rayons d'un soleil d'été haut placé dans le ciel, mais de laisser passer les rayons en hiver, quand le soleil est bas sur l'horizon. La lumière diffuse d'un ciel couvert n'est pas non plus entravée par les prismes. Voici donc un produit très simple à manier qui ne demande aucun mécanisme compliqué et qui, de plus, ne déforme pas les couleurs. Il protège également des éblouissements, même si l'ombre sur la table est parfois marbrée de raies claires.

Bouclier réfléchissant

Élément horizontal
déviant la lumière vers
le plafond



Une planche horizontale sert à la fois de bouclier contre le rayonnement solaire direct et de réflecteur vers le plafond (principe de la tablette de fenêtre large). Le vitrage isolant sert à la fois de gaine pour le store escamotable et de capteur de chaleur à air.

Caractéristiques

Élément horizontal déviant la lumière vers le plafond

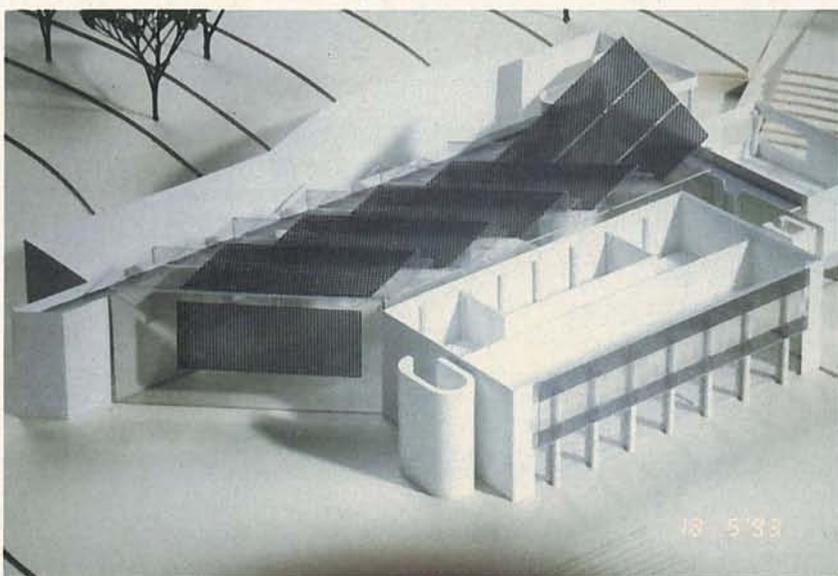
Références: Construction neuve
Type d'ouvrage: Cenergia Energy Consultants
Architecte: Henning Larsen Architects, Tegnestue
Lieu d'implantation: Ballerup, DK
Année de construction: 1994

Mode de valorisation de la lumière naturelle:

Orientation de la façade: Sud-est, sud-ouest
Structure de la façade: Fenêtres à récupération de chaleur avec lamelles d'ombrage intégrées.
Données techniques (évaluation):
 - Coefficient de transmission lumineuse: TL: ± 30%
 - Taux de transmission énergétique global: g: ± 25%
 - Coefficient de transmission thermique: k: ± 2.0 W/m²K
Contre-cœur: Construction massive
Systèmes de protection solaire et anti-éblouissements: Bouclier réfléchissant et stores à lamelles

Evaluation empirique:

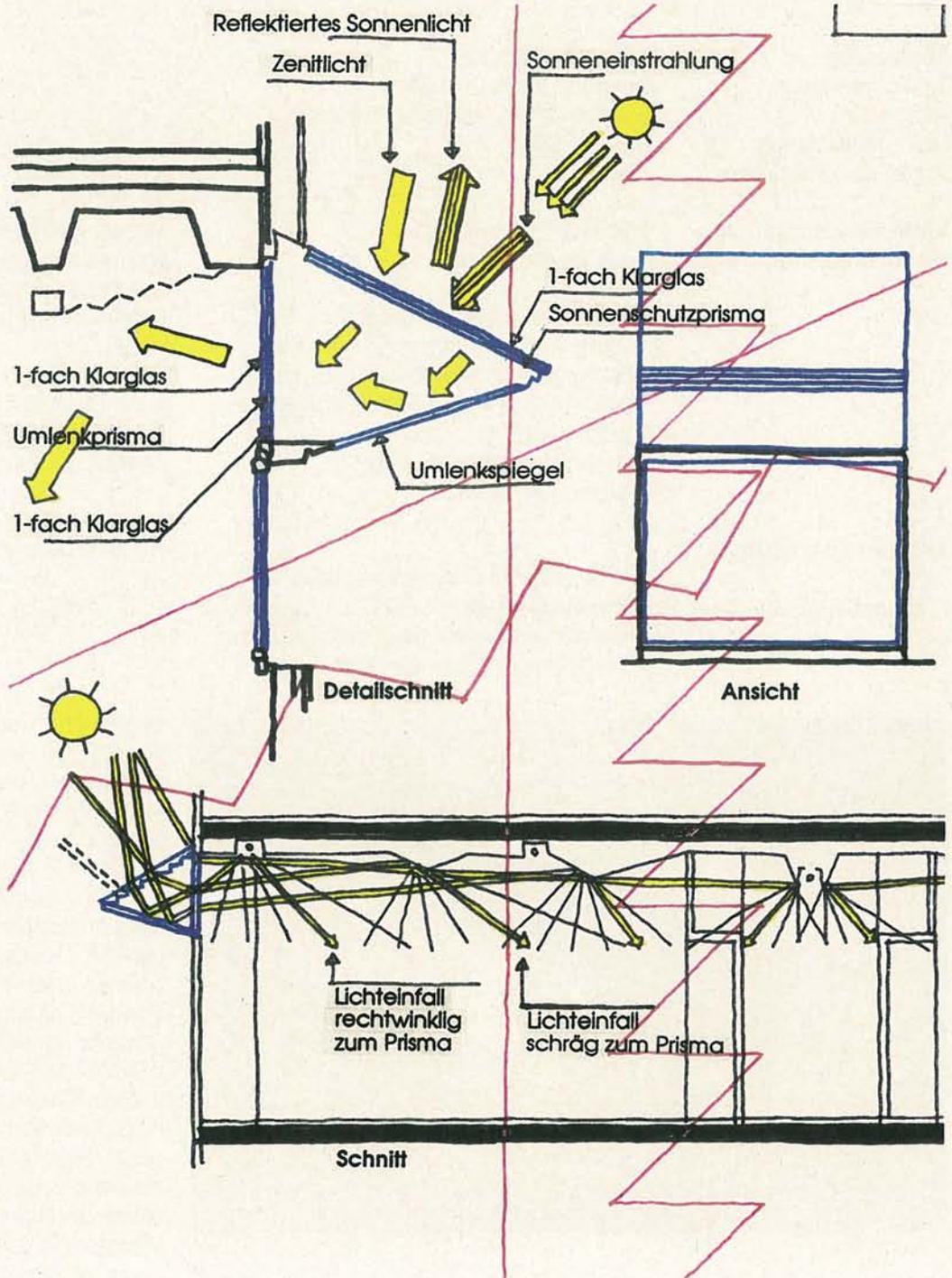
	Par temps couvert	Par temps ensoleillé
- Valorisation de la lumière naturelle:	++	++
- Protection solaire:		++
- Maintien du contact visuel avec l'extérieur:	++	+
- Limitation des éblouissements:	+	++



Les planches fixes de protection contre le soleil ont vu le jour aux Etats-Unis, où elles servaient de visières contre le rayonnement direct du soleil. En Europe, on les a aussi adoptées, mais plutôt avec un fonction de réflecteur qui, en renvoyant le rayonnement solaire vers un plafond clair, permet d'éclairer même des locaux assez profonds avec une lumière naturelle bien répartie. Ce bouclier horizontal protège la table de travail à front de façade contre un trop-plein de lumière, ce qui en fait de nouveau un poste attractif. Pour obtenir l'effet désiré, il faut en général faire dépasser la planche en encorbellement sur la façade. Il faut même l'incliner vers l'intérieur lorsqu'un immeuble voisin réduit le champ de ciel disponible. Une attention particulière doit être donnée au problème des excès de chaleur en été. De même, la protection contre les éblouissements dans la partie médiane de la fenêtre doit être résolue. Remarquons qu'une telle planche fixe à proximité de la fenêtre peut aussi servir de support pour d'autres installations techniques.

Trappe à soleil

Prismes et miroirs fixes conjoints, pour rendre les plafonds éclairants



Ce bâtiment est équipé d'un «piège» à lumière en façade, qui renvoie le rayonnement incident vers un système intérieur de répartition. Un rayon perpendiculaire au premier plan prismatique éclaire la partie antérieure des locaux, tandis qu'un rayon oblique (hiver ou soir) pénètre à grande profondeur. Quand le soleil est indésirable, il est simplement réfléchi vers le ciel.

Caractéristiques

Prismes et miroirs fixes conjoints pour rendre les plafonds éclairants

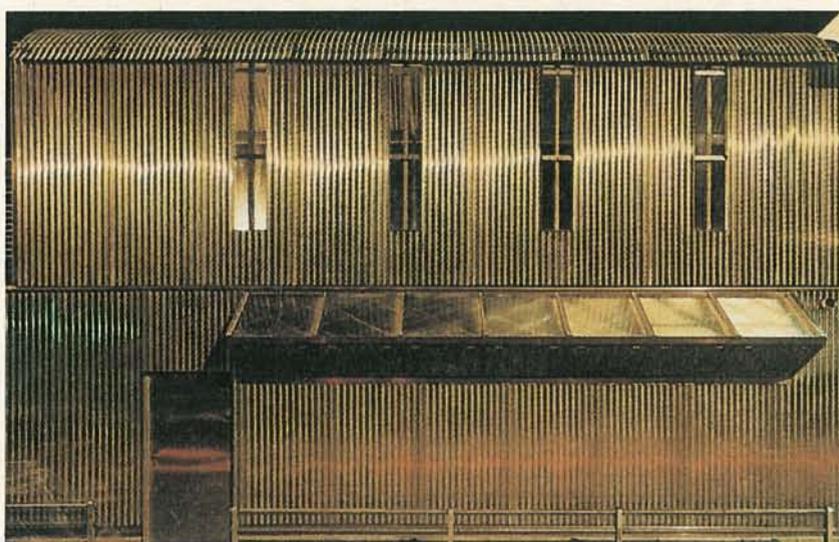
Références: Construction neuve
 Maître d'ouvrage: Vaucher AG
 Architecte: Atelier 5, Walther & Müller, Berne
 Lieu d'implantation: Berne
 Année de construction: 1983

Mode de valorisation de la lumière naturelle:

Orientation de la façade: Est, ouest
 Structure de la façade: Construction légère en aluminium
 Données techniques:
 – Coefficient de transmission lumineuse: TL: ± 2% en moyenne
 – Taux de transmission énergétique global: g: ± 20% (en fct. de l'incidence)
 – Coefficient de transmission thermique: k: ± 2.0 W/m²K
 Contre-cœur: Séparation des fenêtres et des entrées de lumière. L'équipement est conçu en bandes
 Systèmes de protection solaire et anti-éblouissements: Système intégré prenant en charge les deux fonctions

Evaluation empirique:

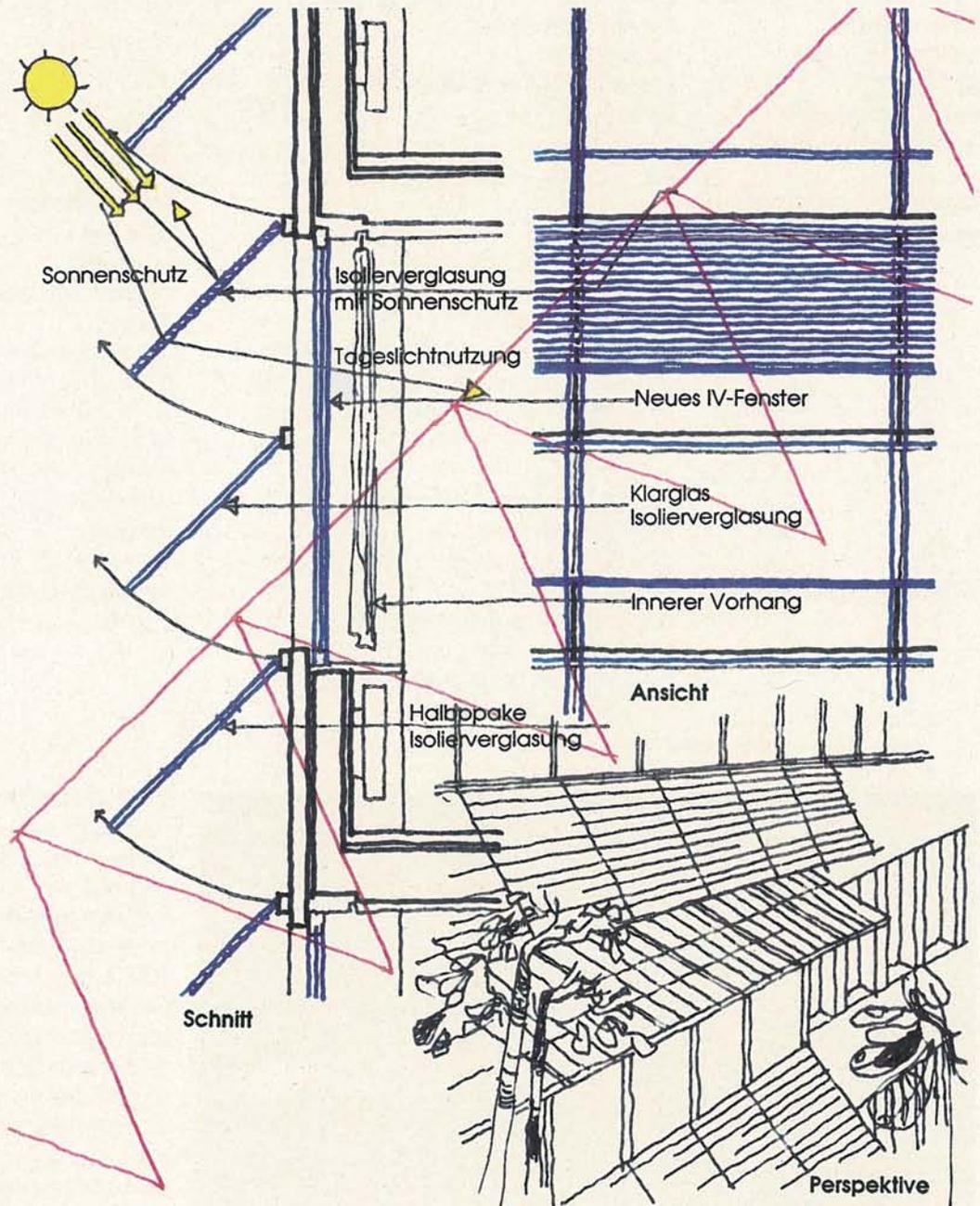
	Par temps couvert	Par temps ensoleillé
– Valorisation de la lumière naturelle:	+	++
– Protection solaire:		++
– Maintien du contact visuel avec l'extérieur:	+	+
– Limitation des éblouissements:	++	++



On dit qu'une fenêtre éclaire à une profondeur égale à deux fois sa hauteur. Dans le cas présent, cette distance a pu être «étirée» jusqu'à 7 m. Ce système a été étudié pour «aplatir» le rayonnement incident zénithal qui est renvoyé vers des plafonds spécialement conçus pour le rediffuser dans tout le local. Cet effet a été obtenu par une structure triangulaire en façade, comprenant sur le premier côté une couche de prismes obliques, sur le second côté un miroir et sur le troisième côté une nouvelle couche de prismes d'un autre profil. Ces surfaces sont montées avec précision dans une structure fixe accrochée à la façade. Leur efficacité est subordonnée à un nettoyage régulier des surfaces de captage et de transmission. Il peut arriver de voir l'image des nuages sur les plafonds; c'est pourquoi ils sont réalisés en aluminium dépoli.

Vantaux prismatiques mobiles

Panneaux en plexiglas
prismatique orientés
électroniquement



Ces lames translucides à structure prismatique règlent en continu la quantité de lumière que l'on désire accueillir à l'intérieur des locaux. Des vitrages teintés pour les fenêtres et semi-opaques pour les contre-cœurs complètent le système.

Caractéristiques

Panneaux en plexiglas prismatique orientés électroniquement

Références: Transformation
 Type d'ouvrage: CNA, Bâle
 Architecte: Henzog et de Meuron, Bâle
 Lieu d'implantation: Bâle
 Année de construction: 1993

Mode de valorisation de la lumière naturelle: Orientation de la façade: Est
 Structure de la façade: Fenêtres en bois et acier équipées de verre isolant
 Données techniques (évaluation): Vitrages sans les panneaux de prismes
 - Coefficient de transmission lumineuse: TL: ± 79%
 - Taux de transmission énergétique global: g: ± 64%
 - Coefficient de transmission thermique: k: ± 1.3 W/m²K
 Contre-cœur: Panneaux en verre isolant semi-opaque, placés devant la maçonnerie existante
 Rideaux. Les panneaux prismatiques servent aussi de visières de protection
 Systèmes de protection solaire et anti-éblouissements:

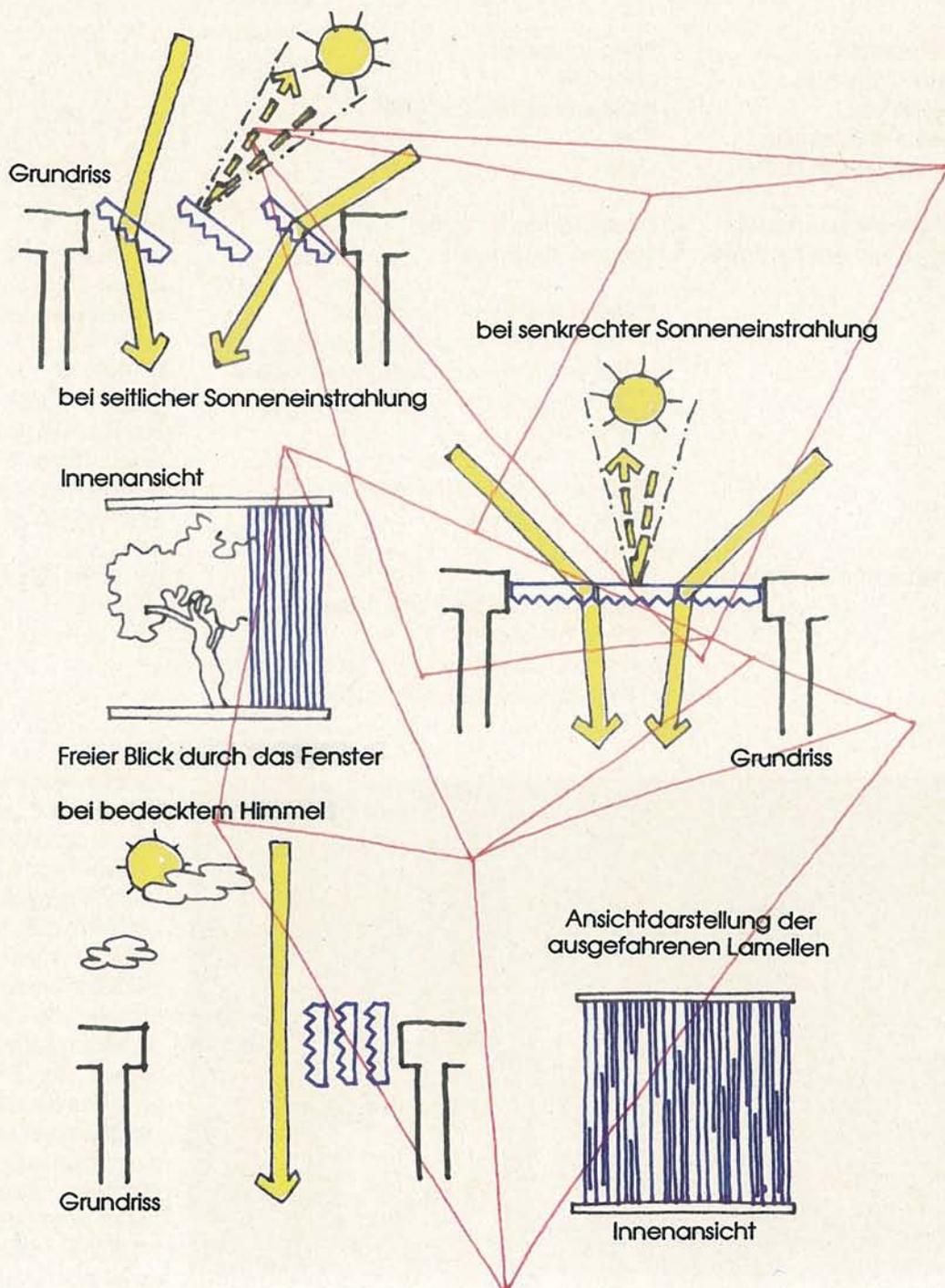
Evaluation empirique:	Par temps couvert	Par temps ensoleillé
- Valorisation de la lumière naturelle:	+	++
- Protection solaire:		++
- Maintien du contact visuel avec l'extérieur:	+	+
- Limitation des éblouissements:	+	+



Pour pouvoir vraiment exploiter la totalité du rayonnement solaire incident, il faut mettre en oeuvre des prismes mobiles qui suivent automatiquement la course du soleil. Une telle installation peut même être montée sur des bâtiments existants et en constituer, pour ainsi dire, une seconde enveloppe. Si l'on prévoit en même temps des volets pour la ventilation, on peut ainsi contrôler le climat intérieur des locaux sans passer par des échangeurs de chaleur. Mais il faut bien admettre que pour un immeuble traditionnel, avec des ouvertures ponctuelles et une surface nette de vitrage peu importante, les gains de luminosité sont minimes. Le système a un avantage non négligeable, c'est de maintenir le contact visuel avec l'extérieur, même en plein été, comme le ferait un store en toile à projection. Son désavantage est l'entraînement mécanique et électronique des lames de volets, qui demande un grand soin dans son montage et son réglage.

«Tenture» prismatique

Rideau intérieur
de barres prismatiques
transparentes auto-
régulées



Ces barres verticales transparentes sont suspendues comme un rideau, qui peut se tirer sur le côté si on n'en a pas besoin. Ces lames interceptent les rayons arrivant perpendiculairement à leur face externe et laissent passer le rayonnement latéral.

Caractéristiques**Rideau intérieur de barres prismatiques transparentes auto-régulées**

Références: Transformation
Maître d'ouvrage: Maho AG
Architecte: H. G. Wagenbaur, Tübingen
Lieu d'implantation: Pfronten/Allgäu, D
Année de construction: 1988

Mode de valorisation de la lumière naturelle:

Orientation de la façade: Sud-est, sud-ouest, nord-est, nord-ouest
Structure de la façade: Construction traditionnelle massive
Données techniques (évaluation):
 – Coefficient de transmission lumineuse: TL: $\pm 50\%$
 – Taux de transmission énergétique global: g: $\pm 14-24\%$
 – Coefficient de transmission thermique: k: $\pm 2.5 \text{ W/m}^2\text{K}$
Contre-cœur: Construction massive
Systèmes de protection solaire et anti-éblouissements: Tiges prismatiques pivotantes et coulissantes
 Store intérieur en lames d'aluminium orientables

Evaluation empirique:

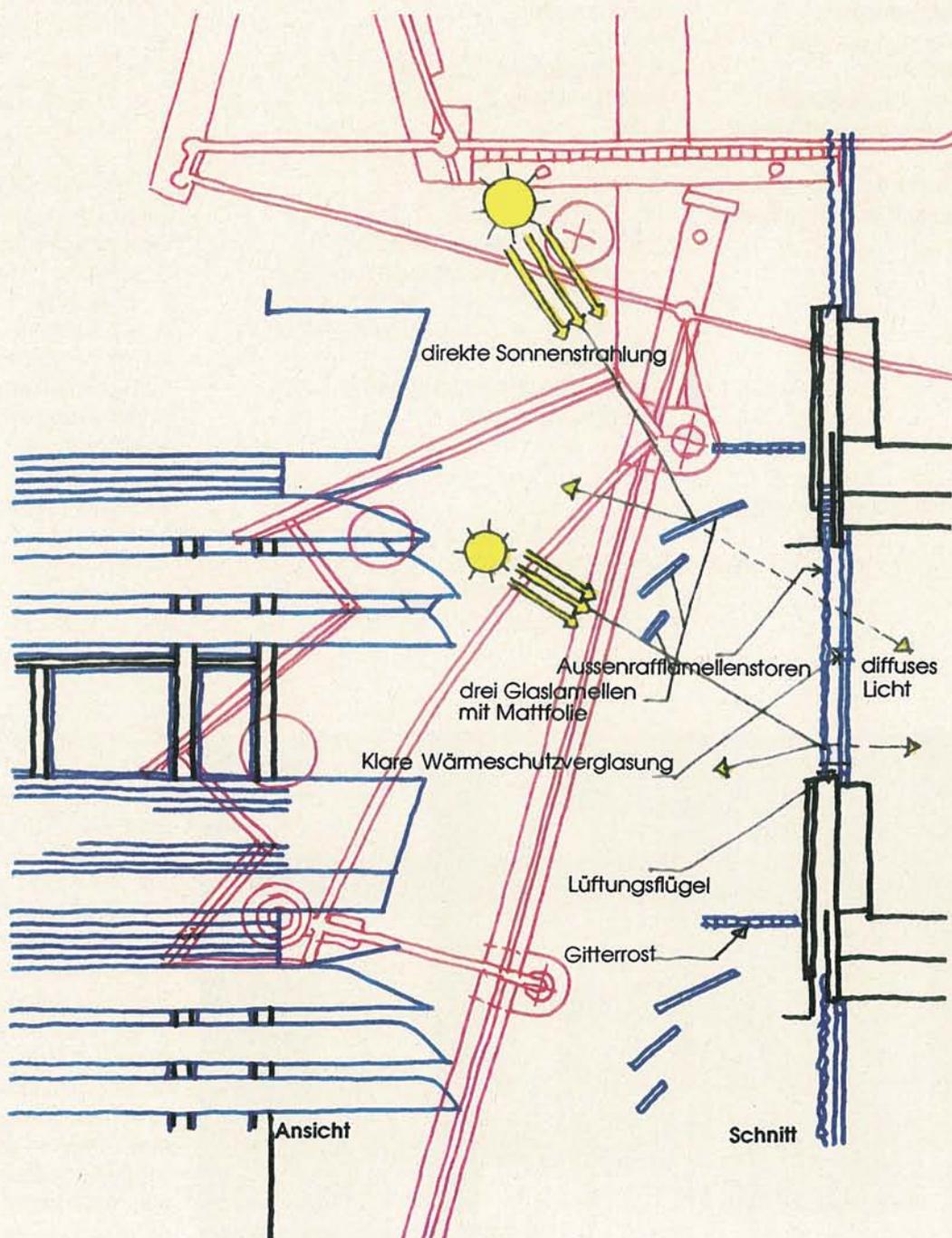
	Par temps couvert	Par temps ensoleillé
– Valorisation de la lumière naturelle:	++	++
– Protection solaire:		++
– Maintien du contact visuel avec l'extérieur:	++	+
– Limitation des éblouissements:	++	++



Voici une autre possibilité de valoriser la lumière du jour par un système de prismes dont l'orientation doit suivre la course du soleil. Dans le cas présent, l'installation se présente comme une tenture faite de tiges verticales suspendues à un rail. S'il n'y a pas de soleil sur la façade – par temps couvert, par exemple – on tire la tenture d'un seul côté, ce qui dégage la fenêtre et permet un meilleur contact avec l'extérieur. Si on le souhaite, on peut encore doubler la tenture en plexiglas par un store à lamelles réfléchissantes situé derrière elle. De cette manière, de la lumière peut être renvoyée vers le fond de la pièce. Cet agencement est assez cher, mais il offre un confort visuel certain et est convaincant sur le plan énergétique. Il convient pour des bâtiments dont il n'est pas possible de modifier la façade et qui hébergent des activités très exigeantes du point de vue éclairage, même dans des locaux assez profonds (banques, assurances, etc...).

Persiennes en verre

Passerelle d'entretien
équipée de lames de
verre protectrices



Le rayonnement solaire direct est intercepté par ces trois «visières» en verre recouvert d'une feuille translucide mate. Un store extérieur à lamelles rétractables permet un dosage fin de la quantité de lumière. Le local baigne dans une lumière tamisée.

Caractéristiques de l'immeuble:

Passerelle d'entretien équipée de lames de verre protectrices

Références: Transformation
 Maître d'ouvrage: ETH, Bât. d'institut (Ancien EMPA)
 Architecte: Fosco Vogt, Zurich
 Lieu d'implantation: Clausiusstrasse à Zurich
 Année de construction: 1993

Mode de valorisation de la lumière naturelle:

Orientation de la façade:
 Structure de la façade:

Données techniques (évaluation):
 - Coefficient de transmission lumineuse:
 - Taux de transmission énergétique global:
 - Coefficient de transmission thermique:
 Contre-cœur:
 Systèmes de protection solaire et anti-éblouissements:

Persienne fixe à 3 lames de verre Securit recouvertes d'une feuille translucide matte Ouest
 Fenêtres en bandes avec contre-cœur habillé et ventilé. Galeries d'entretien et brises-soleils
 Vitrages Lames de verre
 TL: ± 79% TL: ± 70%
 g: ± 64% g: ± 58%
 k: ± 1.3 W/m²K k: ± 5.0 W/m²K
 Construction massive
 Stores à lamelles pour soleil direct. Lames de verre pour rayonnement faible ou diffus

Evaluation empirique:

- Valorisation de la lumière naturelle: +
- Protection solaire: ++
- Maintien du contact visuel avec l'extérieur: +
- Limitation des éblouissements: +

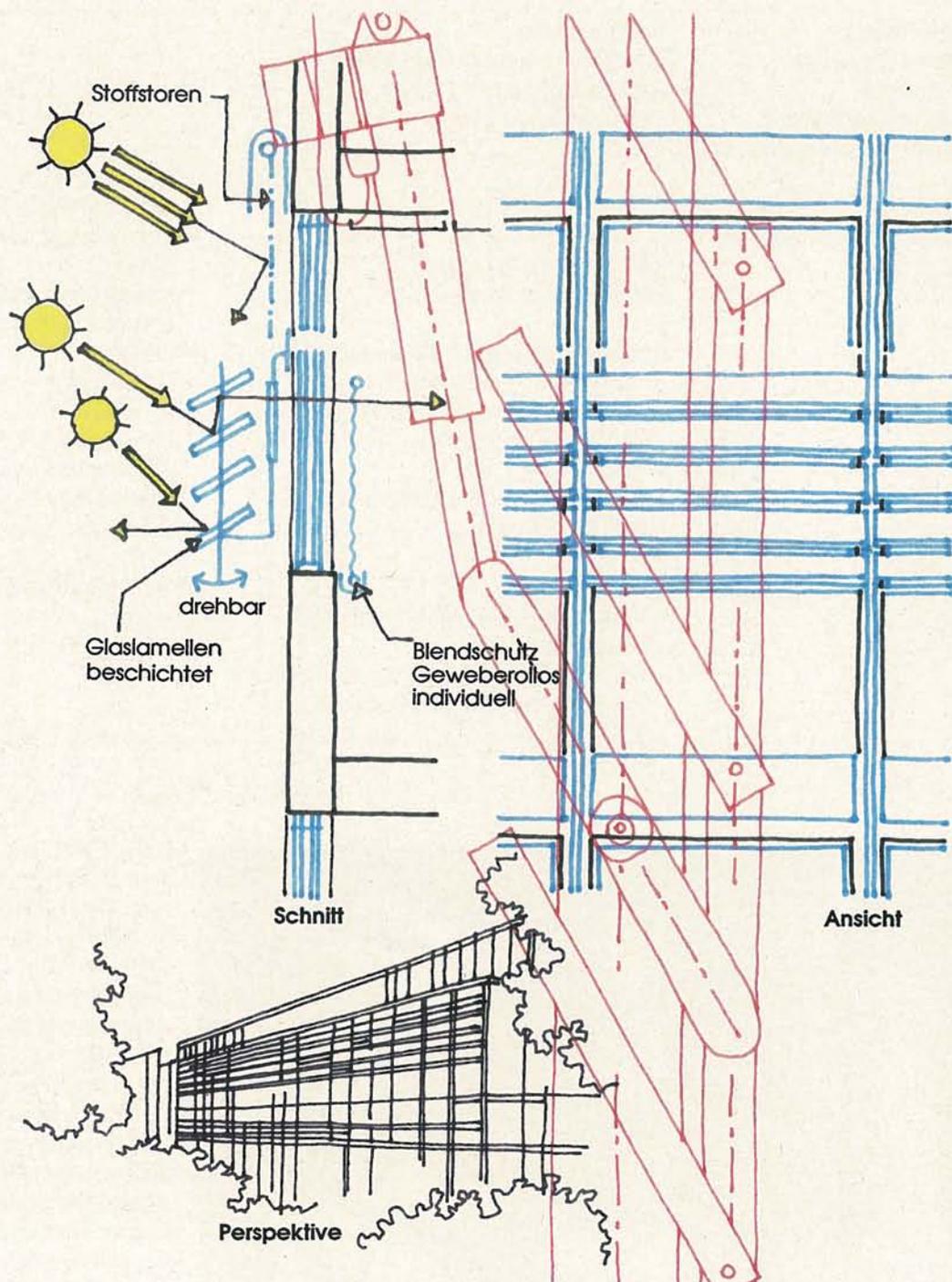
Par temps couvert	Par temps ensoleillé
+	+
	++
+	+
+	+



Pour des hôpitaux, laboratoires ou bureaux, on peut accrocher à l'extérieur, devant les ouvertures, des sortes de persiennes en verre pour protéger les locaux des excès de soleil et des éblouissements. Comme le verre de protection pourrait provoquer des reflets gênants pour les voisins, on divise la protection en écailles à orientations variables. Ce système rigide laisse passer le soleil d'hiver bas et retient le soleil d'été trop chaud. On peut renforcer l'effet de protection par un store à lamelles. Un tel système a l'avantage de retenir le rayonnement solaire sans provoquer de complications thermiques. Par temps couvert, il reste une lumière très agréable dans les locaux. Tant que le store n'est pas abaissé, le contact avec l'extérieur est garanti. Comme ces persiennes sont exposées à tous les temps, elles se nettoient régulièrement.

Cuirasse en lames de verre

Jeux de lames parallèles
régulées électronique-
ment



Ce système est composé de lames pivotantes en verre recouvert d'un film réfléchissant, assorties de stores intérieurs en toile légère pour une protection individuelle contre les éblouissements.

Caractéristiques de l'immeuble:

Jeux de lames parallèles réglées électroniquement

Références: Construction neuve
 Maître d'ouvrage: Bureau de construction Josef Gartner & Co.
 Architecte: Kurt Ackermann & Partner
 Lieu d'implantation: Gundelfingen
 Année de construction: 1991

Mode de valorisation de la lumière naturelle:

Orientation de la façade: Sud-sud-ouest / nord-nord-est
 Structure de la façade: Façade intégrale chauffée en acier (système Gartner)
 Vitrages et lames
 Données techniques (évaluation):
 - Coefficient de transmission lumineuse: TL: ± 63% à 14% (selon réglage)
 - Taux de transmission énergétique global: g: ± 47% à 7% (selon réglage)
 - Coefficient de transmission thermique: k (fenêtre): ± 0.9 W/m²K
 k (verre seul): ± 0.7 W/m²K (verre au krypton)
 Contre-cœur: Construction légère (k = 0.4 W/m²K) comprenant des duses d'amenée d'air
 Systèmes de protection solaire et anti-éblouissements: Lames extérieures orientables par moteurs
 Rouleau de toile déroulable manuellement

Evaluation empirique:

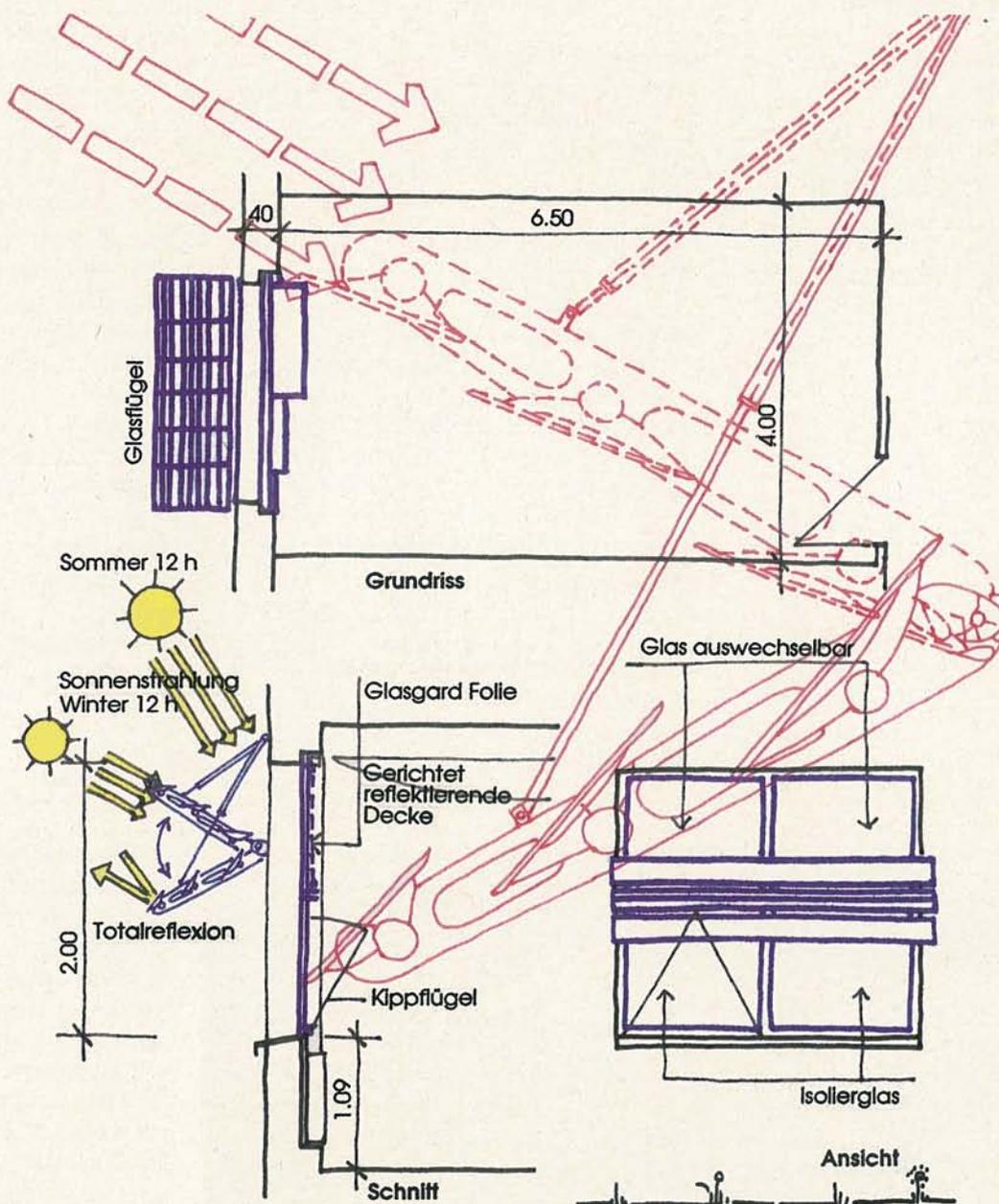
	Par temps couvert	Par temps ensoleillé
- Valorisation de la lumière naturelle:	++	++
- Protection solaire:		++
- Maintien du contact visuel avec l'extérieur:	++	+
- Limitation des éblouissements:	++	++



Cette façade intégrale, à lames de verre pivotantes gérées électroniquement selon le calendrier astronomique, renvoie le rayonnement solaire incident et protège ainsi efficacement les locaux des excès de chaleur. Si le ciel est couvert, les lames protectrices se transforment en miroirs, par simple basculement, transmettant de la sorte un surplus de lumière vers le fond des locaux. Il est nécessaire de prévoir une protection contre les éblouissements, soit intérieure, soit extérieure. Signalons que les lames de verre doivent être périodiquement nettoyées.

Ailes et ailerons réfléchissants

Lames de verre basculantes et pivotantes



Aile de verre basculante munie d'ailerons pivotants. Leur effet combiné varie en fonction de la saison. En hiver, le rayonnement incident est renvoyé vers un plafond modelé pour répartir la lumière. En été, le système fonctionne comme une visière renvoyant la totalité des rayons du soleil.

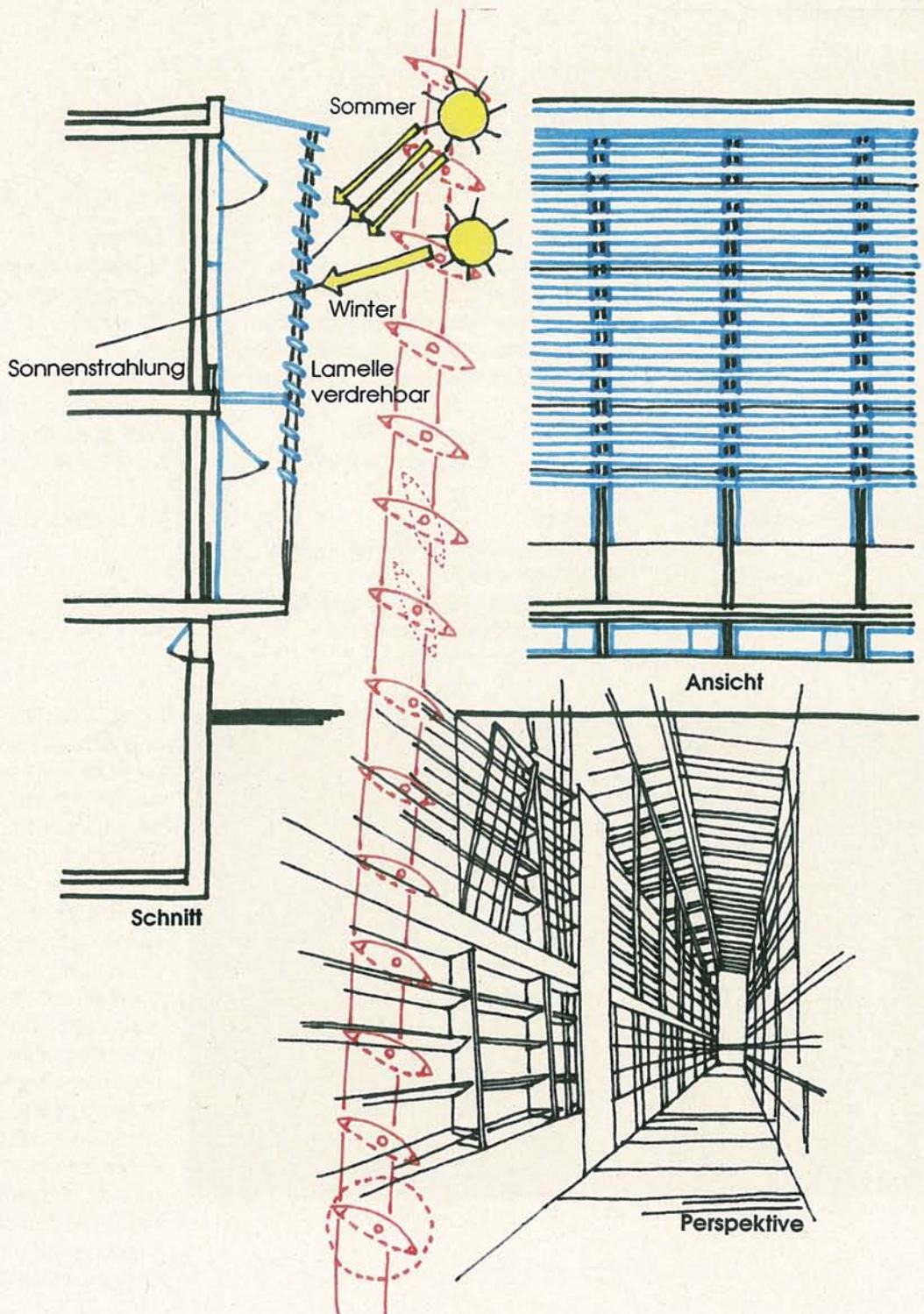
Caractéristiques de l'immeuble:	Lames de verre basculantes et pivotantes	
Références:	Prototype	
Maître d'ouvrage:	Programme DIANE	
Architecte:	Reto P. Miloni	
Lieu d'implantation:	Ancienne usine SRO, Berninaplatz à Zurich	
Année de construction:	1993	
Mode de valorisation de la lumière naturelle:	Orientation de la façade:	Sud-est
	Structure de la façade:	Poteaux et consoles
	Données techniques (évaluation):	Vitrage isolant en verre spécial «Optiwhite»
	- Coefficient de transmission lumineuse:	TL: ± 85%
	- Taux de transmission énergétique global:	g: ± 72%
	- Coefficient de transmission thermique:	k: ± 1.3 W/m²K
	Contre-cœur:	Construction massive
	Systèmes: - anti + pro-solaire	Ailes et ailerons de verre orientables
	- anti-éblouissements	Stores intérieurs à maniement individuel
Evaluation empirique:		
	- Valorisation de la lumière naturelle:	Par temps couvert ++
	- Protection solaire:	Par temps ensoleillé ++
	- Maintien du contact visuel avec l'extérieur:	++
	- Limitation des éblouissements:	++



Ce système d'aile basculante et d'ailerons pivotants en verre traité réunit deux fonctions en un instrument: En position relevée, il agit comme réflecteur qui conduit la lumière zénithale diffuse d'un ciel couvert vers l'intérieur des locaux, en passant par la partie supérieure des fenêtres. Sa seconde fonction, en position basse, est celle d'une visière qui protège les locaux des excès d'un rayonnement solaire direct. L'aile et les ailerons sont mus mécaniquement en intégrant tous les paramètres nécessaires, tels que: orientation de la façade, heure de la journée et temps météo. La façade n'est pas défigurée par des vitrages assombrissants, quelle que soit leur position. Ce système permet une exploitation optimale de la lumière naturelle, par tous les temps, et il garantit la communication visuelle entre l'intérieur et l'extérieur. Contre les éblouissements, il faut prévoir un système individuel à manier depuis la place de travail.

Cuirasse métallique

Grosses lames de volets
métalliques orientées
automatiquement



Cette superstructure d'ombrage à lames pivotantes de grande portée double la façade. La galerie ainsi créée sert pour la surveillance et l'entretien.

Caractéristiques de l'immeuble:**Grosses lames de volets métalliques orientées automatiquement**

Références: Construction neuve
 Maître d'ouvrage: Burkhardt, relieur
 Architecte: Théo Hotz
 Lieu d'implantation: Mönchaltorf, Zurich
 Année de construction: 1985

Mode de valorisation de la lumière naturelle:

Orientation de la façade:	Sud, est
Structure de la façade:	Poteaux et poutres
Données techniques (évaluation):	Vitrages
- Coefficient de transmission lumineuse:	TL: ± 79%
- Taux de transmission énergétique global:	g: ± 64%
- Coefficient de transmission thermique:	k: ± 1.3 W/m ² K
Contre-cœur:	Construction légère
Systèmes de protection solaire et anti-éblouissements:	Lames métalliques orientables Aucun

Evaluation empirique:

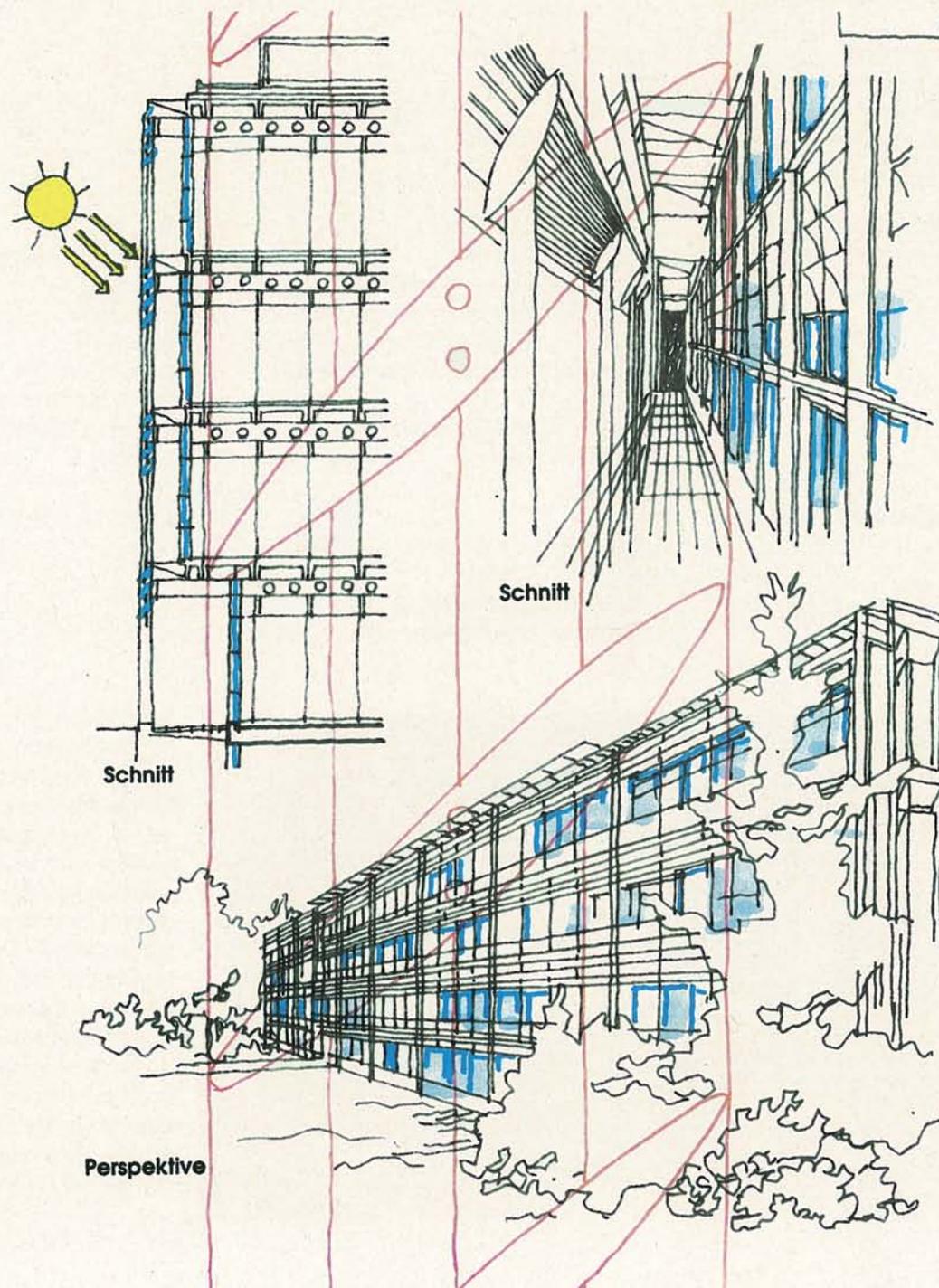
	Par temps couvert	Par temps ensoleillé
- Valorisation de la lumière naturelle:	+	++
- Protection solaire:		++
- Maintien du contact visuel avec l'extérieur:	+	+
- Limitation des éblouissements:	+	+



Les grandes lames en aluminium extrudé ou en tôle d'aluminium pliée sont mues ensemble par une tige actionnée par un moteur. Quand l'angle des lames n'est pas trop fermé, il reste une quantité appréciable de lumière qui pénètre dans les locaux, tandis que la vue vers l'extérieur est maintenue. Les lames se règlent d'après l'inclinaison des rayons solaires et d'après le type d'utilisation des locaux. L'avantage décisif des grosses lames est leur résistance qui permet une grande portée, aussi grande que la travée statique du bâtiment; aucun autre système n'offre cet avantage. Du point de vue éblouissements, il faut prévoir, pour les postes de travail orientés vers la fenêtre, un module de lumière artificielle pour compenser le contre-jour.

Visières fixes à lames perforées

Lames fixes en tôle perforée



Même principe de doublure de façade, mais à lames fixes, perforées pour les rendre moins massives.

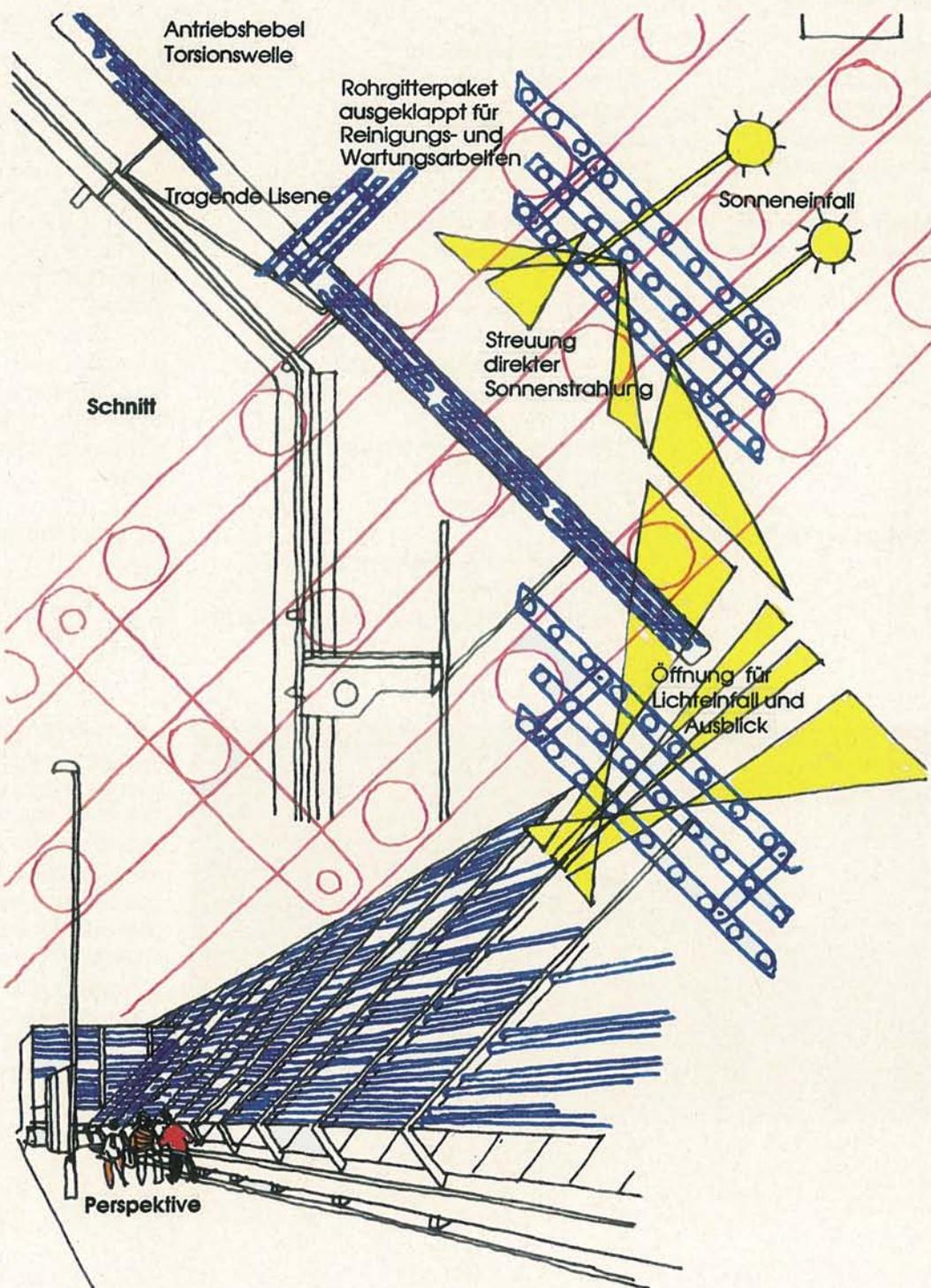
Caractéristiques de l'immeuble:	Lames fixes en tôle perforée	
Références:	Construction neuve	
Maître d'ouvrage:	Commune de Langenthal (administration communale)	
Architecte:	Frank Geiser, Berne	
Lieu d'implantation:	Langenthal BE	
Année de construction:	1992	
Mode de valorisation de la lumière naturelle:	Orientation de la façade: Structure de la façade: Données techniques (évaluation): – Coefficient de transmission lumineuse: – Taux de transmission énergétique global: – Coefficient de transmission thermique: Contre-cœur: Systèmes de protection solaire et anti-éblouissements:	Nord-est, sud-est Construction à poteaux et dalles Intérieur en acier; façades en aluminium Vitrages TL: ± 73% g: ± 46% k: ± 1.3 W/m²K En partie transparent Lames extérieures en aluminium perforé Aucun
Evaluation empirique:	– Valorisation de la lumière naturelle: – Protection solaire: – Maintien du contact visuel avec l'extérieur: – Limitation des éblouissements:	Par temps couvert ++ + + Par temps ensoleillé ++ ++ + +



La perforation des lames de protection réduit leur effet protecteur sur le plan thermique mais augmente la transparence visuelle vers l'extérieur. Dans le cas présent, il ne servirait à rien de modifier l'orientation des lames en fonction de la hauteur du soleil. Le système donne une impression de transparence qui peut être trompeuse, car les caractéristiques physiques ne changeant pas avec la luminosité extérieure, il arrive dans 50% des situations – comme dans le Mittelland, à cause de son climat – que la réduction de luminosité soit indésirable. Une telle construction rigide ne devrait donc pas se concevoir dans des régions à couverture nuageuse fréquente.

Grillage tubulaire mobile

Structure oblique en tubes sur 3 couches déphasables par-dessus une verrière



Le mouvement relatif des trois plans de barres est donné par un arbre à cames qui agit sur un levier. Un module de ces tubes peut être basculé pour des travaux d'entretien.

Comme les rayons incidents sont brisés et fractionnés, à moitié renvoyés, à moitié filtrés, il en résulte une lumière diffuse dans les locaux à ombrager. Les interstices entre les barres permettent au regard de s'évader.

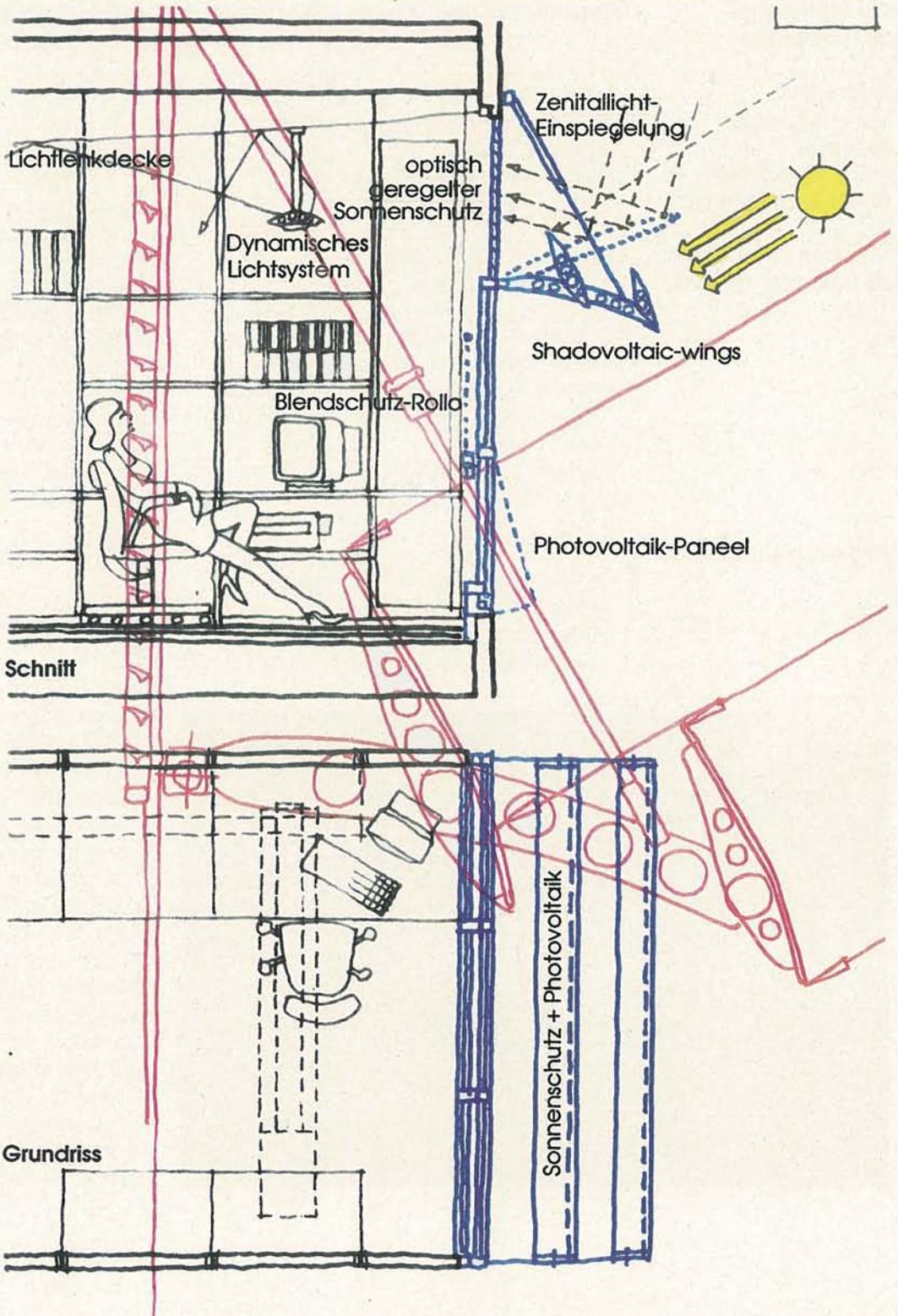
Caractéristiques de l'immeuble:	Structure oblique en tubes sur 3 couches déphasables par-dessus une verrière		
Références:	Construction neuve		
Maître d'ouvrage:	Société d'exploitation de l'aéroport de Munich		
Architecte:	v. Busse & Partner		
Lieu d'implantation:	Erdinger Moos à Munich		
Année de construction:	1992		
Mode de valorisation de la lumière naturelle:	Orientation de la façade:	Sud	
	Structure de la façade:	Façade chauffée en acier avec protection intégrée (système Gartner)	
	Données techniques (évaluation):	Vitrages et tubulures	
	- Coefficient de transmission lumineuse:	TL: ± 20 à 35% (variable pour la lumière diffuse)	
	- Taux de transmission énergétique global:	g: variable et réglable jusqu'à ± 15%	
	- Coefficient de transmission thermique:	k: ± 2.8 W/m²K	
	Contre-cœur:	Complètement vitré	
	Systèmes de protection solaire et anti-éblouissements:	Grille en tubulures mobiles (système patenté Gartner)	
Evaluation empirique:			
	- Valorisation de la lumière naturelle:	Par temps couvert ++	Par temps ensoleillé ++
	- Protection solaire:		++
	- Maintien du contact visuel avec l'extérieur:	+	+
	- Limitation des éblouissements:	++	++



Pour mieux capter la lumière irradiée par le ciel, rien n'est meilleur qu'un vitrage incliné, mais gare à l'orientation sud: on risque de capter tant de lumière qu'on transforme le local en four! C'est une affaire délicate que de se protéger à grande échelle contre de tels risques; il faut prévoir un écran à transparence variable. Le présent système, basé sur des couches de tubes que l'on peut décaler à volonté, permet de résoudre ce problème pour une halle d'aéroport. Le rayonnement solaire incident est fractionné de telle sorte que les rayons infra-rouges porteurs de chaleur sont renvoyés vers l'atmosphère. Seule pénètre la lumière réfléchie et la lumière diffuse émise par le ciel. Même fermé au maximum, ce grillage permet encore à l'utilisateur des locaux de sentir l'ambiance extérieure.

Systeme protecteur/producteur

Visière à géométrie variable composée d'ailerons photovoltaïques en batterie



La lumière zénithale est réfléchié vers l'intérieur, à travers un rideau à prismes optiques, qui oriente correctement le rayonnement incident. Un système dynamique intérieur distribue la lumière dans la pièce. Le plafond modelé renvoie la lumière vers les lieux à éclairer. Un rideau enroulable intérieur protège des éblouissements. Le système est également producteur de courant électrique puisque tant l'aile mobile et ses ailerons que les panneaux qui couvrent le contre-cœur sont constitués de panneaux photovoltaïques inclinables.

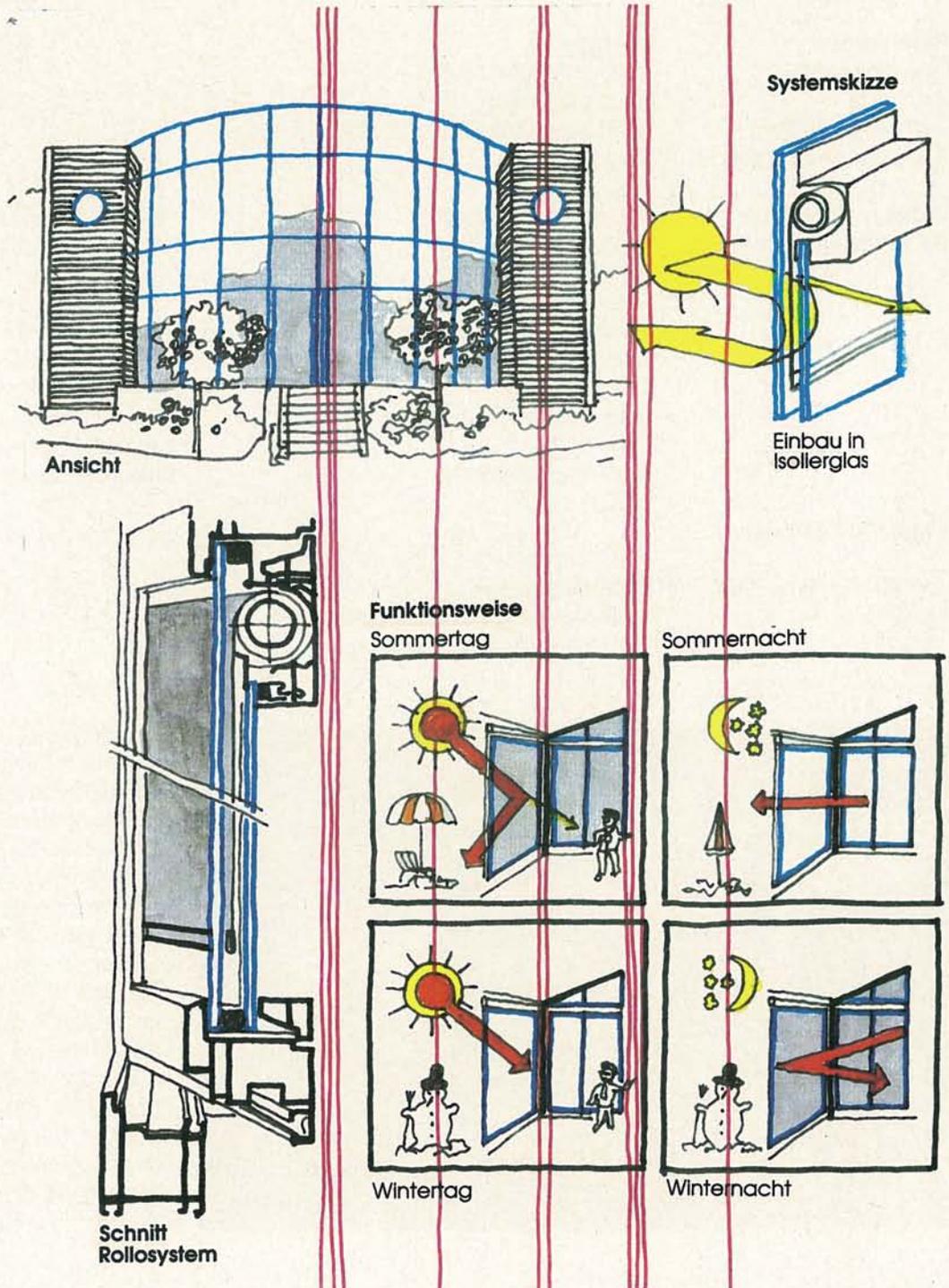
Caractéristiques de l'immeuble:	Visière à géométrie variable composée d'ailerons photovoltaïques en batterie		
Références:	Prototype		
Type d'ouvrage:	ARGE «DENKRAUM»		
Architecte:	burckhardtpartner		
Lieu d'implantation:	SWISSBAU + labo INFRA/SULZER, Winterthur		
Année de construction:	1993		
Mode la valorisation de la lumière naturelle:	Orientation de la façade: Structure de la façade: Données techniques (évaluation): – Coefficient de transmission lumineuse: – Taux de transmission énergétique global: – Coefficient de transmission thermique: Contre-cœur: Systèmes de protection – solaire: – anti-éblouissements:	Totes orientations Poteaux et poutrelles Vitrages TL: ± 5 à 60% (suivant l'orientation choisie) g: ± 24 à 77% (suivant l'orientation choisie) k: ± 1.6 W/m²K Panneaux photovoltaïques intégrés Ailerons photovoltaïques et rideau optique à transparence variable Rideau enroulable manuellement	
Evaluation empirique:	– Valorisation de la lumière naturelle: – Protection solaire: – Maintien du contact visuel avec l'extérieur: – Limitation des éblouissements:	Par temps couvert + ++ ++ ++	Par temps ensoleillé ++ ++ + ++



Les concepteurs ont inventé ce module à trois fonctions combinées, qui se place à mi-hauteur de la fenêtre: Les ailerons translucides produisent de l'ombre... et de l'électricité, étant automatiquement orientés toujours dans l'angle le plus favorable. A d'autres moments, la visière s'inverse et sert de miroir pour refléter vers l'intérieur la luminosité du ciel. La partie supérieure de la fenêtre est équipée d'un système de filtre optique qui oriente la lumière vers le plafond (prismes en plexiglas ou simple feuille protectrice déroulable). Pour se protéger des éblouissements, l'utilisateur dispose d'un rideau de toile qu'il peut abaisser à volonté. Cet équipement pourra être adopté par une équipe qui s'intéresse à l'innovation, sait apprécier l'efficacité du système et aime une esthétique très fonctionnelle.

Natte intégrée à haut pouvoir réfléchissant

Natte isolante synthétique placée à l'intérieur du verre isolant



Une natte réfléchissante en matière synthétique est intégrée au verre isolant, avec tout son mécanisme d'enroulement. Elle permet de remplir des fonctions diurnes et nocturnes très précises, variables selon les saisons.

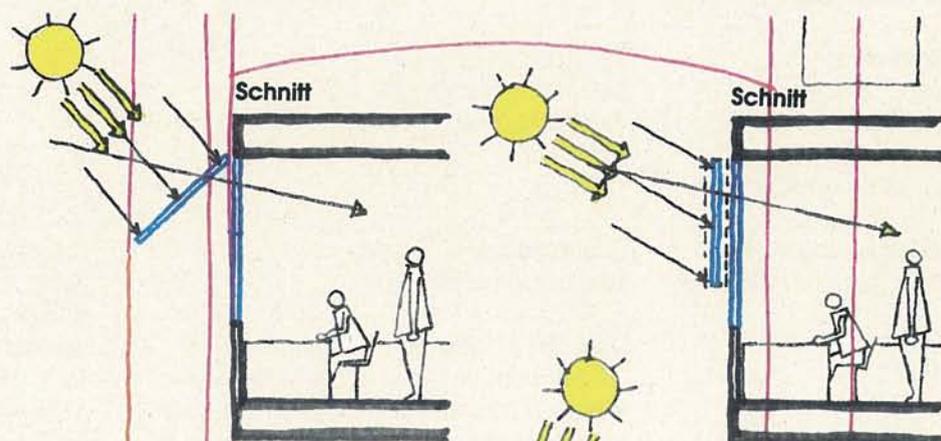
Caractéristiques de l'immeuble:	Natte isolante synthétique placée à l'intérieur du verre isolant		
Référence:	Construction nouvelle		
Type d'ouvrage:	Bâtiment administratif		
Architecte:	Wurlod Architectes à Pully		
Lieu d'implantation:	Montreux		
Année de construction:	1993		
Mode de valorisation de la lumière naturelle:	Orientation de la façade:	Sud-est à sud-ouest	
	Structure de la façade:	Verre structural (système Hueck) Vitrages à revêtement argenté «Antelio» Vitrage avec son réflecteur TL: ± 61% (réductible jusqu'à 3%) g: ± 9% (passe à 56% si la natte est enroulée) k: ± 1.4 W/m²K (sans remplissage au gaz) ± 1.7 W/m²K (natte enroulée) ± 0.9 W/m²K (feuille super-isolante)	
	Données techniques (évaluation):		
	- Coefficient de transmission lumineuse:		
	- Taux de transmission énergétique global:		
	- Coefficient de transmission thermique:		
	Contre-cœur:	Panneaux de verre	
	Systèmes de protection solaire et anti-éblouissements:	Natte intégrée actionnée par un moteur électrique	
Evaluation empirique:		Par temps couvert	Par temps ensoleillé
	- Valorisation de la lumière naturelle:	+	++
	- Protection solaire:		++
	- Maintien du contact visuel avec l'extérieur:	++	+
	- Limitation des éblouissements:	+	++



On trouve maintenant sur le marché des systèmes de nattes qui se déroulent de bas en haut et qui sont intégrés à l'intérieur-même du verre isolant. Cela permet une élimination sélective des contre-jours dans les zones occupées par des écrans d'ordinateurs (la brillance de la fenêtre ne devrait pas dépasser 400 cd/m²). Comme la partie supérieure des fenêtres reste dégagée, la lumière non gênante peut pénétrer par le haut jusqu'au fond du bureau. Il n'y a pas de risque de se sentir emprisonné, puisque la feuille protectrice n'est pas complètement opaque. Comme le module complet verre + rideau est livrable en bloc, cela permet d'imaginer toutes sortes de situations où l'on demande un système de gestion de la lumière naturelle qui soit à la fois adaptable à la saison et facile à manier par l'utilisateur.

Films holographiques

Volets basculants
déviateurs de lumière
pour protéger une
verrière

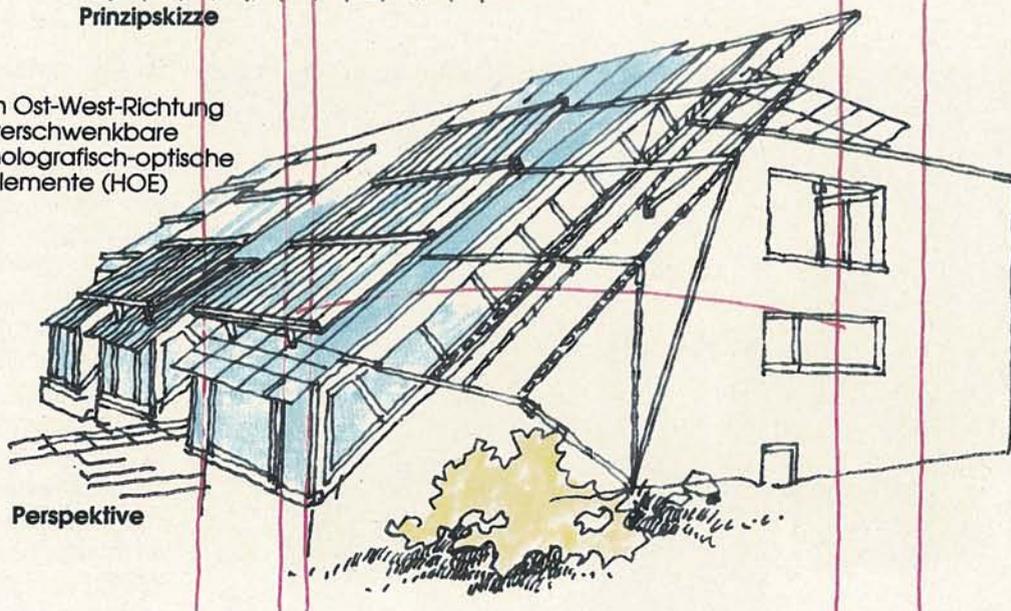


Raumtiefenaufhellung mit HOE
bei diffusem Zenitlicht und Nordorientierung



Prinzipskizze

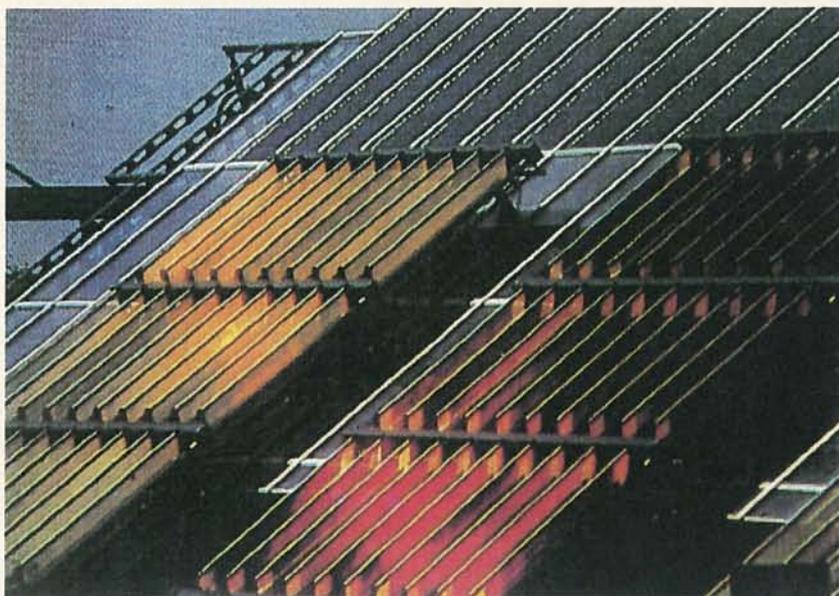
In Ost-West-Richtung
verschwenkbare
holografisch-optische
Elemente (HOE)



Perspektive

Des films holographiques laissent
passer, en les déviant, seulement
certaines longueurs d'ondes.
Une combinaison avec des pan-
neaux photovoltaïques permet
d'optimiser le système.

Caractéristiques de l'immeuble:	Volets basculants à effet holographique		
Références:	Nouvelle construction		
Maître d'ouvrage:	GbR EXPO Wohnen		
Architecte:	HHS Planer + Architekten, Kassel		
Lieu d'implantation:	IGA, exposition horticole à Stuttgart		
Année de construction:	1993		
Mode de valorisation de la lumière naturelle:	Orientation de la façade: Structure de la façade: Données techniques (évaluation): – Coefficient de transmission lumineuse: – Taux de transmission énergétique global: – Coefficient de transmission thermique: Contre-cœur: Systèmes de protection solaire et anti-éblouissements:	Sud Verrière inclinée Vitrages dotés de films optiques holographiques TL: ± 6% g: ± 45% k: ± 3.0 W/m²K Panneaux photovoltaïques intégrés Panneaux holographiques basculants Individuel	
Evaluation empirique:	– Valorisation de la lumière naturelle: – Protection solaire: – Maintien du contact visuel avec l'extérieur: – Limitation des éblouissements:	Par temps couvert ++ ++ +	Par temps ensoleillé ++ ++ + +



Les nouveaux films holographiques ont la propriété de dévier la lumière de manière variable suivant son angle d'incidence et sa longueur d'onde. Les rayons infra-rouges peuvent être renvoyés sur une cellule photovoltaïque ou bien la lumière du jour être déviée vers l'intérieur des locaux. Ici, la verrière qui couvre ce jardin d'hiver est composée de deux couches de vitrages. La couche supérieure est mobile, basculable dans le sens est-ouest; elle est composée de panneaux de verre isolant recouverts d'un film holographique. La couche inférieure est faite de cellules photovoltaïques en verre acrylique polycristallin laminé. Ainsi, on peut choisir: ou bien une récupération passive de l'énergie solaire dans les locaux, ou bien l'ombrage maximum du bâtiment avec utilisation active des cellules photovoltaïques. Des effets d'«arc-en-ciel» se produisent parfois, mais peuvent être évitées par une disposition bien étudiées des panneaux. Des améliorations sont en cours d'étude, en vue d'une production à l'échelle industrielle.

3. Les éléments des systèmes; évaluation de leur efficacité

3.1 Méthode de mesure

3.2 Tableau synoptique

- Éléments de façade
- Verrières et lanterneaux

par
György Baràth, ing. dipl.
TAGESLICHTTECHNIK
8038 Zurich

3.3 Éléments de façades – Descriptif et résultats de mesures

1. Verre ultra-blanc
2. Stores à lamelles réfléchissantes
3. Réflecteur intérieur
4. Réflecteur extérieur réglable
5. Réflecteur au niveau du sol
6. Façade vitrée escamotable
7. Superstructure d'entretien avec réflecteur extérieur pivotant
8. Stores à lamelles prismatiques + stores d'ombrage simples
9. Brise-vue dépliable
10. Verre isolant à réflexion sélective
11. Stores à lamelles perforées
12. Store extérieur en toile, à projection
13. Film déroulable intégré au vitrage isolant

3.4 Verrières et lanterneaux – Esquisses et illustrations

1. Tamis à lumière
2. Verre prismatique
3. Verrière en bâtière
4. Film réfléchissant mobile à l'intérieur du vitrage isolant
5. Verre isolant traité
6. Stores extérieurs en toile
7. Serre à toit ouvrant
8. Grandes lames orientables
9. Grillage protecteur fixe
10. Grille à tubulures mobiles déphasables

3.1 *Méthode de mesure*

Introduction

On trouvera dans le présent chapitre une présentation des systèmes techniques principaux de valorisation de la lumière naturelle. Nous les avons divisés en deux catégories: les façades; les verrières et lanterneaux. Nous n'avons entrepris de mesures originales que sur la première catégorie. Ces mesures ont été effectuées dans le cadre du programme DIANE. Sauf exception, les résultats de mesures concernent deux points-typés à l'intérieur des locaux: à 2 m des façades, correspondant à une place de travail à front de fenêtre; à 4 m des façades, correspondant au 2ème rang de postes de travail. Vous trouverez plus bas une description du local expérimental, ainsi qu'une brève présentation du protocole de mesure. Toutes les illustrations publiées ici concernent les installations mesurées et nulle autre.

Les systèmes de verrières et lanterneaux n'ont pas été examinés de manière originale. A leur propos, vous trouverez un résumé des systèmes disponibles, présenté sous forme de tableau, accompagné d'une brève description et de quelques esquisses ou photos.

Lieu d'expérimentation

Nous avons effectué la plupart de nos mesures dans le local expérimental du programme DIANE, situé dans les anciens bâtiments industriels de la SRO, à la Berninaplatz, à Zurich. Ce local se trouve au rez-de-chaussée. Sa façade est orientée sud-est et donne sur la Schaffhauserstrasse. L'immeuble voisin, de l'autre côté de cette rue, masque l'horizon avec un angle de 35°.

Géométrie du local expérimental

Le local expérimental a une longueur de 6.5 m, une largeur de 4.0 m et une hauteur de 3.0 m. Sa fenêtre mesure 2.6 m x 1.9 m de haut. Les parois ont été peintes en blanc (taux de réflexion de 82%), de même que le plafond (64%). Sur le sol, une moquette de couleur gris clair accuse un taux de réflexion de 20%. Le mobilier est un équipement standard de bureau.

Dispositif de mesure

Le local a été équipé de 6 sondes fixes placées le long d'un axe longitudinal à intervalle d'un mètre et à hauteur de table de travail (75 cm). A 4 m des fenêtres se trouve une sonde supplémentaire orientée vers le mur latéral et qui capte la luminance selon un axe vertical. Pour pouvoir caler les mesures par rapport à la luminance du jour, deux sondes ont été placées sur le toit plat de l'immeuble, l'une pour mesurer le rayonnement global, l'autre pour estimer la quantité de lumière diffuse.

Méthode de mesure

La durée d'une mesure a été de 1 minute, pendant laquelle la luminance était enregistrée toutes les 2 secondes, puis moyennée. Pour chaque dispositif technique soumis aux essais, nous avons prévu plusieurs séries de mesures. Il est apparu que, par temps couvert, le coefficient lumière du jour (D), mesuré plusieurs fois de suite pour le même local, obtient des valeurs qui peuvent varier du simple au double. La raison en est la suivante: Pour définir le coefficient de lumière du jour, la Commission internationale de l'éclairage (CIE) recommande de partir d'une donnée fictive qui est une répartition uniforme de la luminance extérieure sur toute la voûte céleste. Mais le ciel vrai n'est jamais uniforme. Comme le coefficient D est basé sur la luminance mesurée à l'intérieur du local, il suffit qu'un nuage un peu plus épais passe dans la partie du ciel qui est vue de la fenêtre pour que la luminance mesurée chute, ce qui fait chuter le facteur D, alors même qu'aucune variation de la luminance extérieure globale n'a pu être enregistrée. Pour annuler cette source d'erreur, nous avons équipé un bureau voisin sur la même façade d'un modèle réduit 1/10 du bureau expérimental, avec les mêmes caractéristiques de revêtements intérieurs que l'original. Ce modèle réduit était pris dans le même protocole de mesure et a permis de corriger la luminosité de référence et d'obtenir des valeurs absolues utilisables.

3.2 *Tableau synoptique*

3.2.1 **Éléments de façades**

1. Verre ultra-blanc page 73	Le verre ultra-blanc spécial a une pureté plus grande que le verre ordinaire et laisse donc mieux passer la lumière. Pour un verre isolant double, l'amélioration est de 2 à 6%. Au niveau d'un local, l'amélioration de luminosité par temps couvert peut passer à 10%,	si seulement on remplace, dans la partie supérieure de la fenêtre, le verre teinté par du verre ultra-blanc spécial. Sont concernées les régions à prédominance nuageuse, tels que le nord-est de la Suisse, par exemple.
2. Stores à lamelles réfléchissantes page 74	La fenêtre est divisée en deux parties: dans la partie inférieure, les lamelles sont soit fermées, soit inclinées à 45°, de manière à arrêter le rayonnement solaire direct. Dans la partie supérieure de la fenêtre, au contraire, les lamelles sont maintenues horizontales de manière	à fonctionner comme des réflecteurs qui renvoient la lumière vers le plafond. C'est une manière simple d'accroître sensiblement la clarté dans la pièce. L'amélioration à 4 m des fenêtres est de 40% par rapport à un store conventionnel.
3. Réflecteur intérieur page 76	Un tel réflecteur rassemble la lumière captée par une fenêtre et la transmet à une place déterminée, comme une table de travail. Pour qu'il joue vraiment ce rôle, le réflecteur doit être fabriqué dans un matériau réfléchissant à surface mate ou striée (p. ex. de l'aluminium	poli ou légèrement dépoli). Il ne faut pas attendre de ce réflecteur qu'il illumine toute la pièce; son efficacité est localisée. Par temps couvert, une table de travail située à 4 ou 6 m des fenêtres peut recevoir, grâce à un tel réflecteur, un surplus de lumière de 20%.
4. Réflecteur extérieur réglable page 79	Ces réflecteurs basculants ont une double fonction. Si le soleil brille, ils sont inclinés de 30° vers l'avant et servent alors de visière. Il reste alors à protéger le bas de la fenêtre par des stores de toile ou à lamelles. Si le ciel est couvert, on les retourne à 30° dans l'autre	sens et ils deviennent miroirs qui renvoient la lumière zénithale vers le plafond. A 4 m de profondeur, l'amélioration de luminosité est de 20%; elle grimpe à 40% si l'on dispose d'un réflecteur intérieur couplé.
5. Réflecteur au niveau du sol page 83	Un tel réflecteur doit se placer sur le sol devant la fenêtre; sa localisation exacte doit être calculée en fonction du trajet souhaité des rayons lumineux, car c'est important que le plafond reçoive le reflet direct renvoyé par la surface extérieure. C'est le plafond qui se charge ensuite de répartir la lumière dans tout le local. Entre 4 et 6 m de profondeur, le gain total est	d'environ 20%. Signalons que, par temps couvert, de tels réflecteurs sont efficaces quelle que soit l'orientation de la façade. Associé à un réflecteur intérieur, le gain se monte à 40%. Les situations critiques, telles que urbanisation très dense, ruelles étroites, cours intérieures, locaux semi-enterrés peuvent être notablement améliorées.

<p>6. Façade vitrée escamotable page 85</p>	<p>De telles façades sont équipées d'une superstructure métallique qui permet la déambulation et qui supporte des panneaux de verre mobiles. Ces vitrages traités sont orientés pour diminuer l'effet des rayons solaires incidents; leur efficacité est lié à la qualité du traitement de surface.</p>	<p>Quand le temps se couvre, les lames de verre peuvent s'escamoter; la lame supérieure seule prend le rôle de réflecteur extérieur. On pourrait craindre que les superstructures métalliques absorbent une partie de la lumière incidente. Observation faite, les gains compensent les pertes.</p>
<p>7. Superstructure d'entretien avec réflecteur extérieur pivotant page 87</p>	<p>De tels agencements de façade nécessitent une structure métallique fixe qui supporte une ou plusieurs grandes lames de verre. Cette structure comporte des passerelles inamovibles qui permettent l'entretien des installations. Les lames peuvent être soit fixes, soit mobiles, penchées en avant, et servent principalement à la protection contre le rayonnement solaire excessif. On les rencontre donc le plus souvent en façade sud.</p>	<p>Le système rigide diminue la luminosité du local à 4 m de profondeur d'environ 30%, même par temps couvert, tandis que les lames mobiles la réduisent de 40%. Ces installations sont particulièrement indiquées dans les régions ensoleillées à plus de 70% du temps (Valais, Tessin). Une installation à priorité anti-solaire y a donc tout son sens.</p>
<p>8. Stores à lamelles prismatiques + stores d'ombrage simples page 90</p>	<p>Les deux fonctions sont ici distinctes: protection contre le rayonnement solaire directe par un rideau de tiges prismatiques et protection contre les éblouissements par un store à lamelles réfléchissant la lumière vers le plafond et le reste du local. Les deux systèmes se suivent sur la face intérieure de la fenêtre. Le deuxième store est nécessaire pour abaisser la trop grande luminosité qui traverse le premier rideau de prismes (env. 2000 cd/m²). La répartition de la lumière dans la pièce, engendrée par ce système complexe, est à peu de chose près la même qu'avec seulement un store à lamelles. Son avantage est d'offrir à front de fenêtre une densité lumineuse mieux amortie (300 à 800 cd/m² contre 800 à 1000 cd/m² pour les stores seuls. Par contre, le taux de transmission énergétique</p>	<p>global «g» est meilleur pour les stores (g = 0.2) que pour le système combiné (g = 0.3). Autre désavantage pour le système combiné: son pilotage automatisé, puisque l'orientation des prismes doit suivre la course du soleil. Par temps couvert, les prismes n'ont plus de sens et peuvent être relevés. Mais la densité lumineuse au droit de la fenêtre peut encore être telle qu'elle perturbe, par exemple, l'utilisation d'écrans d'ordinateurs. Nous avons constaté que, par temps couvert, les stores à lamelles réfléchissantes transmettent beaucoup plus de lumière vers le fond des bureaux que les lamelles prismatiques, ceci d'un facteur 2, voire 3. A prévoir seulement dans les situations extrêmement exigeantes en rapport avec des écrans d'ordinateurs.</p>

9. Brise-vue dépliant
page 93

Une telle installation peut jouer les deux rôles de protection solaire et anti-éblouissements. La toile utilisée est en tissu polyester semi-transparent à revêtement aluminisé sur sa face extérieure. Ce revêtement permet de réfléchir une partie du rayonnement incident; on obtient des valeurs $g = 0.6$ à 0.4 . Ces valeurs sont insuffisantes en plein été; il faut donc prévoir une protection supplémentaire. En jouant sur le choix du tissu, on peut atteindre

un effet anti-éblouissements plus ou moins prononcé. On trouve maintenant des systèmes mécaniques qui permettent d'assombrir sélectivement n'importe quelle partie de la fenêtre, le haut seulement, le milieu ou le bas seulement. Il devient ainsi possible de laisser entrer beaucoup de jour par la partie supérieure de la fenêtre, tout en se protégeant des éblouissements à la hauteur de son écran d'ordinateur.

10. Verre isolant à réflexion sélective
page 95

Certains vitrages isolants ont été équipés, dans l'espace vide entre les deux verres, de profilés fixes qui agissent comme des barreaux réfléchissant lumière et énergie, avec un effet variable suivant l'inclinaison du rayonnement incident. Quand le soleil est haut dans le ciel, ses rayons sont soit renvoyés vers l'extérieur, soit déviés vers le fond du local. De cette manière, les variations de luminosité intérieure sont sensiblement amorties. Il est bien clair que de tels vitrages ne peuvent être montés que dans la partie supérieure des fenêtres, par

où personne ne regarde la vue. Il faut donc prévoir un autre système de protection pour la partie inférieure des fenêtres. Attention: l'effet de protection fonctionne aussi pendant les jours nuageux: un bureau équipé d'un tel vitrage dans la moitié supérieure de sa fenêtre est assombri à 4 m de la façade de 60% environ. Un tel vitrage convient donc plus particulièrement pour des lieux de passage, tels que salles d'attente, cages d'escaliers, corridors et toutes zones éclairées d'en haut.

11. Stores à lamelles perforées
page 97

Les lamelles de ces stores ont été finement perforées pour laisser passer seulement une petite partie du rayonnement solaire direct, quand ils sont fermés. Ce reste de lumière est encore trop fort et provoque une gêne pour des activités de bureau. Il faut prévoir une protection supplémentaire contre les éblouissements. Mais, d'autre part, la quantité totale de lumière disponible dans la pièce est trop

faible. Nous avons constaté, en comparaison, que des lamelles réfléchissantes apportaient une bien meilleure luminosité. Remarquons que l'effet des perforations devient imperceptible dès qu'on ouvre un peu les stores, qui ressemblent alors tout simplement à des stores conventionnels. A mettre en œuvre pour des zones de passage, comme sous 10.

12. Store extérieur en toile, à projection
page 99

Un système mécanique de bras extensible permet de «sortir» le store et ainsi d'ombrer la partie supérieure de la fenêtre, comme par une visière. Si le soleil descend trop bas, il faut continuer de baisser le store. Si l'on choisit des toiles de couleur claire, il faut s'attendre à des densités lumineuses de plus de 5000 cd/m^2 , ce qui rend illusoire tout effet anti-éblouissements. Nous recommandons donc plutôt l'usage de toiles sombres. Mais cela n'empêchera pas d'avoir recours, pour le travail à

l'écran, de rideaux individuels en complément. La valeur «g» peut atteindre 0.15, voire moins, suivant le genre de toile utilisée, ce qui est suffisant comme luminosité. Remarquons qu'une telle installation permet un bon contact visuel avec le monde extérieur, puisque la visière n'est presque jamais complètement baissée. Ce système convient bien pour des bâtiments scolaires, des bureaux sans exigences trop élevées ou pour des appartements.

**13. Film déroulable
intégré au vitrage
isolant**
page 101

C'est une fine feuille synthétique qui peut être déroulée entre les deux verres d'un vitrage isolant, à l'aide d'un moteur et le plus souvent d'un système de régulation électronique. La surface métallisée du rideau rejette la lumière incidente à travers le 1er verre, ce qui permet d'atteindre des valeurs g atteignant 0.15. Comme la couche métallisée ne retient pas la totalité du rayonnement, on peut encore voir au travers les scènes de la rue. Il existe une grande variété de films plus ou moins sombres,

suivant l'usage qu'on souhaite en faire. Comme le déroulement du film à l'intérieur des deux verres n'est pas lié à la gravité, on peut choisir le sens du déroulement. Par exemple, de bas en haut, il est possible de se protéger des éblouissements au niveau de la table de travail, sans oblitérer la partie supérieure de la fenêtre, par où le jour peut continuer à entrer pour le fond du local, ce qui est très appréciable.

3.2.2 Verrières et lanterneaux

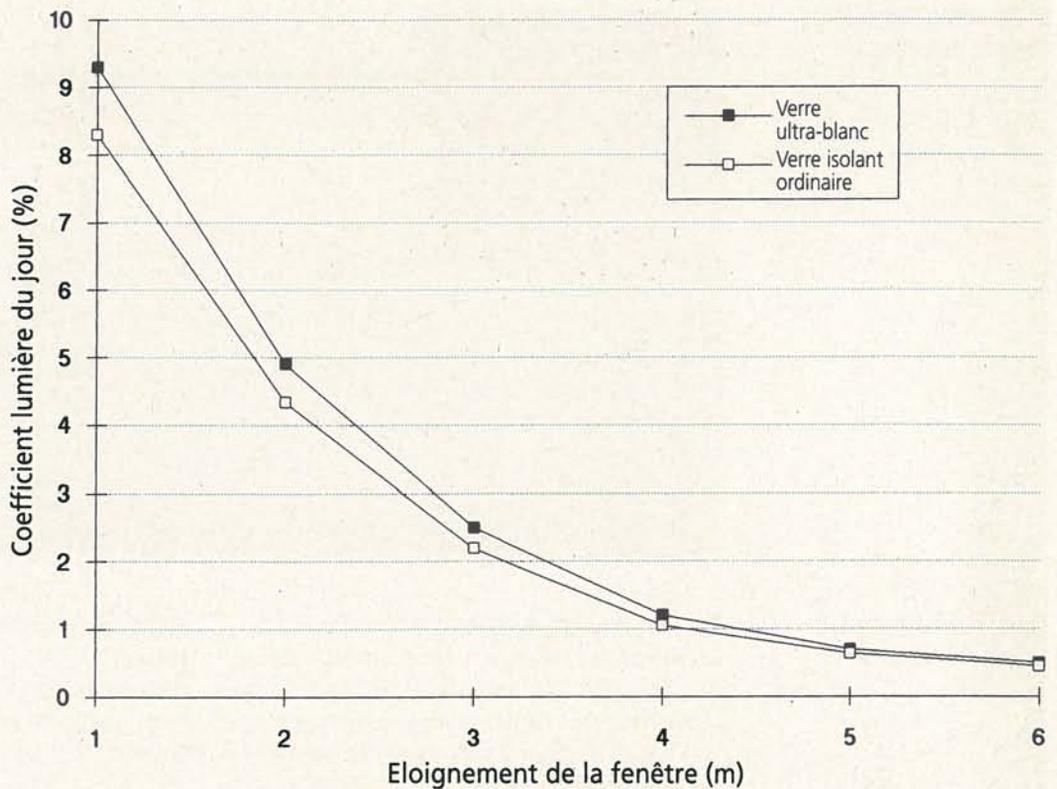
1. Tamis à lumière page 103	Les vitrages équipés de cette sorte de «tamis à lumière» se posent horizontalement pour fermer des ouvertures zénithales. Le tamis est fait de tiges d'aluminium profilé ou de plastique aluminisé, tiges qui forment une sorte de grillage à l'intérieur du vide entre les deux verres d'un vitrage isolant soudé. Orientés d'une certaine façon par rapport aux points cardinaux, de tels vitrages ont un pouvoir réfléchissant qui renvoie le rayonnement solaire direct, mais laisse passer la lumière diffuse	qui frappe le vitrage avec un autre angle d'incidence. On a pu observer des valeurs «g» allant jusqu'à 0.15. Les éblouissements sont combattus efficacement, que la lumière arrive longitudinalement ou perpendiculairement à l'orientation des tiges du grillage. Ce système non mobile retient, par temps couvert, environ 30% de la lumière incidente. On ne peut voir à travers ce «tamis» que dans une direction donnée.
2. Verre prismatique page 103	Pour les mêmes situations que ci-dessus, on peut aussi utiliser du verre prismatique. Au lieu des profils aluminium, ce sont des tiges transparentes triangulaires, aluminisées sur une des faces, qui forment le grillage anti-solaire. Comme la structure interne au vitrage est fixe, un calcul précis doit intervenir pour chacun afin de déterminer l'orientation des tiges et leur pivotement axial initial, en fonction de l'orientation de la façade, de la situation géographique et des heures où l'efficacité	du filtrage doit être optimale. Ensuite, il ne faut pas se tromper dans la pose du vitrage (orientation)! Seul le rayonnement direct est arrêté; la lumière diffuse franchit le filtre sans encombre. «g» atteint la valeur de 0.15. Par temps couvert, l'assombrissement est de l'ordre de 40%. Le vitrage est anti-éblouissant, mais la vue à travers est limitée et dépend de la position de l'observateur.
3. Verrière en bâtière page 104	Les verrières orientées vers le nord n'ont pas besoin de protection anti-solaire particulières, à condition que la pente du vitrage dépasse 60°. On peut en améliorer l'apport lumineux	en plaçant un miroir sur la face aveugle, ce qui donne l'impression d'avoir deux faces transparentes.
4. Film réfléchissant mobile à l'intérieur du vitrage isolant page 104	C'est une fine feuille synthétique qui peut être déroulée entre les deux verres d'un vitrage isolant, à l'aide d'un moteur et le plus souvent d'un système de régulation électronique. La surface métallisée du rideau rejette la lumière	incidente à travers le 1er verre, ce qui permet d'atteindre des valeurs «g» atteignant 0.15. Comme la couche métallisée ne retient pas la totalité du rayonnement, on peut encore voir les scènes de la rue à travers.
5. Verre isolant traité page 105	Pour tous les espaces réservés aux déplacements – tels que corridors, passages couverts, salles d'attente – un certain éblouissement n'est pas insupportable et l'on peut se passer de systèmes de protection supplémentaires. Le verre traité permet des valeurs de «g» allant	jusqu'à 0.2. Par temps ensoleillé comme par temps couvert, un tel vitrage traité laisse passer environ 35% de la quantité de lumière extérieure. Un avantage: la vue vers l'extérieur n'est guère perturbée par le traitement de surface.

<p>6. Stores extérieurs en toile page 105</p>	<p>Ce type de protection est efficace pour les lanterneaux et les verrières. «g» descend à 0.15. On les enroule par temps nuageux pour</p>	<p>maintenir une luminosité suffisante à l'intérieur.</p>
<p>7. Serre à toit ouvrant page 106</p>	<p>Recouvrir une cour intérieure par un voile de verre à écailles amovibles sans cadres permet de créer une atmosphère de serre, qui est très lumineuse par temps couvert. Par temps ensoleillé, on évite la surchauffe en ouvrant les</p>	<p>écailles, ce qui rend à la cour son climat de cour ouverte. Mais la mise en oeuvre d'un tel système est assez restreinte, vu qu'aucune protection n'est proposée, ni contre le soleil, ni contre les éblouissements.</p>
<p>8. Grandes lames orientables page 106</p>	<p>Un tel système de lames est efficace pour les verrières et permet d'atteindre un «g» de 0.15. Par temps couvert, on bascule les lames en position verticale, ce qui améliore l'arrivée</p>	<p>de jour, tout en ne dépassant jamais le 70% de la lumière incidente. En position ouverte, le regard peut s'échapper entre les lames.</p>
<p>9. Grillage protecteur fixe page 107</p>	<p>De tels grillages pour les ouvertures zénithales «mangent» 80% de la lumière incidente. Pour les régions souvent couvertes de nuages,</p>	<p>il n'est pas pensable de se contenter des 20% de lumière restante.</p>
<p>10. Grille à tubulures mobiles déphasables page 107</p>	<p>Les déplacements relatifs des 3 couches de tubes permettent des taux de transmission variables. «g» atteint 0.2. Mais comme il n'y a jamais plus de 25% de la lumière incidente</p>	<p>qui traverse les 3 couches tubes, nous doutons que ce système soit adapté à nos régions souvent couvertes.</p>

3.3 *Eléments de façades – Descriptif et résultats de mesures*

1. Verre super-transparent, dit «verre ultra-blanc»

Valeurs-types mesurées:



Verre ultra-blanc dans la moitié supérieure de la fenêtre, ciel couvert

Caractéristiques, mode d'emploi

Transmission de lumière:

Le verre ultra-blanc est plus transparent à la lumière que le verre ordinaire. Il en existe plusieurs qualités qui dépendent du taux d'impuretés résiduelles et dont le taux de transmission lumineuse a pu être amélioré de 2 à 6% par rapport au verre normal, pour un vitrage isolant à deux verres soudés. Exemple: Vitrage isolant normal: 79%; vitrage isolant en verre ultra-blanc: 84%.

Comportement par temps couvert:

Remplacer, ne serait-ce que dans la partie supérieure de la fenêtre, le verre isolant ordinaire par du «verre ultra-blanc» permet de gagner 10% de luminosité dans le local.

A recommander:

Dans les régions climatiques souvent recouvertes d'un manteau nuageux.

2. Stores à lamelles réfléchissantes



Caractéristiques, mode d'emploi

Protection anti-solaire

La fenêtre est divisée en deux parties: dans le bas, les lames sont inclinées à 45° environ et coupent complètement l'arrivée des rayons du soleil. Dans la partie supérieure, les lamelles sont en position horizontale, reflétant le rayonnement incident vers le plafond pour se diffuser dans toute la pièce. Par rapport à des stores ordinaires, les lamelles réfléchissantes apportent une amélioration de 40% environ.

Protection anti-éblouissements par soleil direct

Les lamelles de stores réfléchissantes ont d'abord été conçues comme mesure d'ombrage; elles ne protègent pas assez contre les éblouissements, à moins d'être complètement fermées. Cette position est à recommander pour des postes de travail informatisés à proximité des fenêtres. La densité lumineuse n'est plus que de 40 cd/m². A ce moment, la lumière pénétrant par la partie supérieure de la fenêtre (100 à 200 Lux à 2 m des façades) est suffisante pour lire sans peine un document papier posé sur la table à côté de l'ordinateur.

Protection anti-éblouissement par ciel couvert

Pour éviter les effets de contre-jour, on peut aussi utiliser ce type de stores par temps couvert.

Contact visuel avec le monde extérieur

Comme les lamelles à hauteur du regard sont rarement complètement fermées, un contact visuel reste possible, du moins de façon limitée.

Choix des couleurs

Il faut privilégier des lamelles de couleur claire. Choisir le contraire diminuerait la quantité de lumière dans la pièce de moitié.

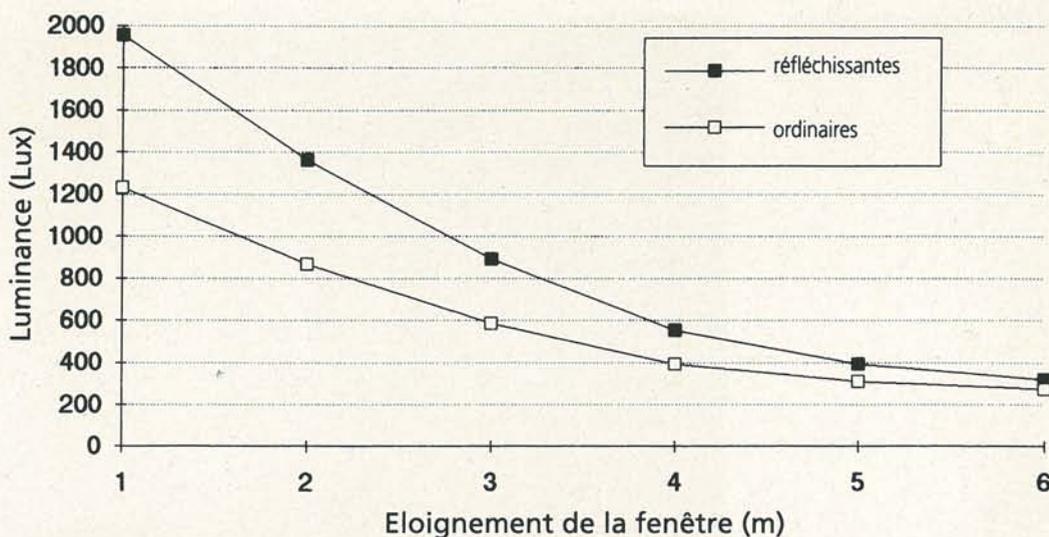
A recommander

Pour des bureaux, des salles de classes, des locaux administratifs et dans l'habitat.

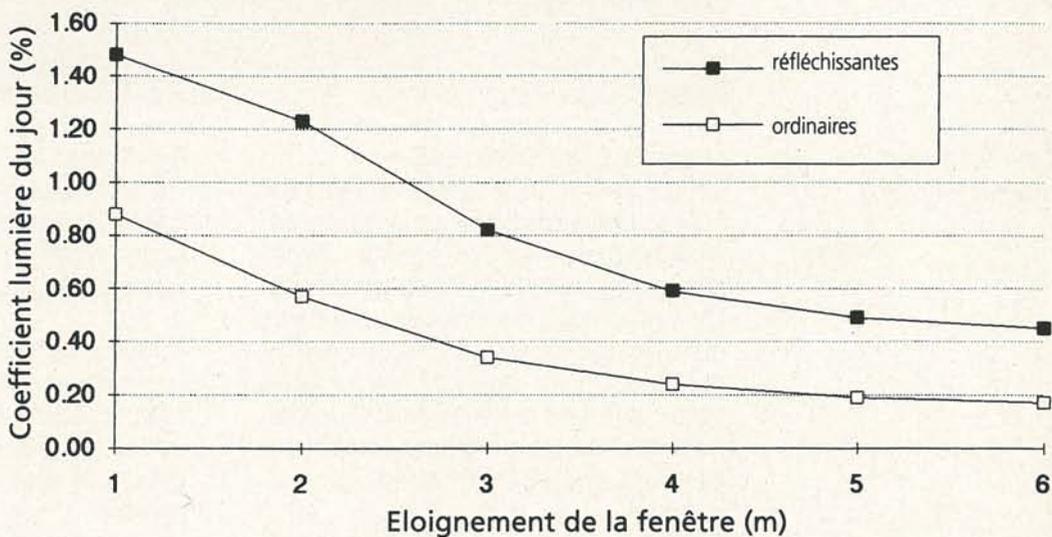
Stores à lamelles réfléchissantes

Valeurs-types mesurées:

Stores à lamelles ordinaires versus réfléchissantes
 Angle d'inclinaison:
 stores ordinaires: 45°
 stores réfléchissants:
 en bas: 45°; en haut: 0°
 Ciel clair
 façade ensoleillée
 Heure: 12 h 20



Stores à lamelles ordinaires versus réfléchissantes
 Angle d'inclinaison:
 stores ordinaires: 45°
 stores réfléchissants:
 en bas: 45°; en haut: 0°
 Ciel couvert
 Lieu de mesure: Immeuble administratif à Wädenswil



3. Réflecteur intérieur



Caractéristiques,
mode d'emploi

Mode de fonctionnement

L'efficacité d'un tel réflecteur est liée à son pouvoir de concentration de la lumière en provenance de la fenêtre, sur une surface restreinte, une table de travail par exemple. C'est pourquoi, il doit être composé d'un matériau réfléchissant comme de l'aluminium poli ou satiné. Par temps couvert, un poste de travail situé dans la frange de 4 à 6 m des fenêtres peut recevoir, grâce à un réflecteur intérieur, jusqu'à 20% de plus de lumière.

Combinaison avec un réflecteur extérieur

Si la densité lumineuse de la fenêtre est augmentée par un réflecteur extérieur, le réflecteur intérieur voit son efficacité redoubler. Par une telle combinaison, la même place de travail à 5m des fenêtres recevra 40% de plus de lumière.

Réflecteurs inclinables

On peut aussi concevoir, comme réflecteur intérieur, une surface plane orientable, aussi facile à régler qu'un projecteur dont on peut suivre le faisceau lumineux.

Réflecteurs fixes

Des réflecteurs fixes concaves, orientés une fois pour toutes sur une place bien précise ne permettent pas une telle souplesse. Le trajet des rayons lumineux est moins facile à comprendre.

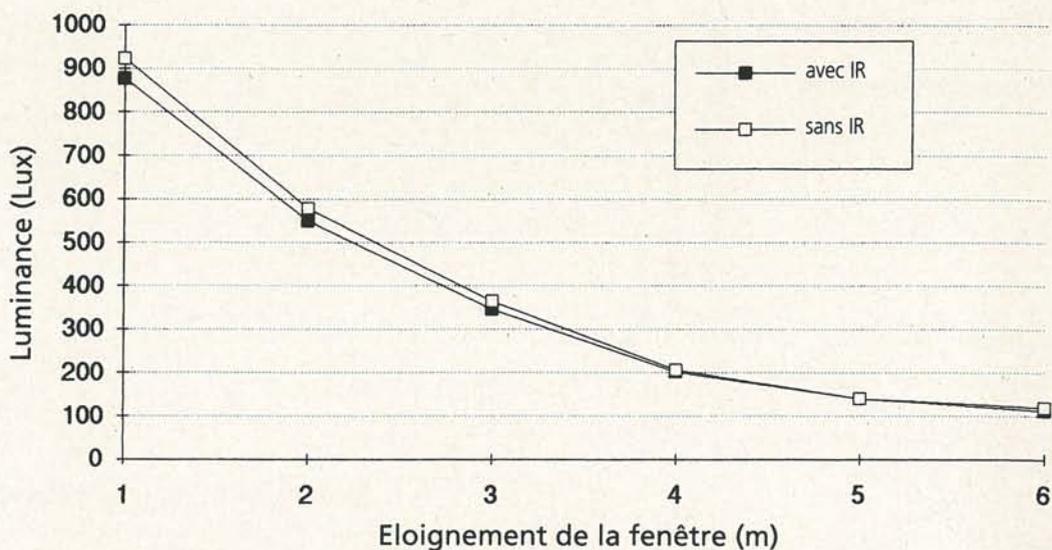
A recommander

De tels réflecteurs intérieurs prennent place facilement dans un plafond suspendu. Ce dernier ne devrait être maintenu, à la rigueur, que dans la partie arrière du bureau, la plus éloignée des fenêtres.

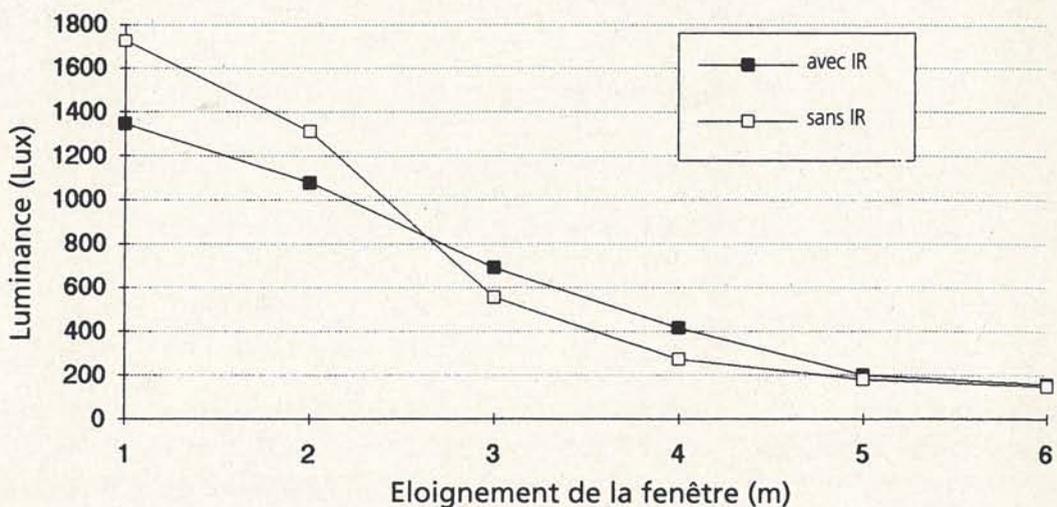
Réflecteur intérieur

Valeurs-types mesurées:

Réflecteur intérieur intégré au plafond, forme concave en aluminium satiné
Ciel clair
façade non exposée au soleil
Heure: 16 h 50



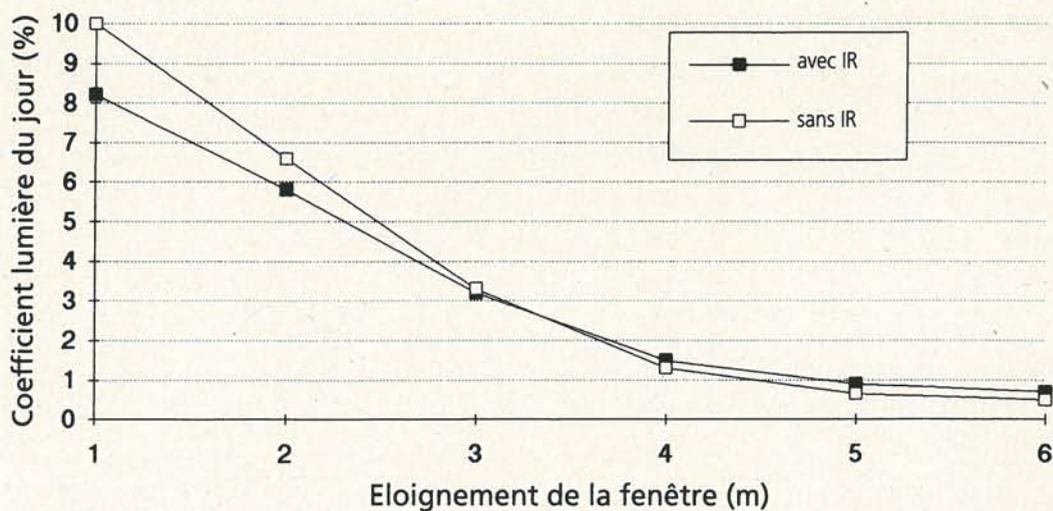
Réflecteur plan suspendu à 4 m des fenêtres, en aluminium poli, combiné avec un réflecteur extérieur
Ciel clair
façade non exposée au soleil
Heure: 15 h 30



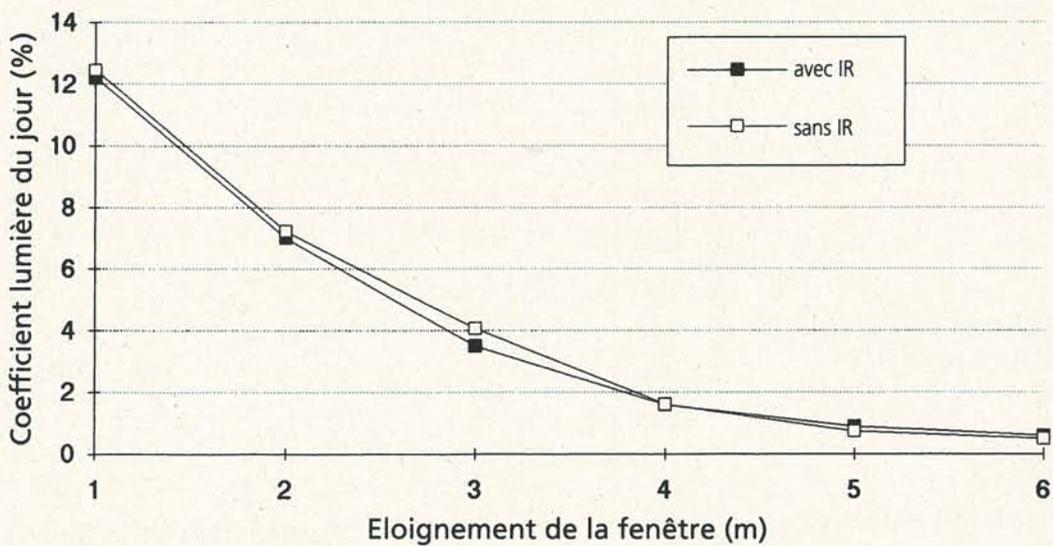
Réflecteur intérieur

Valeurs-types mesurées:

Réflecteur intérieur concave intégré au plafond en aluminium satiné, en combinaison avec un réflecteur extérieur Ciel nuageux



Réflecteur intérieur concave intégré au plafond, en aluminium satiné
Ciel nuageux



4. Réflecteur extérieur réglable



Caractéristiques, mode d'emploi

Multifonctionnalité

Des réflecteurs extérieurs orientables peuvent remplir deux fonctions différentes: celle de pare-soleil et celle de «piège à lumière».

Fonction de pare-soleil

Penché vers l'avant, le réflecteur sert de visière mais son effet doit être complété par un store en toile ou un store à lamelles.

Piège à lumière diffuse par temps couvert

Penché vers l'intérieur, le réflecteur joue enfin sa fonction nominale en renvoyant la lumière zénithale à l'intérieur du local, comme un périscope horizontal qui émergerait de la façade. Il est capable d'accroître la luminosité de toute la pièce de 20% environ. Si le ciel est uniformément couvert, on remarque que l'efficacité d'une telle installation dépend de l'orientation de la façade. En complétant le «périscope» par un second miroir intérieur, on réussit à augmenter la luminosité de la pièce de 40%.

Piège à lumière diffuse par temps clair

Il faut savoir qu'un tel réflecteur extérieur qui ne reçoit pas de soleil sur sa surface n'apporte

rien de plus par temps clair. Il faudrait donc le mettre en position horizontale pour qu'il gêne le moins possible la vue vers l'extérieur.

Angle optimal

En fonction réfléchissante, le piège à lumière devrait être orienté vers la plage de ciel la plus claire. Dans des situations d'urbanisation dense et par temps couvert, le meilleur angle oscille entre 30 et 45°.

Efficacité

L'efficacité de tels réflecteurs extérieurs est fortement liée à la proximité d'immeubles voisins. Du point de vue du matériau, nous n'avons pas observé de grandes différences entre l'aluminium, le verre ou une simple planche blanche. Par contre, nous avons vu que si la surface est mate, l'utilisateur est moins gêné par les éblouissements.

A recommander

Dans des situation où le «ciel disponible» est fortement circonscrit par des immeubles voisins, comme dans des ruelles étroites, par exemple.

Réflecteur extérieur réglable



Remarques sur le mode de fonctionnement
Pour comprendre les subtilités du réflecteur extérieur, il faut se tenir face à la fenêtre à moins de 2 m: on observe que le réflecteur, même en position haute, «bouche» un champ de ciel, ce qui assombrit l'espace dans la frange proche de la fenêtre. Ensuite, on recule dans la pièce, en continuant d'observer la densité lumineuse de la fenêtre. S'il y a un immeuble voisin dont la façade est bien claire, le réflecteur se confond presque avec le paysage; son utilité est donc faible, car limitée en surface en comparaison de toute la fenêtre illuminée par le «clair de façade». Si, au contraire, l'immeuble voisin est terne ou s'il y a de la végétation devant la fenêtre, alors le réflecteur apparaît comme une barre lumineuse en travers de la fenêtre, qui fonctionne comme un maxi-projecteur.

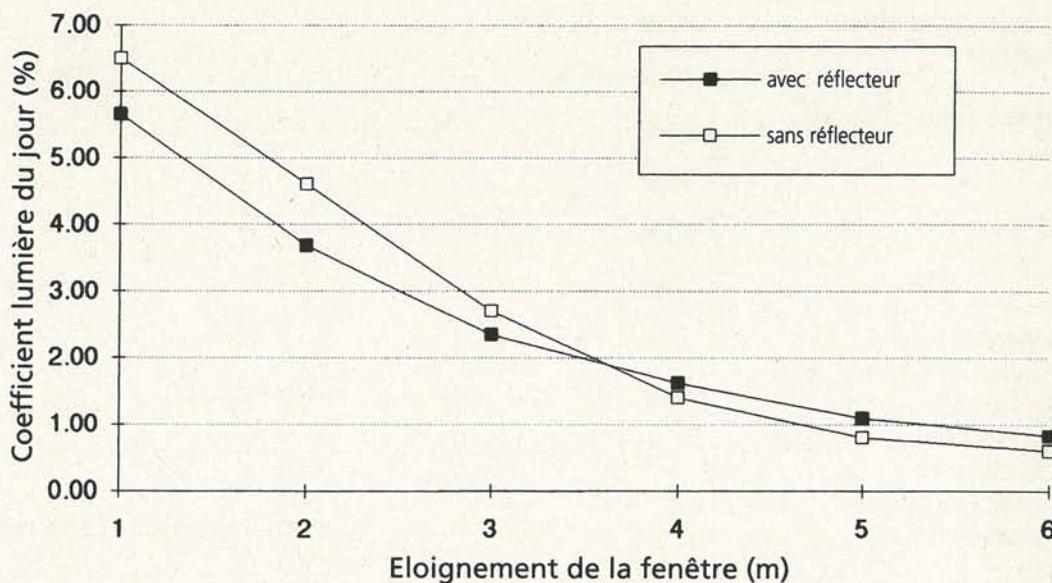
Nous insistons donc pour que les valeurs qui suivent soient prises avec des pincettes, tant il est vrai qu'un tel projecteur extérieur ne prend tout son sens qu'avec le contexte spécifique à chaque situation.

Réflexion diffuse

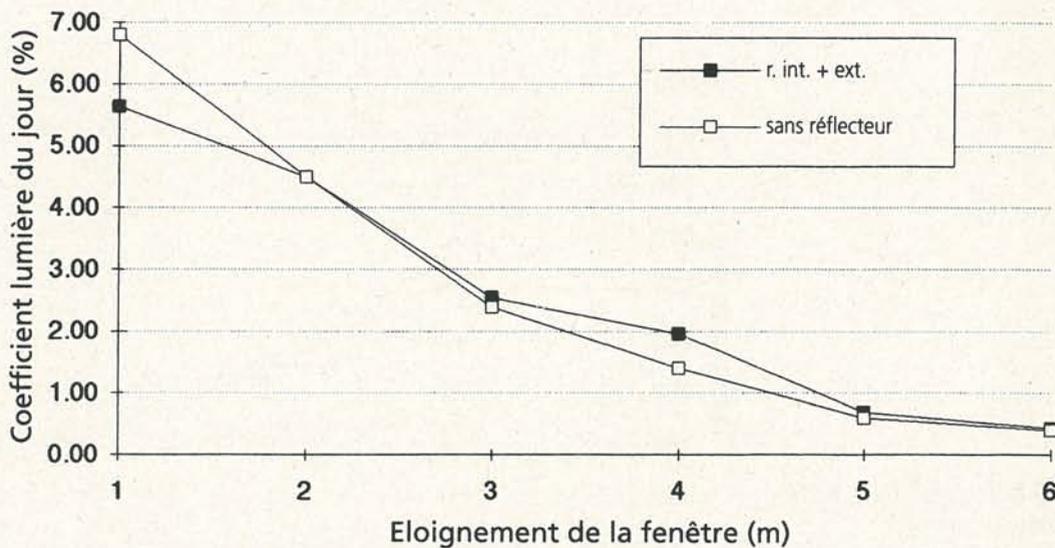
Le réflecteur extérieur renvoie la lumière zénithale vers le plafond qui la transforme en lumière diffuse pour illuminer toute la pièce. Le réflecteur intérieur, au contraire, rassemble la lumière arrivant de la fenêtre pour la concentrer sur une surface donnée.

Réflecteur extérieur réglable

Valeurs-types mesurées:



Réflecteur extérieur orienté vers l'intérieur à 30°
Ciel couvert



Réflecteur extérieur à 30°, combiné avec réflecteur intérieur à 4 m de profondeur
Ciel couvert

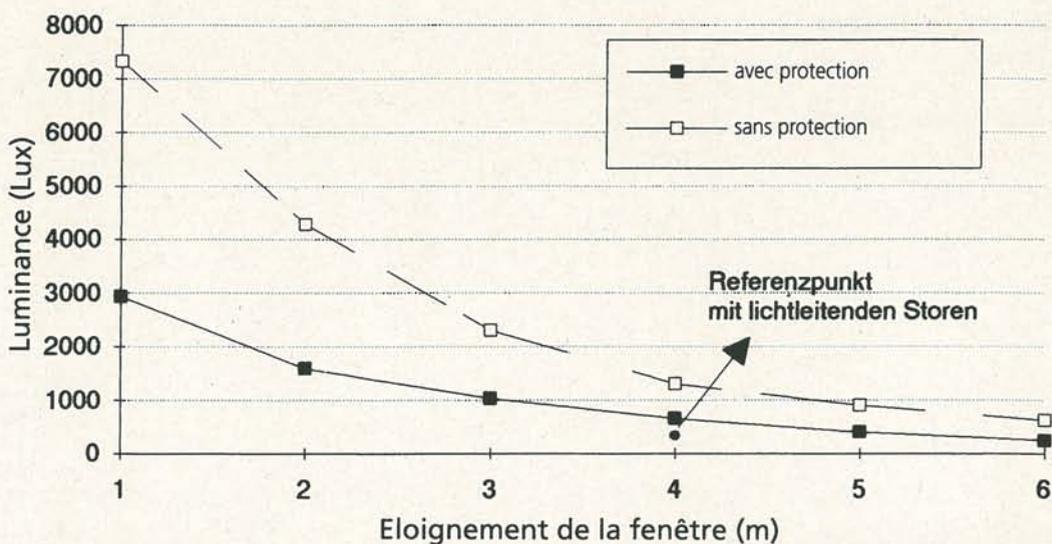
Réflecteur extérieur réglable

Valeurs-types mesurées:

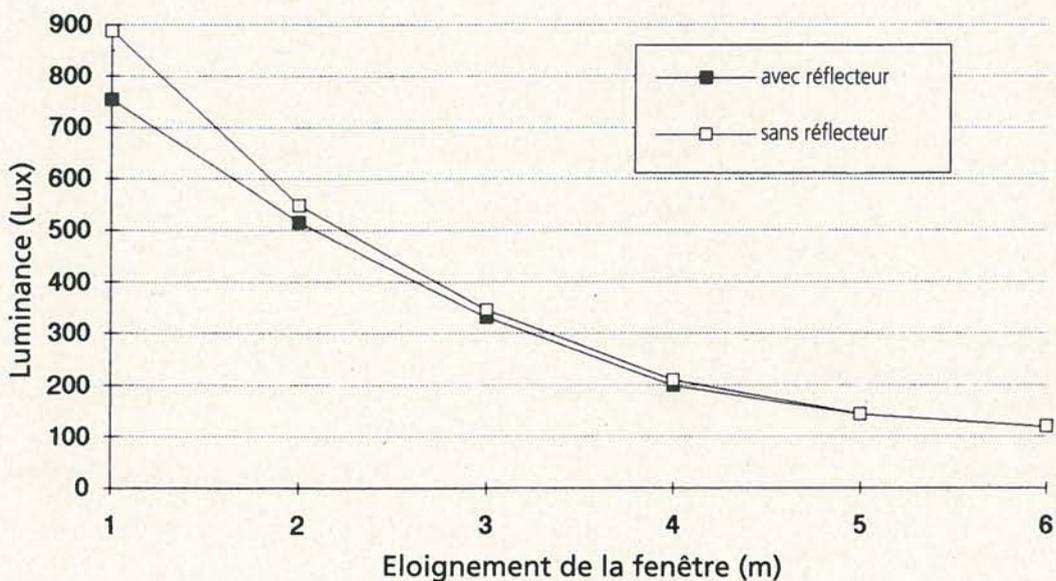
Réflecteur extérieur en position de «visière», en combinaison avec des stores extérieurs à lamelles
Ciel clair
façade ensoleillée
Heure: 10 h 40

Avec/sans store à lamelles

En guise de comparaison: valeur obtenue par un store à lamelles réfléchissantes



Réflecteur extérieur à 30° vers l'intérieur
Ciel clair
façade non ensoleillée
Heure: 15 h 30



5. Réflecteur au niveau du sol



Caractéristiques, mode d'emploi

Localisation

Un tel réflecteur est disposé sur le sol, devant la fenêtre à éclairer. Il faut repérer sa situation optimale en reconstruisant le trajet des rayons lumineux, par rapport au ciel disponible au départ, d'une part, et à la partie de plafond à illuminer, d'autre part. Veillez à éviter d'éblouir l'utilisateur du bureau près des fenêtres; il ne devrait pas voir l'installation. Il vaut mieux faire des essais in situ, avant de monter le réflecteur de manière définitive.

Piège à lumière par temps couvert

Le réflecteur donne sa pleine mesure par temps couvert, en renvoyant la clarté du ciel vers le plafond. On peut observer un gain de 20% de lumière entre 4 et 6 m de la façade. Si le ciel a une force lumineuse uniforme, le réflecteur aura la même efficacité, quelle que soit l'orientation de la façade. Un réflecteur intérieur conjoint augmente la luminosité de 40% à 4 m de profondeur.

Piège à lumière par ciel clair

Si le temps est ensoleillé mais que la façade

est déjà à l'ombre, le réflecteur n'aura d'effet que frappé directement par les rayons du soleil. Si ce n'est pas le cas, le réflecteur n'apporte aucun gain.

Choix d'un angle de réflexion optimal

L'efficacité du réflecteur de sol est fonction de la disposition des immeubles voisins. Si la densité d'immeubles est grande, le meilleur angle pour illuminer des locaux au rez-de-chaussée, est de 30°.

Efficacité

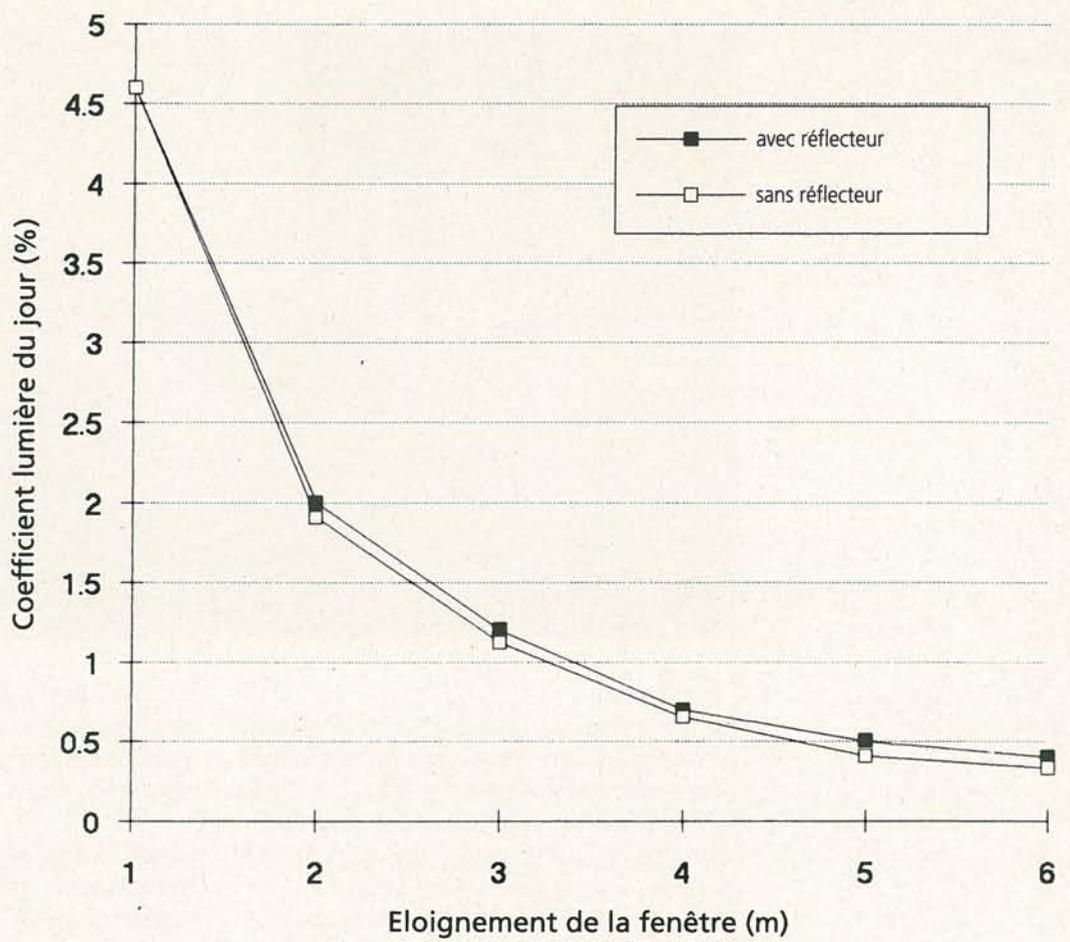
L'efficacité de tels réflecteurs extérieurs est fortement liée à la proximité d'immeubles voisins. Du point de vue du matériau, nous n'avons pas observé de grandes différences entre l'aluminium, le verre ou une simple planche blanche. Par contre, nous avons vu que si la surface est mate, l'utilisateur est moins gêné par les éblouissements.

A recommander

Immeubles rapprochés, ruelles étroites, cours intérieures, locaux semi-enterrés.

Réflecteur posé sur le sol

Valeurs-types mesurées:



Réflecteur de sol combiné
avec une façade vitrée
escamotable
Ciel couvert

6. Façade vitrée escamotable



Caractéristiques, mode d'emploi

Éléments du système

Le système est composé d'une galerie sur laquelle on peut se déplacer. A cette galerie, sont fixées des «planches» de verre articulées en accordéon.

Protection anti-solaire

L'objectif principal de ce système est de protéger les utilisateurs contre les excès de chaleur. Le degré de protection est fonction du développement des vitrages; elle est maximale quand l'accordéon est tout-à-fait tendu. La cage de repliement des verres fonctionne comme visière de protection.

Protection contre les éblouissements

Si l'accordéon n'est ouvert qu'à moitié, il reste trop de lumière qui pénètre dans la pièce. Il faut donc toujours prévoir un système complémentaire, sous forme de stores ou de rideaux.

Encombrement de la structure porteuse

Même complètement replié, le système «mange» environ 20% de lumière à 4 m de profondeur, par temps couvert.

Effet de réflecteur extérieur par temps couvert

Quand le temps se couvre, il est possible de replier l'accordéon de verre dans sa niche. Le verre supérieur joue alors une sorte de fonction de réflecteur, compensant l'assombrissement par l'ensemble de la structure. La perte se limite donc à 10% à 4 m des fenêtres. Un peu plus au fond, à 5-6 m, la perte se mue en léger gain. On peut dire que l'effet négatif d'une structure lourde qui fait ombrage par elle-même – mais qui peut servir de galerie d'évacuation en cas d'incendie – est compensé par les apports de réflecteurs extérieurs orientables.

Relation avec le monde extérieur

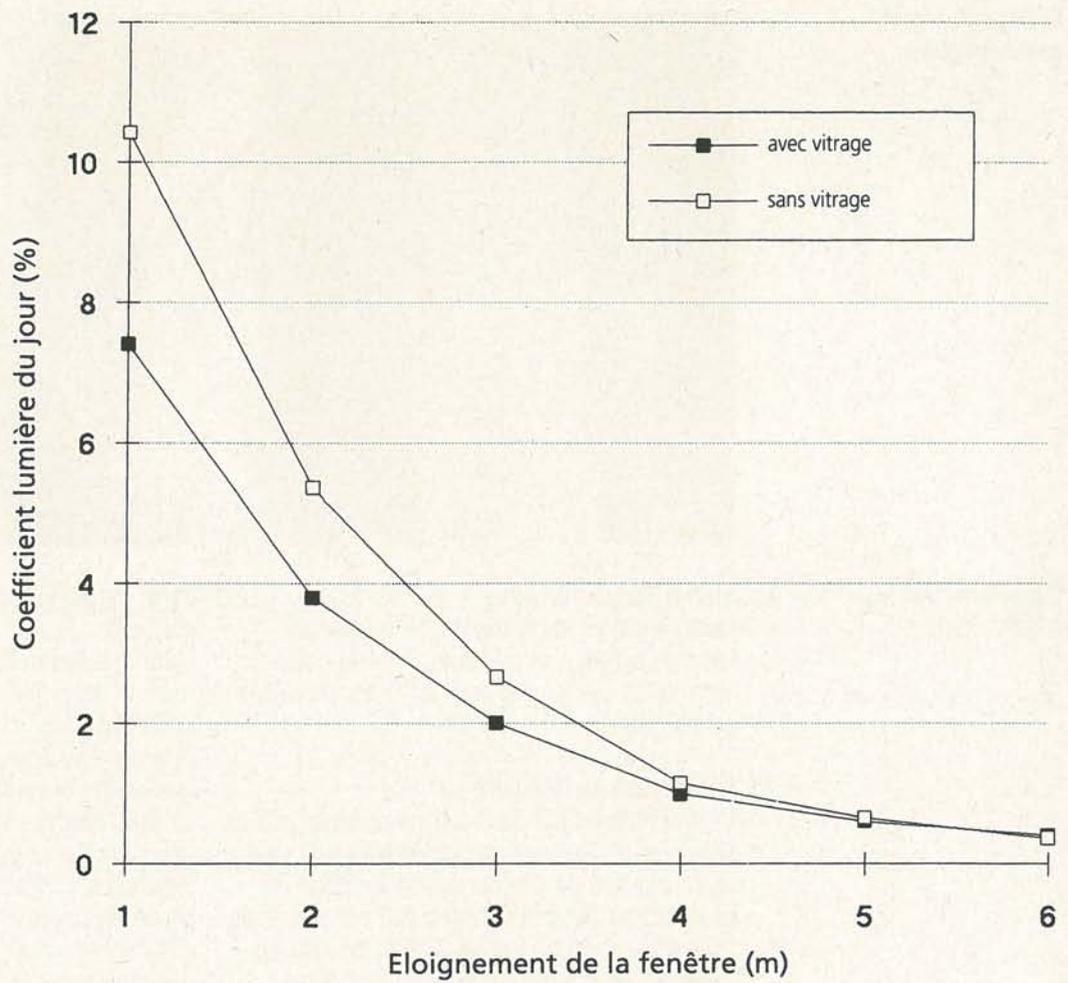
En position dépliée, la vue vers l'extérieur est encore maintenue, alors qu'en position relevée, elle n'est pas entravée.

A recommander

Chaque fois que des problèmes d'entretien de façade pourraient se poser ou qu'il est nécessaire de disposer d'une galerie d'évacuation.

Façade vitrée
escamotable

Valeurs-types mesurées:



Façade vitrée en position
repliée
Ciel couvert

7. Superstructure d'entretien avec réflecteurs extérieurs pivotants



Caractéristiques, mode d'emploi

Éléments du système

Il s'agit d'une installation fixe qui comporte deux éléments: des lames réfléchissantes pivotantes (une ou plusieurs par étage) et une galerie courante pour l'entretien des façades, formée de profilés en aluminium qui servent en même temps de pare-soleil pour l'étage inférieur.

Protection anti-solaire

La fonction première de cette structure est de protéger la façade des excès de soleil. Elle doit donc venir se placer contre une façade sud. Le support de l'installation est fixe, tandis que les lames peuvent être soit fixes, orientées comme une visière, soit pivotantes.

Lamelles fixes pour temps couvert

Une telle installation «éteint» environ 30% de la lumière ambiante, par rapport à une façade libre; mesure faite à 4 m des fenêtres. Si les lames sont fixes, on peut compter avec une réduction de 40% à 4 m de profondeur.

Fonction «piège à lumière» avec lames orientées vers l'intérieur

Par temps couvert, on convertit les lames en réflecteurs extérieurs en les basculant vers l'intérieur. Globalement l'installation «mange» 10% de luminosité à 4 m de profondeur, mais apporte un gain de 10% à 5-6 m. On peut dire que l'effet négatif d'une structure lourde qui fait ombrage par elle-même – mais qui peut servir de galerie d'évacuation en cas d'incendie – est compensé par les apports de réflecteurs extérieurs orientables. La luminosité est un peu améliorée en profondeur.

Vue vers l'extérieur

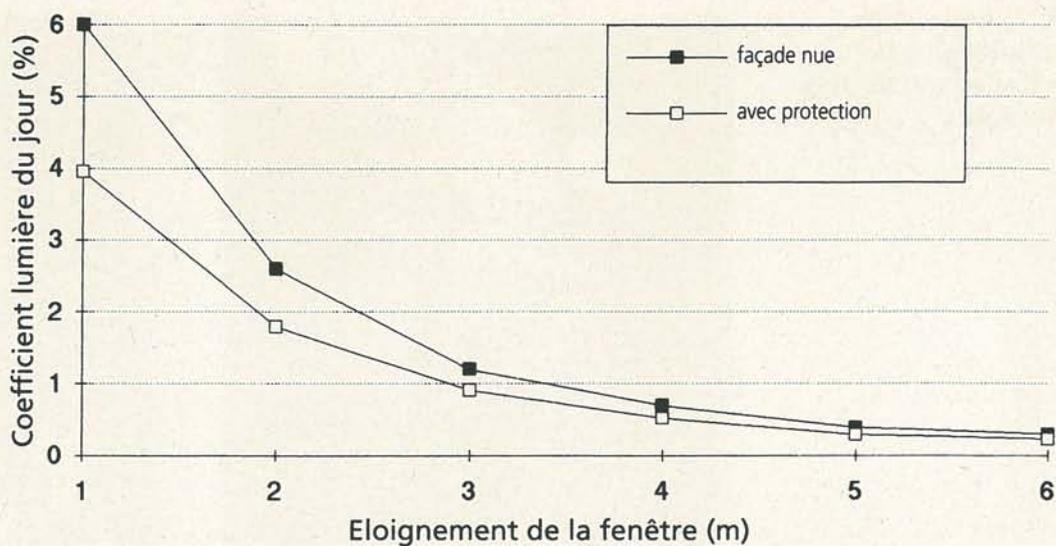
Les grosses lames pivotantes occupent la partie supérieure des fenêtres, ce qui ne coupe pas la vue vers la rue.

A recommander

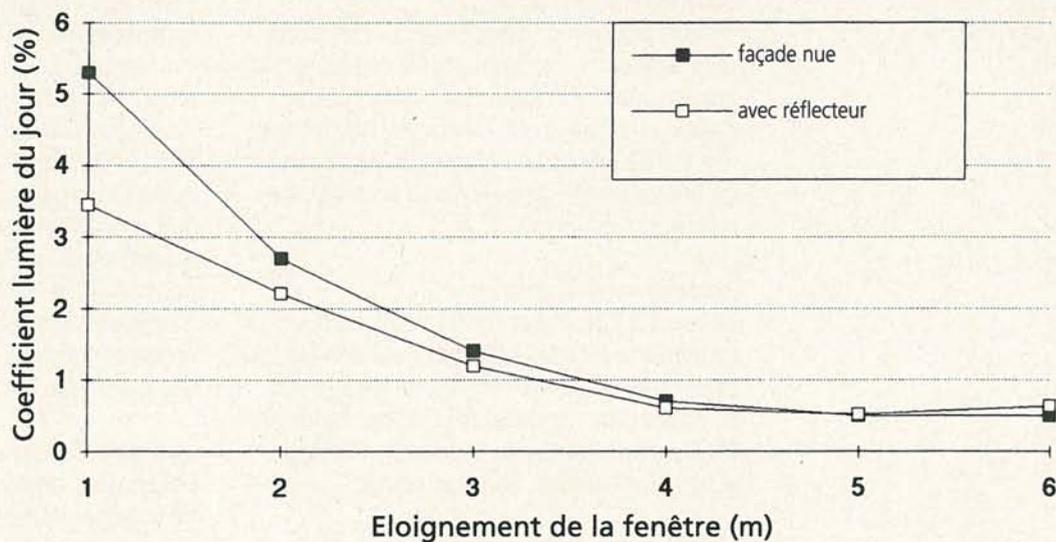
A mettre en œuvre dans des régions ensoleillées à plus de 70% du temps (Tessin, Valais). Dans de telles régions, la fonction anti-solaire justifie totalement la structure porteuse lourde.

**Superstructure
d'entretien avec
réflecteurs extérieurs
pivotants**

Valeurs-types mesurées:



Façade seulement équipée
de la galerie d'entretien
Ciel couvert

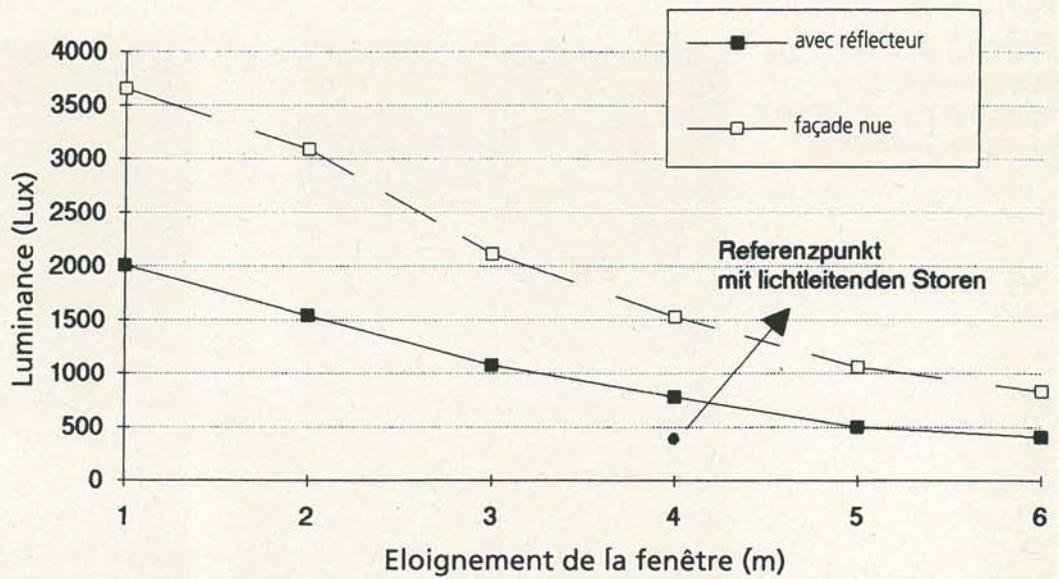


Façade complète avec
réflecteur en position de
miroir
Ciel couvert

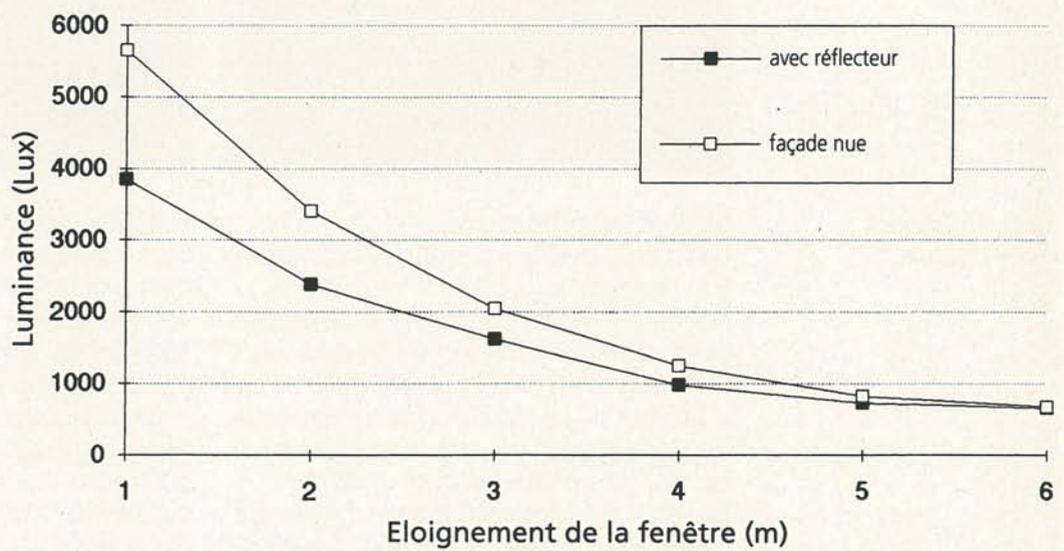
Superstructure d'entretien avec réflecteurs extérieurs pivotants

Valeurs-types mesurées:

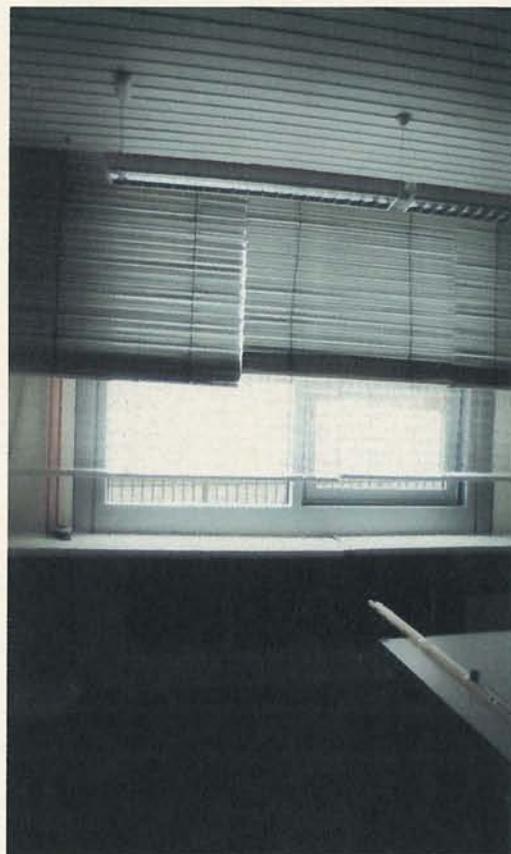
Façade complète avec réflecteur «en visière»
Ciel clair
façade exposée au soleil
Heure: 11 h 30



Façade avec réflecteur en position horizontale
Ciel clair
façade à l'ombre
Heure: 16 h 20



8. Store à lamelles prismatiques en combinaison avec store à lamelles ordinaires



Caractéristiques, mode d'emploi

Dispositif constructif

Ce système se base sur deux jeux de lamelles, tous deux montés sur la face intérieure des fenêtres. La couche de prismes suspendus fait office de pare-soleil, renvoyant les rayons incidents d'où ils viennent, mais malheureusement, la brillance de ce «rideau optique» est encore trop forte pour ne pas éblouir un utilisateur qui regarde à contre-jour (env. 2000 cd/m²); il faut donc faire intervenir le second système à lamelles pour corriger cet excès de lumière. Ce store est placé tout se suite derrière le premier et permet de renvoyer une partie de la lumière vers le plafond, éclairant ainsi l'arrière du local. Si on le souhaite, on peut renforcer cet effet en équipant le plafond de réflecteurs intérieurs. Ici, nous y avons renoncé.

Fonction de protection solaire

Nous avons constaté une quasi-équivalence, dans la répartition intérieure de la lumière, entre ce système et les stores à lamelles réfléchissantes, à la différence que ce système-ci permet d'envoyer un peu plus de lumière vers le fond de la pièce. Autre avantage: les émissions lumineuses de la fenêtre sont ici un peu plus basses avec des valeurs de 300-800 cd/m² contre 800-1000 cd/m² pour les stores à lamelles réfléchissantes. En revanche, ces derniers offrent une meilleure valeur de «g» ($g=0.2$ au lieu de 0.3 pour les prismes). Comme l'efficacité des prismes est fonction de leur orientation par rapport à l'angle d'incidence des rayons du soleil, il est nécessaire de piloter en permanence la rotation des prismes en cours de journée.

Store à lamelles prismatiques en combinaison avec store à lamelles ordinaires



Fonction anti-éblouissements pour une façade ensoleillée

Comme indiqué ci-dessus les deux systèmes de stores sont complémentaires. Si les prismes viennent à manquer – parce qu'on les aurait relevés en hiver, par exemple, le second store à lamelles est insuffisant pour remplir sa fonction de protection contre les éblouissements, à cause d'un reflet résiduel gênant.

Fonction anti-éblouissements par temps couvert

Par temps couvert, les prismes cessent de jouer leur rôle optique. Mais il peut arriver que le ciel soit tout de même encore trop clair et qu'une protection s'impose, surtout si l'on travaille avec un ordinateur à contre-jour. Nous avons constaté que les stores à lamelles réfléchissantes, présentées plus haut, ont un bien meilleur effet (d'un facteur 2 à 3) sur l'ensemble du local que ce double système de stores.

Ici, on peut considérer que, pendant les six mois de la saison d'hiver, il est nécessaire d'enclencher l'éclairage artificiel, dans la partie arrière du bureau. Le facteur lumière du jour $D = 0.5\%$ ne donne que 50 lux à 4 m de profondeur, alors qu'au dehors la lumière d'hiver brille tout de même avec 10'000 lux. Pendant les six mois de la belle saison, en revanche, il reste, à 4 m de profondeur et par temps couvert, une luminosité de 150 lux, ce qui est suffisant pour lire sans peine un document sur papier qui doit être transcrit à l'écran.

Vue vers l'extérieur

Les nouveaux modèles de lamelles sont perforés sur un tiers de leur surface, ce qui permet un certain contact visuel vers l'extérieur.

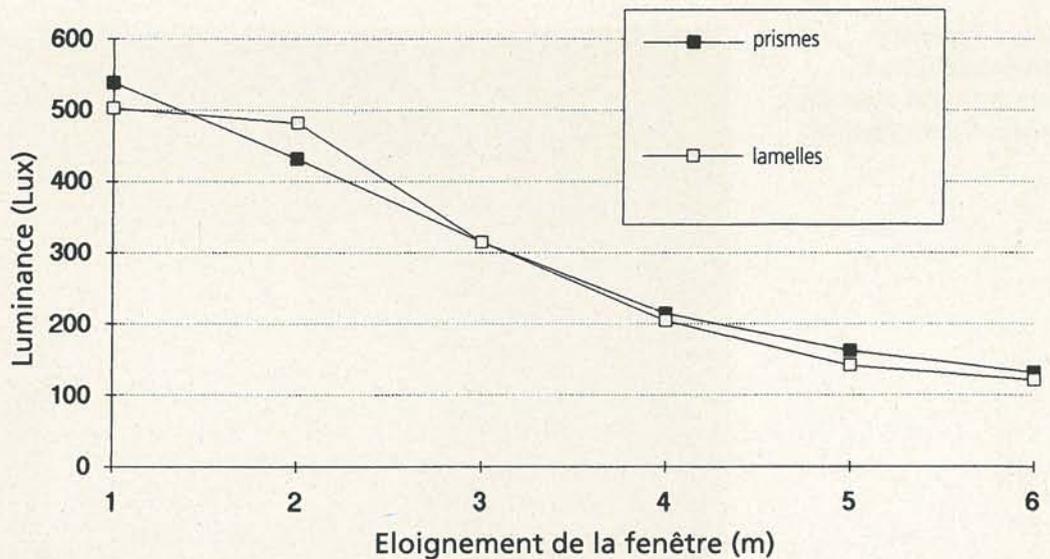
A recommander

Surtout pour les postes de travail informatisés à très haut niveau de confort visuel.

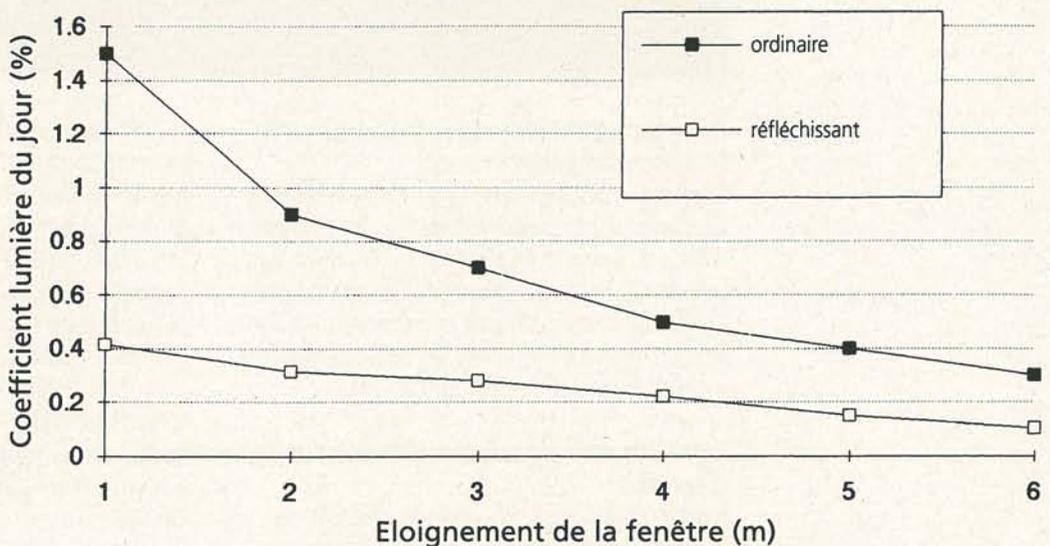
Store à lamelles prismatiques en combinaison avec store à lamelles ordinaires

Valeurs-types mesurées:

Comparaison entre un store à lamelles réfléchissantes et le double système de rideau prismatique et de store à lamelles ordinaires
Ciel clair
façade ensoleillée
Heure: 12 h 20



Store à lamelles seul en comparaison avec le même store réfléchissant
Ciel couvert



9. Brise-vue dépliant



Caractéristiques, mode d'emploi

Fonction de pare-soleil

Cette sorte de rideau pliable en accordéon est fait en tissu polyester, aluminisé sur sa face extérieure, pour pouvoir mieux renvoyer les rayons du soleil. Il peut aussi servir de protection contre les éblouissements. Il permet d'atteindre des valeurs de «g» égales à 0.6, voire 0.4. Ces valeurs ne sont pas suffisantes pour le plein été, ce qui rend un second système de protection nécessaire.

Fonction de correction des contre-jours

Il existe plusieurs sortes de tissus ayant des densités et des revêtements variables, du plus clair au plus foncé, permettant de s'adapter aux exigences de l'utilisateur.

Flexibilité de maniement

Le mécanisme de ce rideau permet de choisir la portion de fenêtre à masquer: soit le haut, soit le bas, soit le milieu seulement, ce qui laisse la possibilité de laisser pénétrer la lumière par les parties de la fenêtre dont l'intense luminosité ne dérange personne, tout en se protégeant au niveau souhaité.

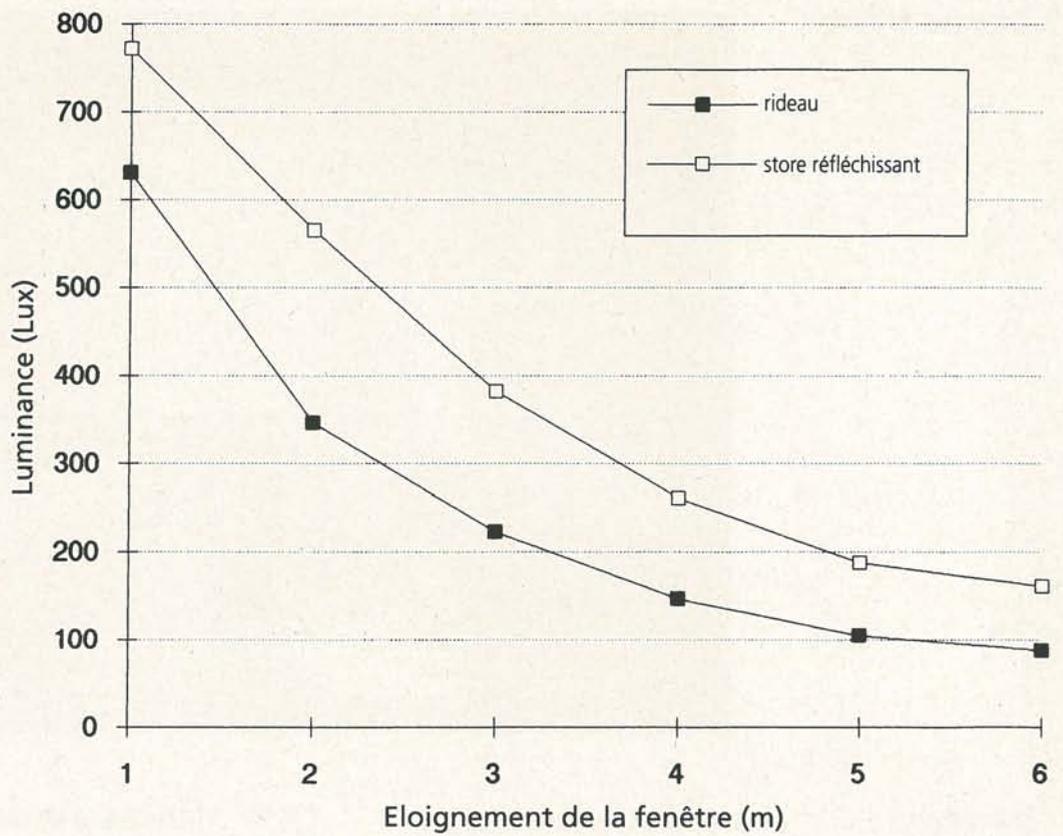
Vue vers l'extérieur

Comme le tissu est semi-transparent, on perçoit encore les scènes de la rue à travers le rideau.

Brise-vue dépliable

Valeurs-types mesurées:

Comparaison entre le
rideau dépliable et le store
à lamelles réfléchissantes
Ciel clair
façade au soleil
Heure: 12 h 33



**10. Verre isolant
à réflexion sélective**



Caractéristiques,
mode d'emploi

Dispositif constructif

Le vitrage isolant est équipé, dans l'interstice entre les deux verres, d'une grille de profils réfléchissants, dont la forme renvoie une partie plus ou moins grande du rayonnement incident, suivant son inclinaison par rapport au plan du vitrage.

Fonction de pare-soleil

Ce type de vitrage convient pour les parties de fenêtres qui ne servent pas à la vue, donc, le plus souvent leur partie supérieure. Il faut donc compléter le système par une autre forme de protection amovible, dans la partie inférieure de la fenêtre.

La valeur de «g» varie entre 0.65 en hiver et 0.25 en été.

Fonction anti-éblouissements pour soleil direct

L'intensité lumineuse derrière un tel vitrage à miroirs est de 200 à 300 cd/m². Dans la partie inférieure de la fenêtre, il faut prévoir un système de protection supplémentaire.

Fonction anti-éblouissements par ciel couvert

Comme l'angle des miroirs n'est pas modifiable, il faut s'attendre, par temps couvert au même effet assombrissant que par temps ensoleillé, ce qui peut être excessif, à moins qu'un poste d'ordinateur n'exige vraiment un assombrissement permanent. Mais le cas paraît plutôt rare. Par temps couvert, le vitrage à miroirs diminue la luminosité du local, à 4 m de la façade, d'environ 60% par rapport à un vitrage isolant ordinaire.

Rapport avec l'extérieur

Les profilés intégrés au vitrage ne gênent pas trop la vue vers l'extérieur, mais ne la rendent pas non plus très agréable.

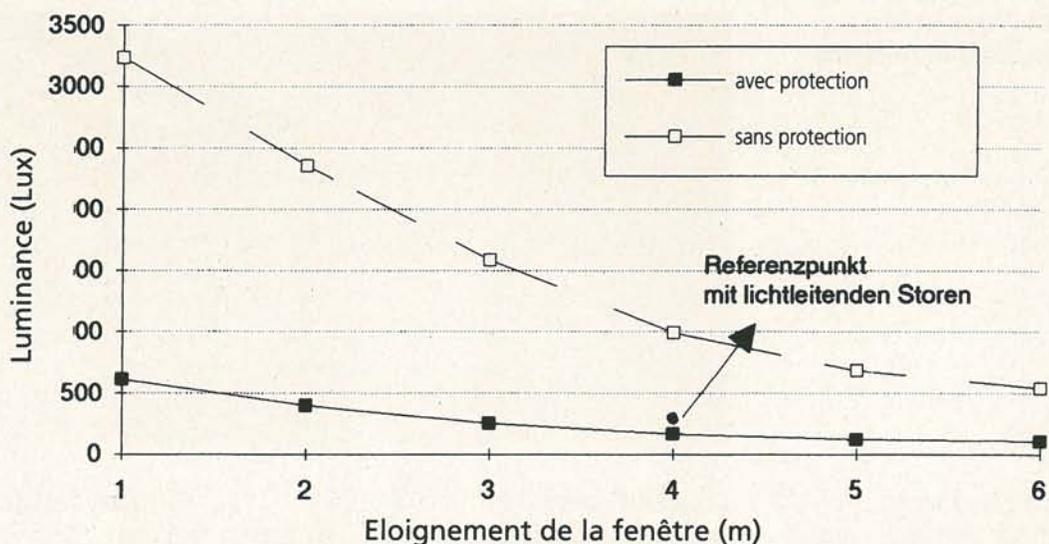
A recommander

Convient particulièrement pour des salles d'attente, des cages d'escaliers, des couloirs ou des ouvertures zénithales.

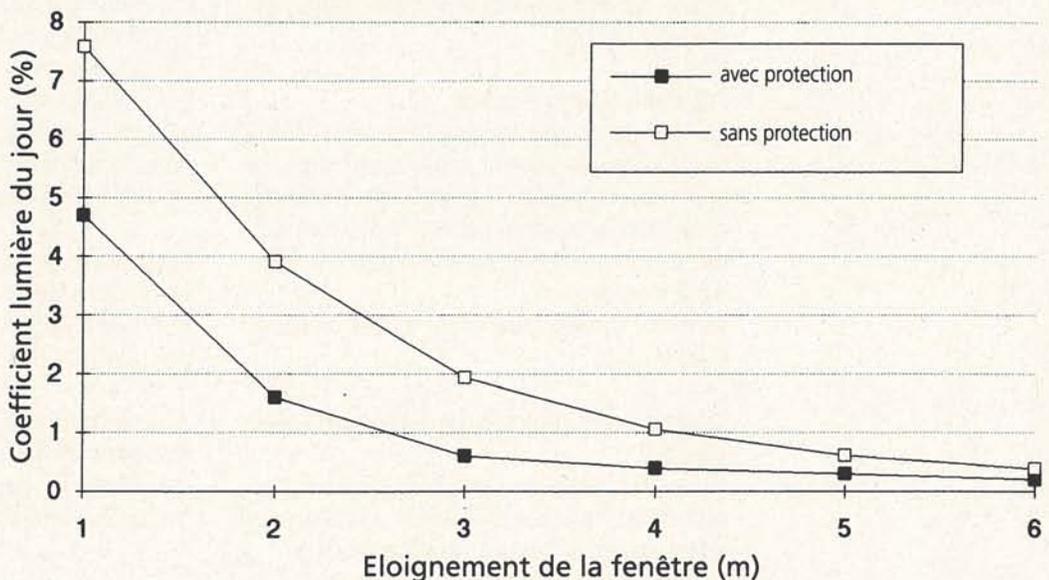
Verre isolant à réflexion sélective

Valeurs-types mesurées:

Vitrages à miroirs en haut;
rideau synthétique en bas
Ciel clair
façade ensoleillée
Heure 12 h 18



Vitrages à miroirs dans la partie supérieure de la fenêtre
Ciel couvert



11. Stores à lamelles perforées



Caratéristiques, mode d'emploi

Dispositif constructif

Les lamelles du store sont percées de micro-perforations qui laissent passer de la lumière, même en position fermée.

Fonction de pare-soleil

Ces stores ont le même effet que des stores ordinaires. Remarquons que leur valeur «g» est un peu plus élevée à cause de l'énergie lumineuse qui passe par les perforations.

Protection contre les éblouissements

Le rayonnement solaire direct n'est pas complètement arrêté par ces lamelles. La lumière qui passe par les perforations peut gêner l'utilisateur. Pour des bureaux, les stores à lamelles perforées sont insuffisants comme protection anti-éblouissements. Ces bureaux devraient donc être équipés d'une seconde installation. Une fois les lamelles complètement fermées, il reste trop peu de jour pour

exécuter des activités de bureau dans de bonnes conditions. Leur effet est donc beaucoup moins intéressant que les stores à lamelles réfléchissantes présentés plus haut. Dès que les lamelles du store sont un peu ouvertes, les perforations deviennent presque imperceptibles; on peut alors les confondre avec un store ordinaire.

Relation avec l'extérieur

Même avec les lamelles complètement closes, un certain contact avec l'extérieur peut être maintenu, mais ce sont plutôt les contours des objets qui restent reconnaissables.

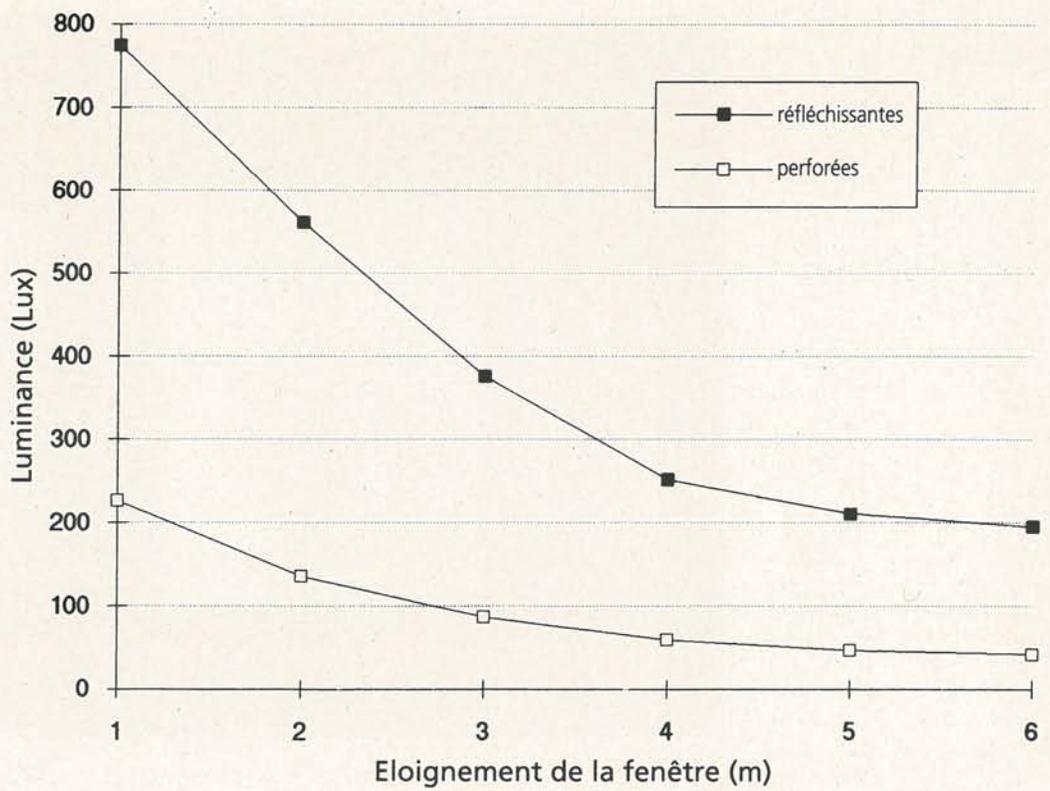
A recommander

Pour des salles d'attente, cages d'escaliers et espaces de déambulation. Dans de tels espaces, les exigences relatives à la luminosité et aux contre-jours sont moins élevées que dans des locaux de travail.

Stores à lamelles perforées

Valeurs-typiques mesurées:

Comparaison entre un store à lamelles réfléchissantes et un store à lamelles perforées
 Angle des lamelles:
 perforées 90°
 (complètement fermées)
 réfléchissantes:
 en bas: 90°
 (complètement fermées)
 en haut: 0°
 (position horizontale)



12. Store extérieur en toile, à projection



Caractéristiques, mode d'emploi

Dispositif constructif

Le store descend d'abord droit le long de la fenêtre et peut être ensuite étendu en auvent grâce à un bras articulé. Si le soleil est haut, il suffit parfois d'assombrir la partie supérieure de la fenêtre; si le soleil baisse mais reste trop intense, il faut alors fermer complètement le store.

Protection solaire

Suivant la sorte de toile utilisée, les valeurs «g» peuvent atteindre 0.15, voire moins. L'intérieur du bureau reste donc suffisamment lumineux.

Lutte contre les éblouissements

Les toiles de couleur claire exposées en plein soleil atteignent des intensités lumineuses voisines de 5000 cd/m², ce qui entraîne des problèmes de contre-jours. Il vaut mieux utiliser des toiles plus sombres, si l'on veut protéger un poste de travail près de la fenêtre. Pour le travail à l'écran, il faudra prévoir un rideau individuel complémentaire.

Eclairage de la pièce

Comme déjà dit, ce n'est que le soir ou en hiver qu'on doit baisser le store complètement. Sinon, le store rest ouvert dans sa partie inférieure et la lumière du jour peut ainsi pénétrer en suffisance dans la pièce. L'avantage de stores de couleur claire, c'est que, en plein soleil, ils diffusent une lumière tamisée agréable dans le bureau; mais si l'on choisit une couleur trop claire, on risque l'éblouissement à certaines occasions. Pour se prémunir contre ce risque, il vaut mieux se décider pour des couleurs plus sombres, telles que bleu ciel, vert clair ou gris.

Relation avec l'extérieur

Un bon contact avec le monde extérieur est maintenu par la partie inférieure de la fenêtre.

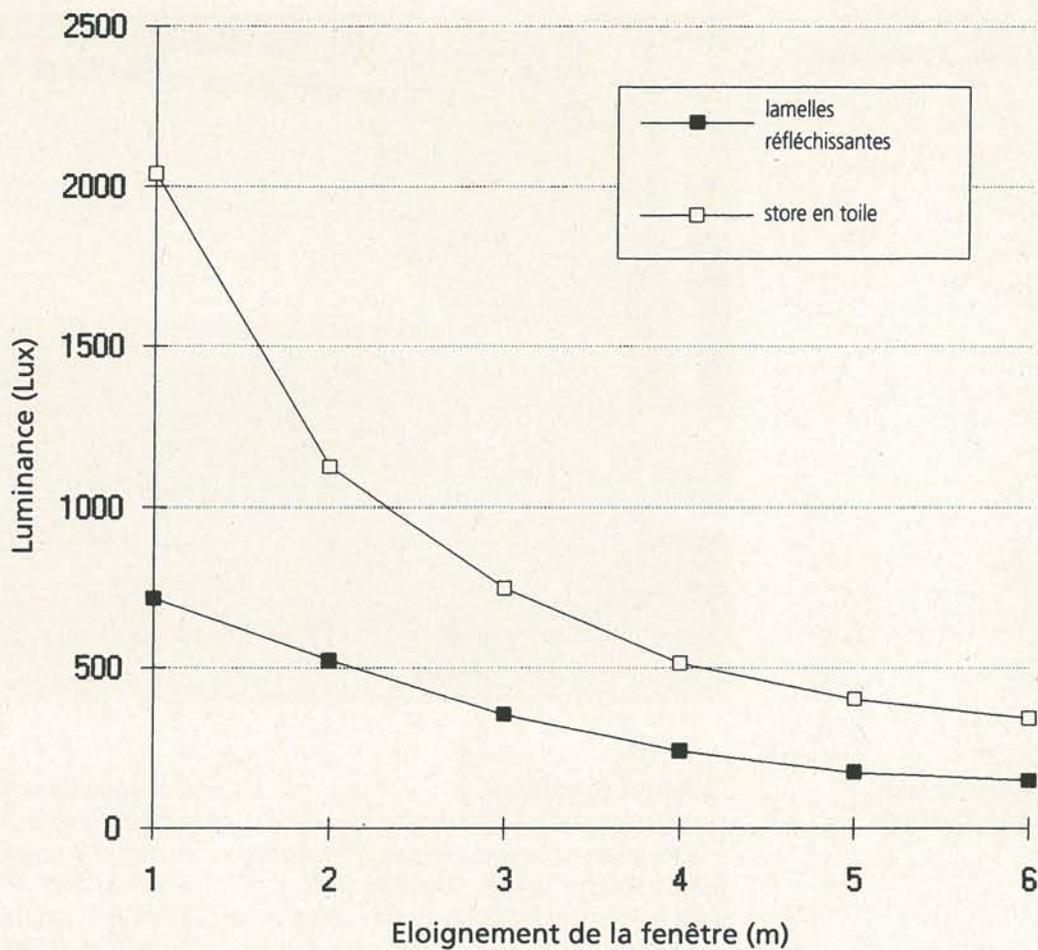
A recommander

Pour les salles de classes, les bureaux sans de trop hautes exigences relatives aux éblouissements, enfin pour les logements.

**Store extérieur en toile,
à projection**

Valeurs-types mesurées:

Comparaison entre un
store en toile de couleur
blanche, dans la partie
supérieure de la fenêtre, et
un store à lamelles
réfléchissantes
Ciel clair
façade ensoleillée
Heure 12 h 30



13. Film déroulable intégré au vitrage isolant



Caractéristiques, mode d'emploi

Dispositif constructif

Un film semi-transparent à haut pouvoir réfléchissant peut se dérouler entre deux vitres, par exemple d'un vitrage isolant, ou sur la face interne de n'importe quel autre vitrage. En général, cette installation est pilotée électroniquement, grâce à un petit moteur électrique.

Protection solaire

Le rayonnement solaire direct qui a traversé la première vitre rencontre le film et est aussitôt renvoyé vers l'extérieur, sans modification de longueur d'ondes. On peut atteindre de la sorte un $g = 0.15$, suivant la sorte de film que l'on choisit.

Lutte contre les éblouissements

Comme il n'y a qu'une faible part du rayonnement incident qui parvient à franchir le film métallisé, l'intensité lumineuse de la fenêtre est sensiblement diminuée et peut devenir supportable si l'on a choisi un type de film à la hauteur de ses exigences.

Eclairage de la pièce

Comme tous les systèmes dynamiques, il est possible de relever la protection quand on n'en a plus besoin, ce qui permet de laisser entrer autant de jour que l'on veut.

Flexibilité d'utilisation

Il est possible de monter l'installation dans n'importe quel sens, donc aussi pour que le film se déroule de bas en haut. Ainsi, on peut ouvrir une fente plus ou moins large en haut de la fenêtre pour laisser entrer du jour sans en être dérangé.

Relation avec l'extérieur

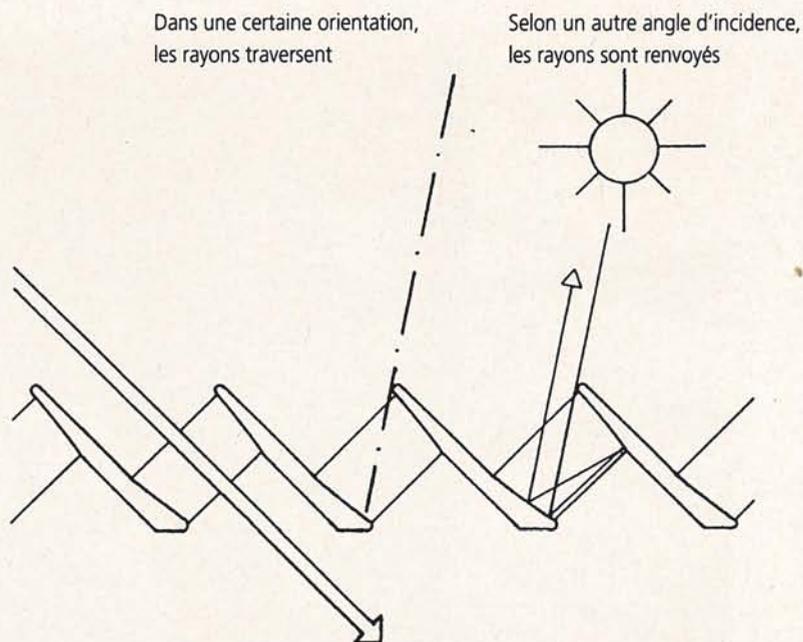
La vue vers l'extérieur se fait à travers le film semi-transparent.

A recommander

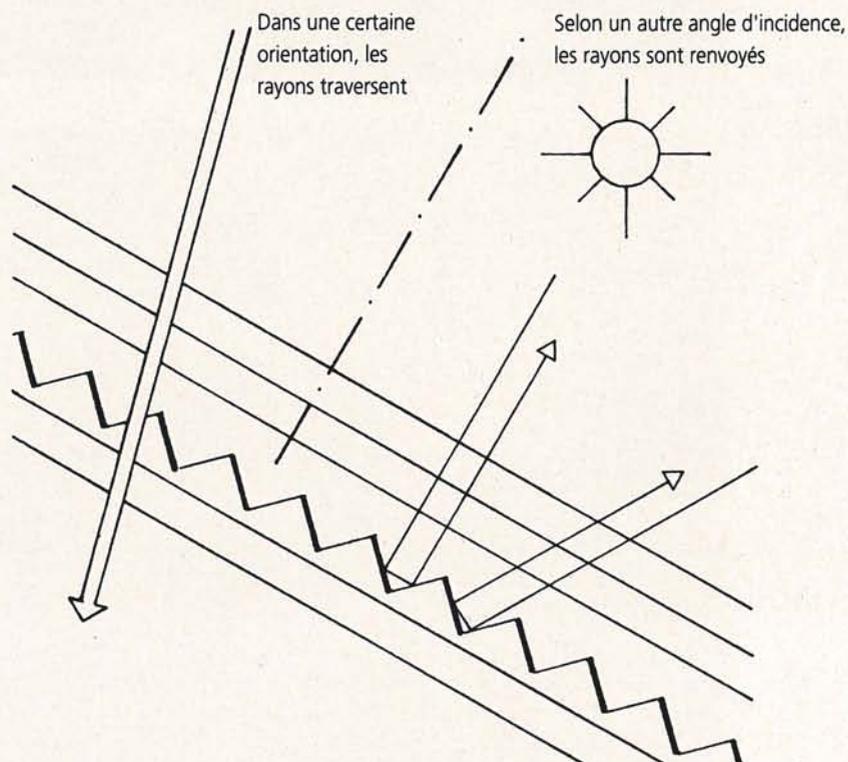
Surtout pour les bureaux, pour lesquels il faut garantir à la fois une bonne protection thermique estivale et une bonne communication avec le monde extérieur.

3.4 Lanterneaux et verrières – Esquisses et illustrations

1. Tamis à lumière



2. Verre prismatique



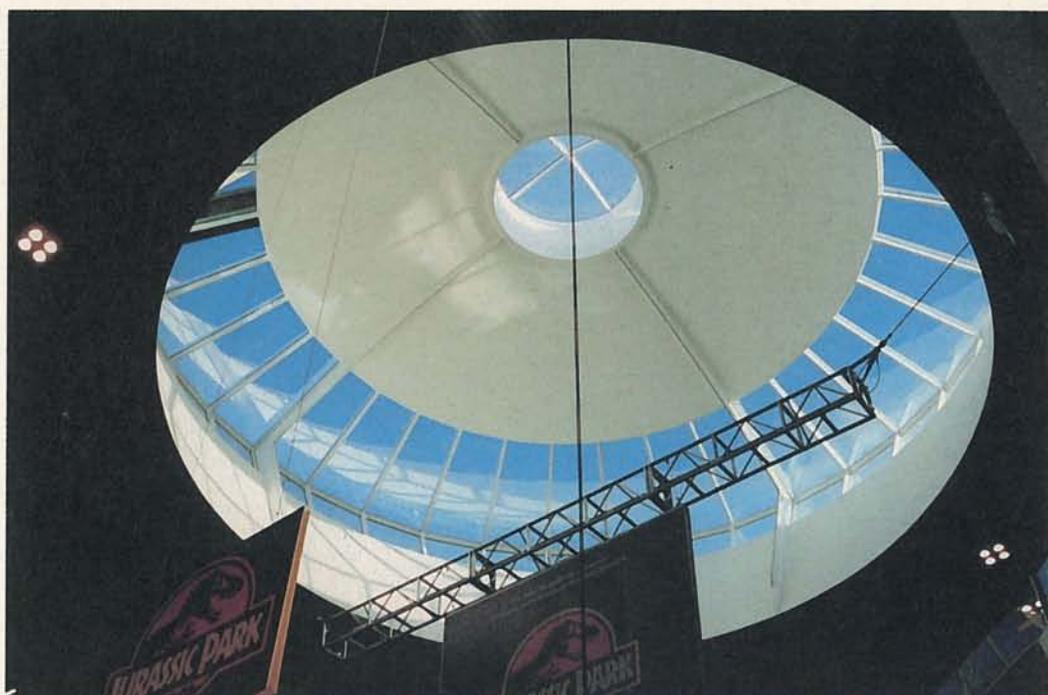
3. Verrière en bâtière



4. Film réfléchissant mobile à l'intérieur du vitrage isolant



5. Verre isolant traité



6. Stores extérieurs en
toile



7. Serre à toit ouvrant



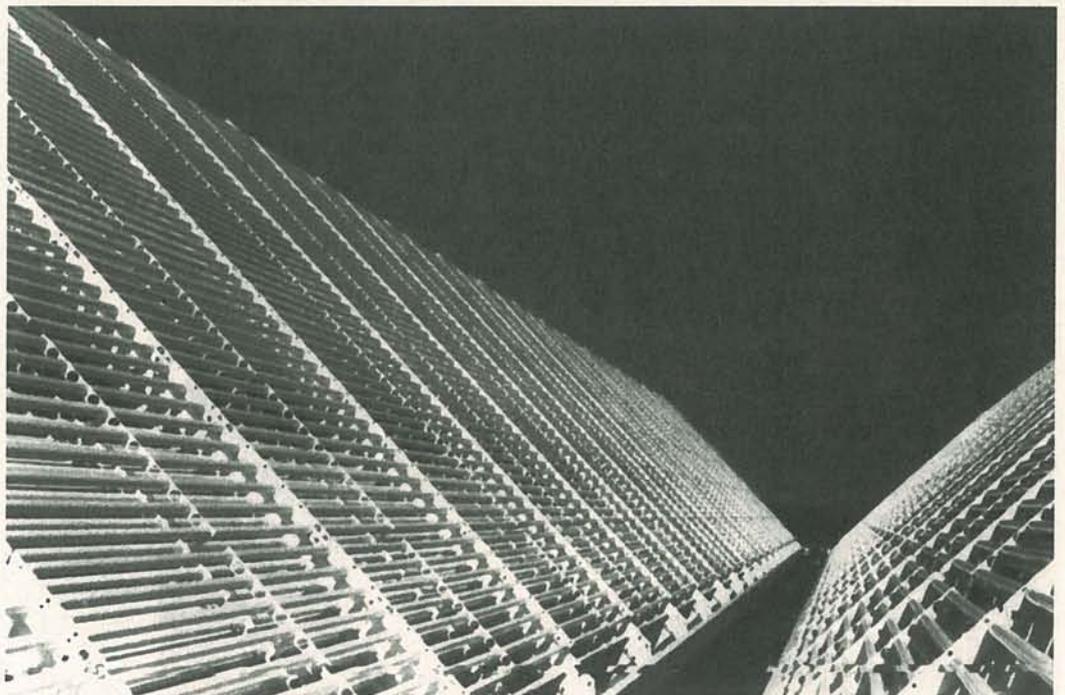
8. Grandes lamelles orientables



9. Grillage protecteur fixe



10. Grille à tubulures mobiles déphasables



Liste des fabricants

Type de produit	Firme productrice	Type de produit	Firme productrice
Stores à lamelles réfléchissantes	Baumann AG Rolladenfabrik Zugerstrasse 162 8820 Wädenswil 01/782 51 11	Stores intérieurs «brise-vue» dépliés VEROSOL	STOSA Gysistrasse 6 5033 Buchs 064/22 97 55
	Schenker Storen AG Stauwehrstrasse 34 5012 Schönenwerd 064/40 55 11		
Systèmes à base de prismes Trames réfléchissantes	Siemens-Albis AG Rautistrasse 33 8047 Zürich 01/495 31 11	Stores extérieurs en toile	Baumann AG Rolladenfabrik Zugerstrasse 162 8820 Wädenswil 01/782 51 11
			Schenker Storen AG Stauwehrstrasse 34 5012 Schönenwerd 064/40 55 11
Stores à lamelles Systèmes de protection solaire	Solonia Sonnenschutz GmbH Birkenweiherstrasse 4 D-63505 Langenselbold 01/830 29 29	Réflecteurs à poser au sol	Colt International (Schweiz) AG Ruessenstrasse 5 6340 Baar 042/32 70 70
	Colt International (Schweiz) AG Ruessenstrasse 5 6340 Baar 042/32 70 70		Metallbau Hirsch AG Längfeldweg 115 2500 Biel 8 032/41 75 55
Verre diffuseur de lumière Protections anti-solaires	Okalux Kapillarglas GmbH D-97828 Marktheidenfeld-Altfield 09391/1041	Façades en verre amovibles	Metallbau Hirsch AG Längfeldweg 115 2500 Biel 8 032/41 75 55
Films déroulables intégrés au verre isolant	Glas AG Chur, Industriestrasse 1 7001 Chur 081/24 21 21		
	AGERO AG Hauptstrasse 6 8255 Schlattigen 053/37 26 11		

4. Annexes

4.1 Le programme DIANE en bref

4.2 L'équipe de consultants

4.3 Bibliographie

4.1 *Le programme DIANE en bref*

Savoir conduire la lumière en architecture: un art à redécouvrir

Le programme DIANE est soutenu par l'Office fédéral de l'énergie dans le cadre d'Énergie 2000. Il a commencé en 1992 et durera jusqu'en 1996. Son objectif a été défini, de manière laconique ainsi: Vivre mieux et gaspiller moins à la lumière du jour. DIANE peut être utile en priorité dans les bâtiments administratifs, industriels ou scolaires, qu'ils soient neufs ou en rénovation, et concerne les maîtres d'ouvrage comme les gérants d'immeubles. Les architectes et les techniciens du bâtiment y trouveront des bases de calcul, des idées de réalisation et des conseils individualisés. Les maîtres d'ouvrage, quant à eux, seront heureux d'y trouver un cahier des charges tout fait pour ces questions d'éclairage par la lumière naturelle.

L'esprit du programme est de promouvoir une démarche conséquente qui intègre l'utilisation optimale de la lumière naturelle dès la conception du produit architectural. L'architecte doit pouvoir mettre en œuvre des solutions simples et élégantes qui accroîtront le bien-être des utilisateurs sans surcoût important et sans augmentation de la consommation d'énergie... bien au contraire!

L'équipe DIANE offre les outils suivants:

Conseil et orientation sur vos propres projets; documentation; exemples; programmes de calcul informatisés, résultats de mesures; séances d'information; conférences itinérantes; visions locales organisées; séminaires de réflexion; panneaux d'exposition mobiles; mise à disposition du module expérimental pour tester vos solutions.

Le programme DIANE poursuit trois axes:

A court terme, permettre de réelles économies d'énergie lors de rénovations de bâtiments. Des solutions simples peuvent y conduire, comme l'utilisation de stores réfléchissants, l'automatisation combinée de l'ombrage et de l'éclairage et le choix de nouveaux systèmes d'éclairage naturel.

A moyen terme, essayer d'éviter les fautes de planification dans la conception des projets et les solutions bâtarde de captage de lumière naturelle, choses qu'on rencontre encore régulièrement.

A long terme, notre but est de marquer l'architecture d'une nouvelle tendance, en y introduisant plus de goût pour la lumière naturelle.

4.2 *L'équipe de consultants*

Directeur du programme

Miklos Kiss
EWI Ingenieure + Berater
Bellerivestrasse 36, 8034 Zurich
Tél. 01-385 27 81, Fax 01-385 26 52

Direction du projet

Martin Bänninger
Schweiz. Bankgesellschaft
LIEG/LIHE
Bahnhofstrasse 45, 8021 Zurich
Tél. 01-236 62 03, Fax 01-236 67 13

M. Yves Golay

Atelier des Tonnelles
Ch. des Tonnelles 4, 1004 Lausanne
Tél. 021-24 07 01, Fax 021-24 67 21

Dr. Martin Lenzlinger

Industrielle Betriebe der Stadt Zürich
Amtshaus II
Bahnhofquai 5, 8023 Zurich
Tél. 01-216 26 24, Fax 01-212 19 30

Ruedi Luginbühl und Markus Hubbuch

EWI Ingenieure und Berater
Bellerivestrasse 36, 8034 Zurich
Tél. 01-385 27 91, Fax 01-385 26 52

Bruno Späti

Architekt SIA
Zwängiweg 13, 8038 Zurich
Tél. 01-482 66 20, Fax 01-482 66 59

Daniela Guex-Joris

Architekturbüro
Guex-Joris + Tasnady
Bergstrasse 58, 8706 Meilen
Tél. 01-923 61 20, Fax 01-923 63 74

Reto Miloni

dipl. Architekt ETH/SIA
Martinsbergstrasse 42, 5400 Baden
Tél. 056-21 77 09, Fax 056-21 71 12

Sigrid Hanke

Medienarbeit
Hottingerstrasse 18, 8032 Zürich
Tél. 01-262 66 33, Fax 01-262 68 68

Liste des conseillers pour la Suisse romande

LESO-PB/EPFL
Prof. J.-L. Scartezzini
B. Paule
1015 Lausanne
Tél. 021-693 45 45, Fax 021-693 27 22

SORANE SA

D. Chuard
Route du Châtelard 52, 1018 Lausanne
Tél. 021-647 11 75, Fax 021-646 86 76

E. Novello

Architecte
Union 15, 1800 Vevey
Tél. + Fax 021-921 86 36

F. Teodori

Architecte
Florimont 1, 1006 Lausanne
Tél. + Fax 021-311 60 81

Renseignements auprès de

Rolf Ernst *
Architecte dipl. EPFL/SIA/FUS
c/o Communauté d'Architectes La Sarraz
Grand Rue 32, 1315 La Sarraz
Tél. 021-866 78 44, Fax 021-866 75 85

Service de presse

Daniel Notter
LESO-EPFL
Ecublens CP 12, 1015 Lausanne
Tél. 021-693 45 50, Fax 021-693 27 22

* membre de la direction du projet depuis l'été 1994

4.3 Bibliographie

Bestelladresse

Adresse de commande

SLG
Schweizerische Lichttechnische Gesellschaft
ASE
Association suisse d'éclairage
Postgasse 17, 3011 Bern
Tel. 031/312 22 51
Fax 031/312 12 50

Association française de l'Eclairage
LUX, 52, Bd. Malesherbes, F-75008 Paris
tél. 00331/43 87 21 21, fax 43 87 16 98

SIA
Selnaustrasse 16, 8039 Zürich
Tel. 01/283 15 15, Fax 01/ 201 63 35

DIANE-Berichte bei den Autoren:

György Barath, Etzelstrasse 7, 8038 Zürich
Tel. 01/482 62 68

Références des ouvrages

Referenzen

- **Leitsätze für die natürliche und künstliche Beleuchtung von Turn-, Sport- und Mehrzweckhallen**
- **Recommandations pour l'éclairage naturel et artificiel des halles de gymnastique, de sport et à usages multiples**
SN 418904
- **Leitsätze für die natürliche und künstliche Beleuchtung von Schulen**
Recommandations pour l'éclairage naturel et artificiel des bâtiments scolaires
SN 418905
- **Innenraumbelichtung mit künstlichem Licht, 1. Teil: Allgemeine Richtlinien**
Eclairage intérieur par la lumière artificielle, 1ère partie: Directives générales
SN 418912
- **Innenraumbelichtung mit Tageslicht**
- **Eclairage intérieur par la lumière du jour**
SN 418911
- **International lighting vocabulary, 4th ed.**
CIE no 17.4, 1987
- **La lumière du jour dans les espaces intérieurs**
Lux, 1983
- **Les sources de lumière**
Lux, 1987
- **Guide pour l'éclairage des musées, des collections particulières et des galeries d'art**
Lux, 1991
- **Photométrie en éclairage – Application aux calculs des éclairagements**
Lux, 1991
- **Recommandation no 380/4**
L'énergie électrique dans le bâtiment
- **Empfehlung Nr. 380/4**
Elektrische Energie im Hochbau

• Messberichte 1993–1994:

- Tageslichtleitende Lamellenstoren
- Modellraum DIANE
- Bewegliche Aussenreflektoren der Firma COLT
- SOLONIA Klima-Servicefassade
- Deckenreflektoren
- SIEMENS Prismenlamellen-System, OKASOLAR Sonnenschutz, Optiwhite Weissglas
- Kippmarkise, bewegliche Glasfassade, Bodenreflektor
- Projektbezogene Beratungen, 1993

Zweifel + Glauser + Partner Architekten
Seefeldstrasse 152, 8034 Zürich
Tel. 01/383 24 00

Bruno Späti, Architekt SIA
Zwängiweg 13, 8038 Zürich
Tel. 01/482 66 20, Fax 01/482 66 59

- **Lichtprojekte**
DIANE 1993
- **Gestaltungsprinzipien für Tageslicht**
DIANE 1994

Publications en français en relation avec le programme DIANE

Laboratoire d'énergie solaire (Daniel Notter)
LESO-EPFL, CP 12, 1015 Lausanne
tél. 021/693 45 45, fax 021/693 27 22

- Courret/Paule/Scartezzini:
L'optique anidolique appliquée à l'éclairage naturel
DIANE 1994
- Courret/Paule:
Application de l'optique anidolique à l'éclairage zénithal d'un atrium
CUEPE, 1994
- Courret/Paule/Scartezzini:
L'optique anidolique appliquée à l'éclairage naturel pour le bâtiment du CRPP-EPFL
CUEPE, 1993
- Courret/Paule/Scartezzini:
Gestion optimale des stores à lamelles orientables
CUEPE, 1993
- Chuard/Richter:
EOS, Extension du siège administratif, études sous ciel artificiel
DIANE 1994
- Granero/Jaggi:
Etude de l'éclairage naturel d'une salle de classe de l'école du Val d'Arve
DIANE 94
- Mangeat/Vahlen:
Centre d'entretien mixte de la Transjurane: Performances d'un système d'ouverture en façade
DIANE, 1994
- Cucinella/Santos:
Maison Kunz, Bernex: Etude et réalisation d'une cheminée de lumière
DIANE 1993

Berichte aus anderen Energieforschungsprogrammen:

VdF Hochschulverlag AG (ETHZ)
Voltastrasse 24, 8044 Zürich
Tel. 01/632 42 42

Bundesamt für Konjunkturfagen
Bern

- **Strom rationell nutzen**
RAVEL-Handbuch
Bundesamt für Konjunkturfagen, 1992
- **Neuer Komfort mit Tageslicht**
RAVEL Dokumentation
1995. 724.306 d/f
zu beziehen bei: EDMZ, 3003 Bern

Publications en français en relation avec d'autres programmes

Laboratoire d'énergie solaire (Daniel Notter)
LESO-EPFL, CP 12, 1015 Lausanne
tél. 021/693 45 45, fax 021/693 27 22

- **L'électricité à bon escient**
Manuel RAVEL, OFQC, 1992
no 724.302 f
- **La lumière naturelle à bon escient**
Manuel RAVEL, à paraître
no 724.310 f
- **Eléments d'éclairagisme, bureaux, industrie, surfaces de vente**
Document multi-pack RAVEL, OFQC, 94
no 724.329.0 f
- Scartezzini/Michel/Roecker/Rhyner:
Laboratoire de lumière naturelle
LUMEN 1994
- Scartezzini/Compagnon/Ward/Paule:
Outils informatiques en lumière naturelle
NEFF 1994

Im Buchhandel / En librairie

- **Tageslicht in Innenräumen**
DIN 5034
- Dagmar Becker Epsten:
Tageslicht und Architektur
Verlag C.F. Müller, Karlsruhe, 1986
- William M.C. Lam:
Sunlighting as a formgiver for architecture
Van Nostran Reinhold Comp. Inc. NY, 1986
- Benjamin H. Evans:
Daylight in architecture
Architectural Record Books, USA, 1981
- **Introduction à l'éclairagisme**
Ed. Eyrolles, Paris, 1992
- P. Vandeplanque:
L'éclairage, notions de base, projets d'installation
Ed. TEC & DOC, Paris, 1984
- P. Chauvel:
Guide de l'éclairage naturel et artificiel dans les établissements scolaires
Ed. Ministère de l'éducation nationale, de la jeunesse et des sports,
Paris, 1989
- Chauvel/Perraudeau/Despretz/Michel:
Guide de l'éclairage des grandes surfaces de vente
Agence pour la maîtrise de l'énergie, Sophia-Antipolis, 1988
- **Eclairage naturel et éclairage artificiel de complément dans l'habitat et dans les lieux de travail**
Ministère chargé de la santé, Ed ADHEB, F-35650 Le Rheu, 1990
- **La lumière à l'ordre du jour**
Ministère chargé de la santé, Ed ADHEB, F-35650 Le Rheu, 1990
- **Achtung Baustelle**
Pierre Zoelly/Miklos Kiss
Birkhäuser Verlag, Basel