Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 92 (1966)
Heft: 14

Artikel: Surfaces vitrées et climatisation
Autor: Wild, Ernest
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-68379

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

92e année Lausanne, 16 juillet 1966 N° 14

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les 15 jours

ORGANE OFFICIEL
de la Société suisse des ingénieurs et des architectes
de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes (SVIA)
de la Section genevoise de la SIA
de l'Association des anciens élèves de l'EPUL (Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne)
et des Groupes romands des anciens élèves de l'EPF (Ecole polytechnique fédérale de Zurich)

COMITÉ DE PATRONAGE
Président: E. Martin, arch. à Genève
Vice-président: E. d'Okolski, arch. à Lausanne
Secrétaire: S. Rieben, ing. à Genève
Membres:
Fribourg: H. Gicot, ing.; M. Waeber, arch.
Genève: G. Bovet, ing.; Cl. Grosgurin, arch.; J.-C. Ott, ing.
Neuchâtel: J. Béguin, arch.; M. Chevalier, ing.
Valais: G. de Kalbermatten, ing.; D. Burgener, arch.
Vaud: A. Chevalley, ing.; A. Gardel, ing.; M. Renaud, ing.; J.-P. Vouga, arch.

CONSEIL D'ADMINISTRATION
de la Société anonyme du « Bulletin technique »
Président: D. Bonnard, ing.
Membres: Ed. Bourquin, ing.; G. Bovet, ing.; M. Bridel; J. Favre, arch.; A. Robert, ing.; J.-P. Stucky, ing.
Adresse: Avenue de la Gare 10, 1000 Lausanne

RÉDACTION
D. Bonnard, E. Schnitzler, S. Rieben, ingénieurs; M. Bevilacqua, architecte
Rédaction et Editions de la S.A. du « Bulletin technique »
Tirés à part, renseignements
Avenue de Cour 27, 1000 Lausanne

ABONNEMENTS

1 an	Suisse	Fr. 40.—	Etranger	Fr. 44.—
Sociétaires	»	» 33.—		
Prix du numéro . . .	»	» 2.—	»	» 2.50

Chèques postaux: « Bulletin technique de la Suisse romande », N° 10 - 5775, Lausanne

Adresser toutes communications concernant abonnement, vente au numéro, changement d'adresse, expédition, etc., à: Imprimerie La Concorde, Terreaux 29, 1000 Lausanne

ANNONCES
Tarif des annonces:

1/1 page	Fr. 385.—
1/2 »	» 200.—
1/4 »	» 102.—
1/8 »	» 52.—

Adresse: Annonces Suisses S.A.
Place Bel-Air 2. Tél. (021) 22 33 26, 1000 Lausanne et succursales

SOMMAIRE

Surfaces vitrées et climatisation, par Ernest Wild.
Divers. — Société suisse des ingénieurs et des architectes. — Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne.
Documentation générale. — Documentation du bâtiment. — Informations diverses.

SURFACES VITRÉES ET CLIMATISATION

par ERNEST WILD

Jamais, dans le domaine de la construction, les problèmes relatifs aux vitrages ne se sont posés de manière aussi précise qu'aujourd'hui, où les surfaces vitrées peuvent couvrir les neuf dixièmes de la façade (fig. 1).

Dans un château, par exemple, les problèmes d'infiltration solaire sont bien sûr extrêmement réduits, car la transmission de chaleur à travers un mur d'environ 1 m d'épaisseur n'est perceptible que vers minuit, et à ce moment, elle présente donc plutôt un avantage qu'un inconvénient. Il n'est certes pas nécessaire de mentionner ici que l'époque des fenêtres miniatures est révolue. Le confort, dans les habitations modernes, ne se conçoit plus aujourd'hui sans de grandes surfaces vitrées, ce qui pose toutefois d'importants problèmes aux architectes et aux experts en climatisation.

Confort

On s'est aperçu que les locaux délimités par de grands pans de murs, percés eux-mêmes de petites fenêtres, procurent une impression de claustration, peu propice au travail humain. C'est pourquoi bien des architectes préconisent aujourd'hui de grandes surfaces vitrées, qui confèrent aux bâtiments une étonnante transparence, et permettent d'excellentes conditions de travail.

Il n'est pas superflu de rappeler ici que toute construction doit être adaptée le mieux possible aux fonctions qui lui sont attribuées, et que les locaux de travail où l'homme passe une bonne partie de son existence doivent présenter un maximum de confort lumineux, acoustique et thermique (bibliographie 6).

Utilisation des locaux

L'auteur s'est livré à différentes études relatives aux surfaces de sol nécessaires à chaque individu, et ceci notamment pour des bureaux techniques et commerciaux. Les écarts qui sont apparus dans ce domaine au cours des trente dernières années sont significatifs. Ainsi par exemple, alors qu'il fallait compter une surface au sol de 15 à 20 m² par individu dans des locaux présentant de grandes surfaces aveugles, on a pu ramener ce chiffre à 6,5 m² dans le cas du bâtiment de la figure 1, pour des bureaux techniques, et à 7,4 m² pour des locaux commerciaux destinés à un seul employé. On

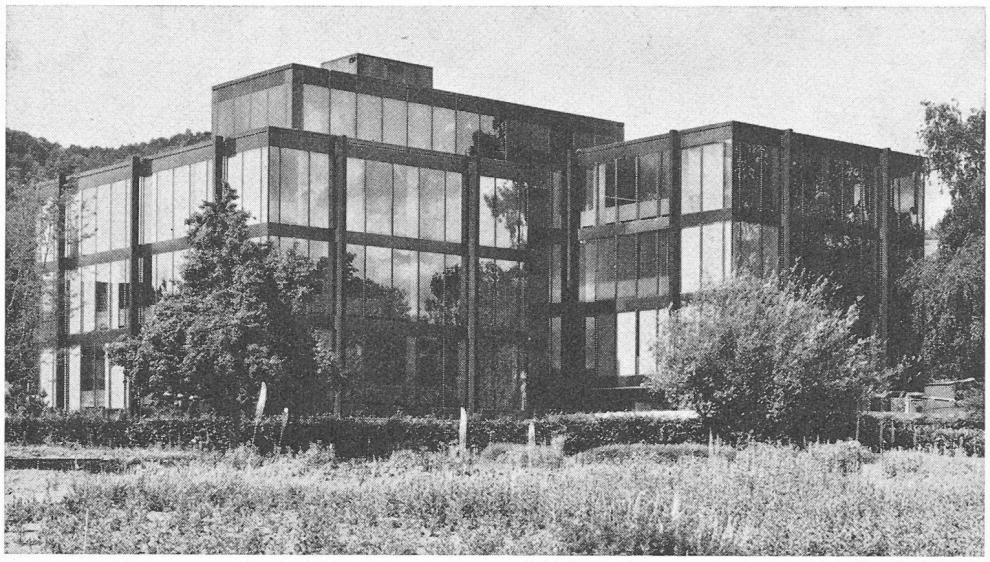

Fig. 1. — Façade du bâtiment de *Ventilation S.A.*, à Stäfa, équipé de verres « Stop-Ray ».

On aperçoit les stores à lamelles verticales.

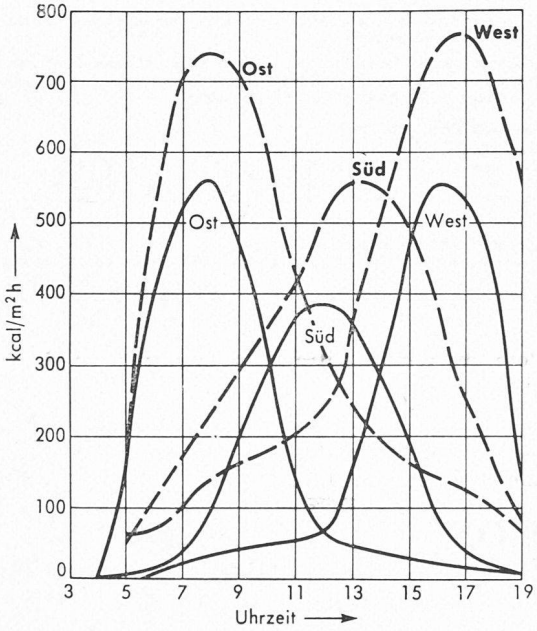

Fig. 2. — Comparaison de l'intensité du rayonnement solaire :

En trait continu : valeurs selon Guide 1956.
En trait interrompu : valeurs mesurées à Dusseldorf en 1960.

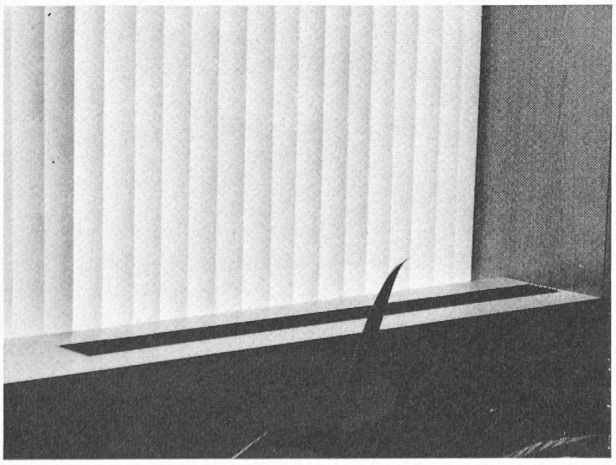

Fig. 3. — Grille de pulsion d'une installation de climatisation à haute pression et persiennes à lamelles verticales « Protecta-Sol ».

s'aperçoit ainsi qu'un accroissement du confort se traduit par une bien meilleure utilisation des locaux.

Bâtiments hauts

Pour les bâtiments hauts, d'autres problèmes se posent, de nature toute différente. Il s'agit notamment de l'influence du vent, dont la pression qu'il exerce aux étages supérieurs peut devenir tellement importante qu'on devrait aller jusqu'à y interdire l'ouverture des fenêtres, et ceci aussi bien pour des raisons de statique que purement fonctionnelles.

Le problème de la protection solaire, qui intervient également, peut entraîner des frais importants.

Protection solaire

On se trouve ici au cœur même du problème. En effet, le problème de la protection contre l'ensoleillement prend beaucoup d'importance, même à notre latitude où les valeurs moyennes de rayonnement global s'établissent à environ 640 kcal/m²/h (fig. 2).

Dans les petites habitations, on adopte volontiers les stores à lamelles extérieurs, qui réduisent de 30 % environ les infiltrations de chaleur. Bien entendu, même lorsque les fenêtres sont protégées de la sorte, une quantité importante de chaleur pénètre dans les locaux par rayonnement secondaire (bibliographie 1).

Par contre, dans le cas de bâtiments en béton, les dispositifs de protection sont rarement esthétiques et peuvent entraîner, de ce fait, des difficultés d'ordre architectural, tout en ne présentant pas la meilleure solution.

Enfin, pour les bâtiments hauts les stores à lamelles extérieurs peuvent difficilement être adoptés en raison même de la violence du vent aux étages supérieurs. On peut dire qu'aucun des dispositifs de protection contre l'ensoleillement n'a vraiment donné satisfaction jusqu'à aujourd'hui.

Actuellement, il semble bien que la meilleure solution consiste en un vitrage fixe, équipé d'un verre de type

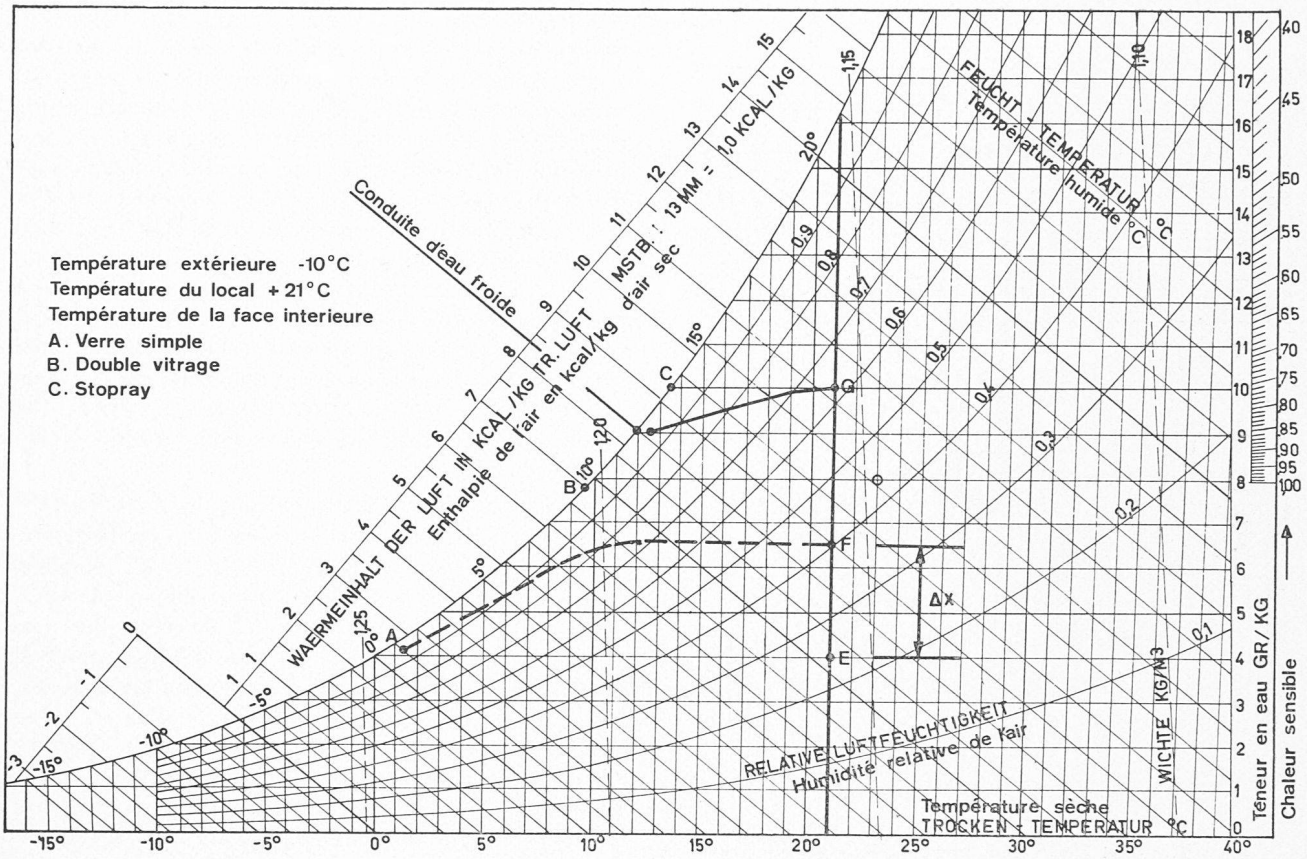

Fig. 4. — Diagramme T, x, mentionnant les exemples décrits dans le texte.

« Stop-Ray » et complété de stores à lamelles intérieurs (persiennes verticales « Protecta-Sol ») (fig. 3).

Verre et fenêtre

Les vitrages fixes représentent la meilleure solution et occasionnent un minimum de frais d'entretien. Le verre de type « Stop-Ray » réfléchit la majeure partie des rayons infrarouges, alors que les persiennes intérieures, à lamelles verticales, blanches et orientables, diffusent une lumière douce et constante. Alors qu'auparavant les fenêtres laissaient passer une lumière d'intensité très variable et crue, la solution décrite supprime les effets de clair-obscur et les trop violents contrastes, réduisant ainsi la fatigue des yeux.

Transmission de chaleur et condensation

L'apparition de condensation sur les vitrages pose à l'architecte un problème qui mérite d'être traité ici, même brièvement.

En nous référant au diagramme psychrométrique (fig. 4), nous nous proposons de comparer trois types de vitrage, et ceci pour une température de —10°C à l'extérieur et de 21°C à l'intérieur.

Pour du simple vitrage, l'humidité relative de l'ambiance ne doit pas dépasser 25 %, car, au-dessus de cette valeur, il y a formation de buée sur le vitrage.

Pour du double vitrage, la situation est déjà bien meilleure ; en effet, la température de la face intérieure du vitrage monte à 9,5°C, si bien que l'humidité relative dans le local peut atteindre 48 % sans apparition de condensation. Enfin, dans le cas d'un vitrage « Stop-Ray », la température de la face intérieure s'élève à 14°C, ce qui autorise une humidité relative de 63 %.

A titre indicatif, on peut signaler que les trois vitrages mentionnés plus haut ont été disposés sur une même

Coefficient global de transmission en fonction de l'espace d'air pour des doubles vitrages

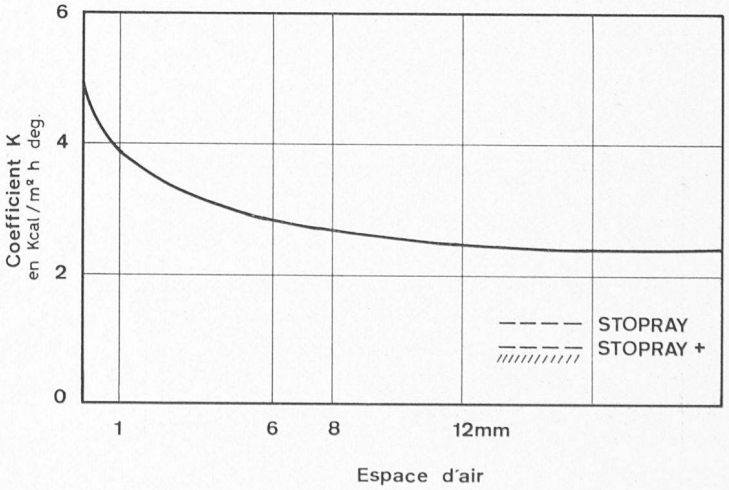

Fig. 5. — Coefficient global de transmission en fonction de l'épaisseur de la lame d'air entre les deux vitres.

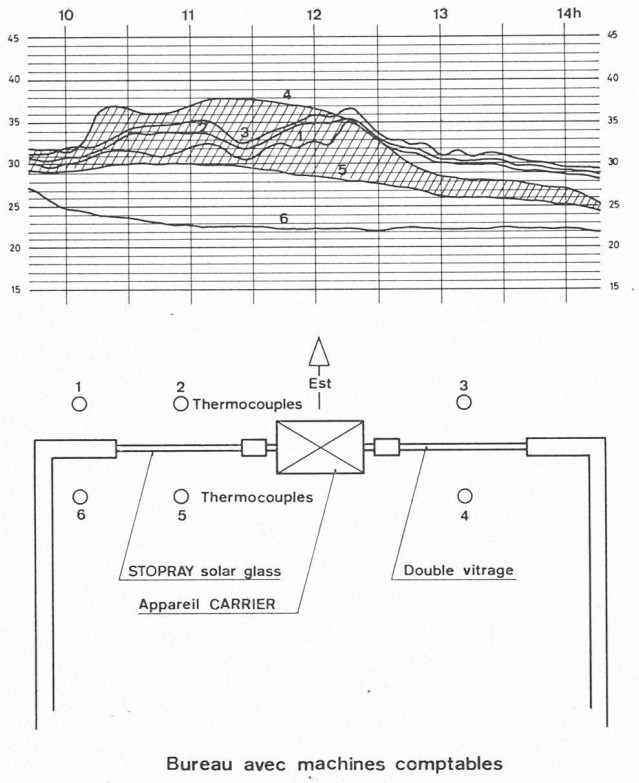

Fig. 6. — Résultat des essais mentionnés dans le texte. Installation de climatisation en service.

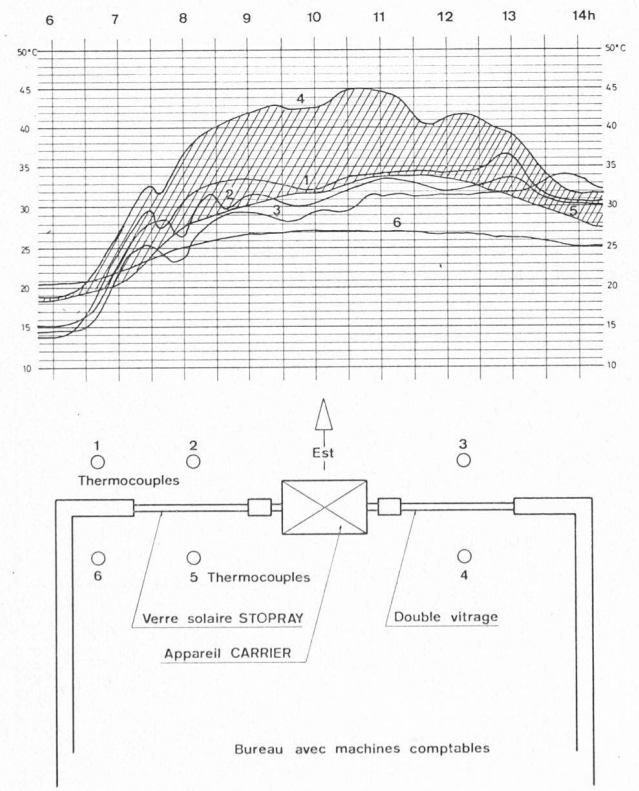

Fig. 7. — Résultat des essais mentionnés dans le texte Installation de climatisation hors service.

façade, et donc soumis aux mêmes conditions intérieures et extérieures ; on a alors relevé les températures régnant à la face intérieure des vitrages. Par exemple, pour le simple vitrage, la température relevée était de 0°C. En examinant alors le diagramme psychrométrique, on constate ceci : en traçant à partir de 0°C une horizontale (x constant), on obtient un point d'intersection E avec la température du local (21°C), ce qui correspond à une humidité relative de 25 %. Si le taux d'humidité du local est inférieur à cette valeur et se situe par exemple à 40 % (point F), un processus de refroidissement de l'air apparaît selon le chemin pointillé de F à A. L'air ne pouvant renfermer que 4 g d'eau par kg d'air sec, une quantité d'eau de 2,5 g par kg d'air sec sera libérée sous forme de condensation à la face interne du vitrage.

On peut remarquer également que de la condensation apparaîtrait sur une conduite d'eau non isolée (eau à 12°C) et qui traverserait un local climatisé (point G).

Avant de passer à l'examen des problèmes de transmission de chaleur, il est intéressant de relever les essais comparatifs auxquels se livra la maison Ventilation S.A., à Stäfa, en juin 1962. L'un des vitrages d'un local (côté est) fut équipé de verre « Stop-Ray », l'autre vitrage demeurant inchangé (double vitrage normal). La climatisation étant assurée par des appareils de fenêtre « Carrier », on enregistra la température en six points différents et dans deux cas d'exploitation : avec les appareils de climatisation en fonctionnement (essai du 15 juin 1962, voir fig. 6) et avec les appareils à l'arrêt (essai du 17 juin 1962, voir fig. 7).

Etude comparative de la transmission à travers des vitrages type « Thermopane » et à travers des vitrages type « Stop-Ray »

Dans les deux cas, le vitrage se compose de deux feuilles distantes de 12 mm et épaisses de 5 mm chacune. Un verre clair et un verre absorbant pour le « Thermopane » ; surface intérieure du verre extérieur traitée, dans le cas du « Stop-Ray ».

Le spectre solaire (fig. 8, courbe 1), qui donne la répartition de la lumière solaire directe sur le sol, a été obtenu à partir de la répartition spectrale de l'intensité solaire hors de notre atmosphère, moyennant certains correctifs (graphiques de Frauenhofer, voir bibliographie 3). Par contre, on n'a pas tenu compte de correctifs tels que l'absorption de vapeur d'eau, la répartition des vapeurs et la répartition de Rayleigh, car ils subissent de fortes variations suivant les conditions atmosphériques, le moment de la journée et la saison. Ainsi donc, l'énergie solaire de la courbe 1 correspond à un cas considéré comme extrêmement défavorable en climatisation (journée d'été, ciel clair, air sec sans poussières, soleil haut).

Les variations atmosphériques exercent à peu près la même influence sur tous les types de verre, et cette influence sur le taux d'énergie incidente transmise par le vitrage est minime (moins de 1 %), ce qui permet une comparaison valable des différents types de vitrages.

La transmission est mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre « Zeiss » PMQ II, pour une incidence perpendiculaire (fig. 8, courbe 2). Les taux de transmission sont évalués à $\pm$ 0,5 % près.

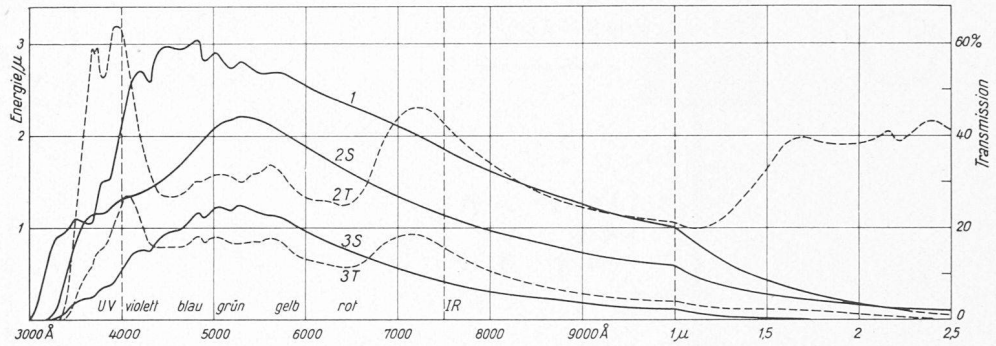

Fig. 8. — Mesures de transmission à travers des vitres « Thermopane » et « Stop-Ray », à l'aide d'un photomètre spectral Zeiss PMQ II.

Courbe 1 : spectre de l'énergie solaire rayonnée.
Courbes 2 S et 2 T : transmission relative du « Stop-Ray » (courbe 2 S) et du « Thermopane » (courbe 2 T).
Courbes 3 S et 3 T : distribution de l'intensité du rayonnement solaire derrière la vitre, pour le « Stop-Ray » (courbe 3 S) et le « Thermopane » (courbe 3 T).

Il faut souligner ici que les valeurs mesurées ne sont applicables que lorsque les rayons solaires sont perpendiculaires au vitrage. La comparaison demeure cependant toujours possible, pour autant que tous les verres soient soumis aux mêmes conditions, la correction pour incidence oblique intervenant sous la forme d'un facteur commun de réduction.

L'adaptation des valeurs de transmission de la courbe 2 au spectre solaire devant la fenêtre (courbe 1) conduit à la courbe 3 (répartition de l'intensité du rayonnement solaire derrière le vitrage). Les surfaces sous chacune des courbes 1 et 3 représentent la première l'énergie incidente et la seconde l'énergie transmise.

Répartition de l'énergie rayonnée :

— dans l'ultraviolet	5,4 %
— dans le visible	47,3 %
— dans l'infrarouge	47,3 %

Le coefficient de transmission est défini ici comme étant le rapport de l'énergie transmise par le vitrage à l'énergie incidente. Voici les résultats obtenus par mesures, le coefficient de transmission étant exprimé en pour-cent :

	Type « Thermopane »	*Type « Stop-Ray »*
Globalement . . .	32,0 % ± 0,4 %	22,2 % ± 0,2 %
Dans l'ultraviolet .	38,2 % ± 0,5 %	17,5 % ± 0,3 %
Dans le visible . .	33,5 % ± 0,3 %	34,0 % ± 0,1 %
Dans l'infrarouge .	29,7 % ± 0,5 %	10,8 % ± 0,2 %

On constate que l'intérêt d'un vitrage de type «Stop-Ray » réside dans le fait que l'atténuation du rayonnement apparaît surtout dans l'infrarouge et beaucoup moins dans le visible.

Isolation thermique

Elle est déterminée par l'espace d'air entre les feuilles, mais n'est cependant pas proportionnelle à celui-ci. Des études sur la conductibilité thermique de vitrages isolants, en fonction de l'épaisseur de la lame d'air, ont démontré que, en pratique, l'isolation thermique optimum est obtenue avec un espace d'air de 12-13 mm et n'est que faiblement améliorée au-dessus de cette épaisseur (fig. 5).

Pour certaines utilisations spéciales, comme par exemple en technique du froid, on utilise des vitrages triples, quadruples, quintuples avec 2, 3, 4 lames d'air de 6,35 mm ou de 12 mm chacune.

Le tableau 1 prouve la supériorité du double vitrage sur le vitrage simple ordinaire (bibliographie 2). Le coefficient global de transmission thermique se calcule comme suit :

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \dots \frac{1}{\alpha_2}} \text{ (kcal/h/m}^2\text{/deg)}$$

où :

α_1 = coefficient de convection à l'intérieur ;
α_2 = coefficient de convection à l'extérieur ;
e_1, e_2 = épaisseur en mètres des différentes couches constituant la paroi.
λ_1, λ_2 = coefficient de conductibilité thermique des matériaux constituant ces parois.

En pratique, on adopte pour les coefficients de convection les valeurs suivantes :

α_1 = 7 kcal/h m² deg ;
α_2 = 20 kcal/h m² deg.

On tient compte également de :

λ_{verre} = 0,86 kcal/h m deg ;
λ_{air} = 0,048 kcal/h m deg pour une lame d'air de 6 mm ;
= 0,072 kcal/h m deg pour une lame d'air de 12 mm.

Les résultats qui figurent au tableau 2 ont été vérifiés expérimentalement.

L'économie annuelle de chaleur qui peut être réalisée grâce à l'utilisation du double vitrage au lieu du simple vitrage peut être calculée par :

$$(K_{SV} - K_{DV}) \cdot S \cdot \Delta T \cdot n$$

où :

K_{SV} = coefficient global de transmission, simple vitrage ;
K_{DV} = idem, pour double vitrage ;
S = surface vitrée en m² ;
ΔT = écart annuel moyen entre température intérieure et température extérieure ;
n = nombre d'heures de chauffage par an.

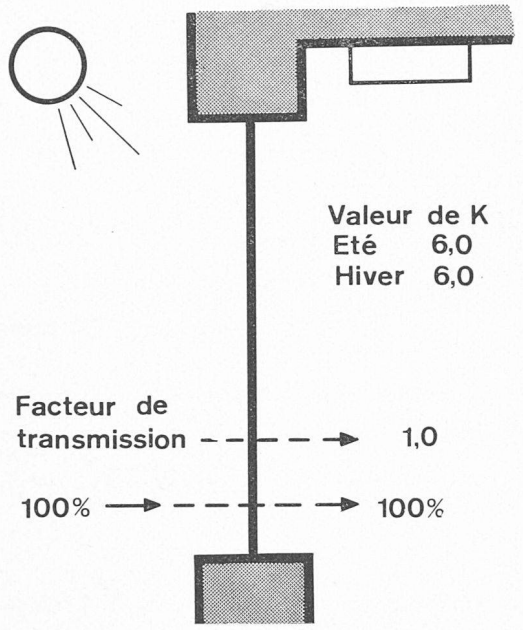

Fig. 9. — Transmission dans le cas du verre simple.

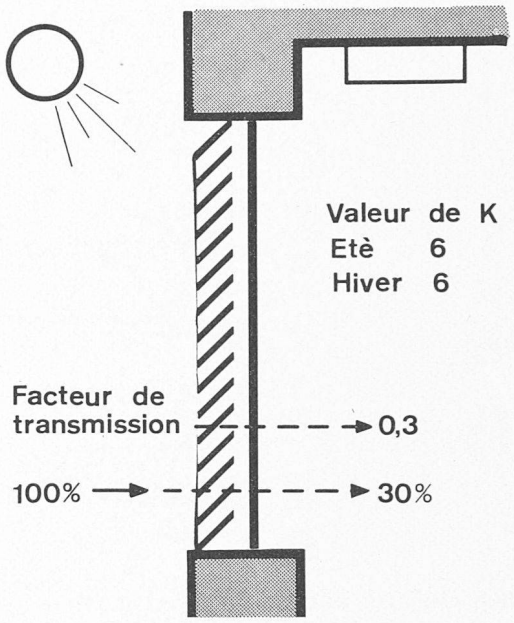

Fig. 10. — Transmission dans le cas de verre simple et persiennes à l'extérieur.

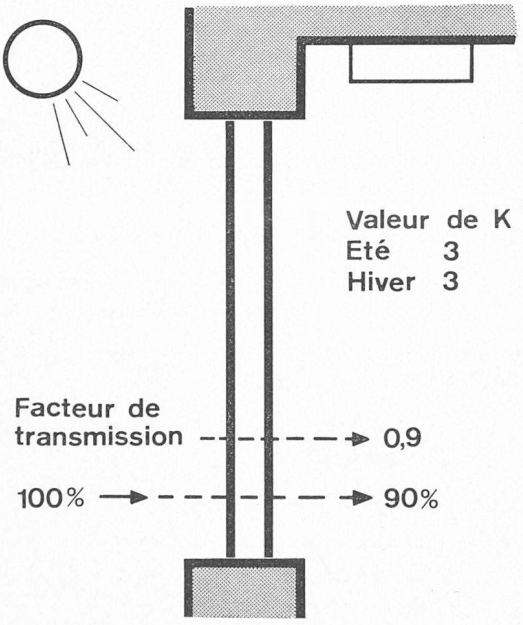

Fig. 11. — Transmission dans le cas du double vitrage.

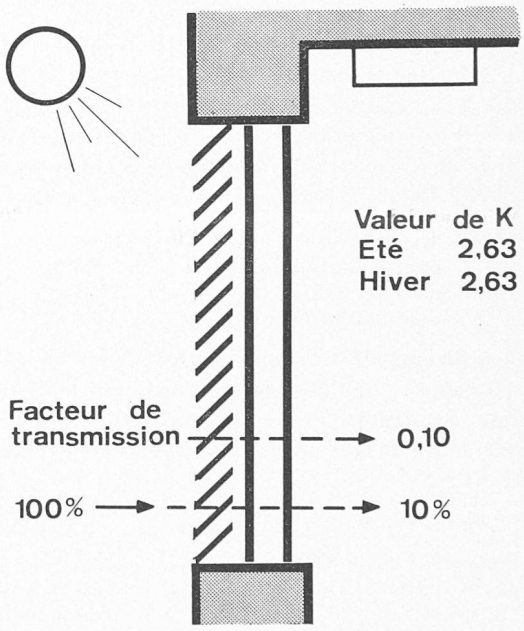

Fig. 12. — Transmission dans le cas « Thermopane » et persiennes à l'extérieur.

On procède d'une manière semblable pour calculer l'économie réalisée sur l'exploitation de climatisation. L'utilisation du double vitrage type « Stop-Ray » permet de réduire les frais d'installation et d'exploitation tant pour le chauffage que pour la climatisation, et ceci dans une mesure telle que la différence de prix peut être amortie en relativement peu d'années.

Pourquoi le vitrage isolant fait-il partie du confort ?

Le tableau 1 montre bien que la température de surface intérieure du double vitrage est sensiblement plus élevée que pour le simple vitrage.

Il s'ensuit notamment :

1. Une réduction des désagréables courants d'air à proximité des fenêtres, engendrés par le refroidissement de l'air en contact avec le vitrage (mouvements convectifs de l'air).
2. L'élimination des condensations et du givre.

Isolation acoustique

Les bruits sont perceptibles pour des fréquences comprises entre 30 et 20 000 Hz. Les fréquences importantes cependant se situent de 100 à 3200 Hz. Le niveau sonore s'exprime en décibels (db). Le niveau de référence (0 db) exprime le niveau moyen pour une fréquence de 1000 Hz.

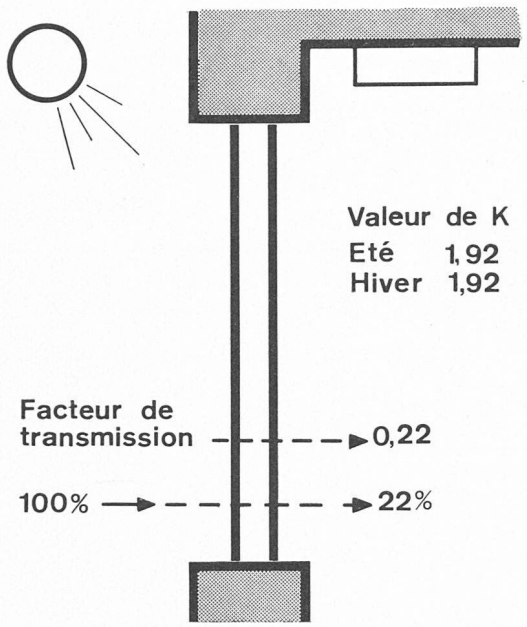

Fig. 13. — Transmission dans le cas du « Stop-Ray ».

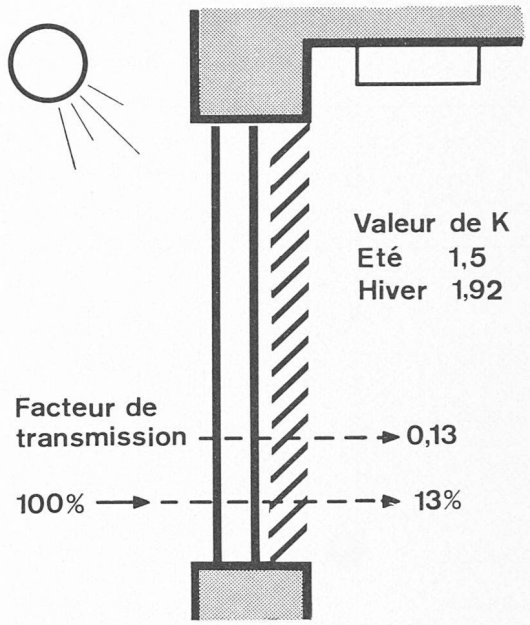

Fig. 14. — Transmission dans le cas « Stop-Ray » et persiennes à l'intérieur.

Les conséquences psychologiques et physiologiques du bruit sont telles qu'une atténuation du niveau sonore des bruits extérieurs peut être un élément important de confort.

Niveau des bruits ordinaires

Avion au loin	120 db
Motocyclette sans silencieux à 5 m environ	100 db
Rue à grande circulation	80 db
Rue à circulation moyenne	70 db
Conversation très animée	70 db
Rue calme	50 db
Conversation normale	40 db

Niveau acoustique recommandé

Studio de radio	20/25 db
Hôpital	25/30 db
Habitation à la campagne	30/35 db
Habitation en ville	35/40 db
Bureau privé	40/45 db
Bureau public	40/50 db

Le niveau sonore d'un local déterminé dans lequel ne se trouve aucune source de bruit dépend surtout du niveau sonore extérieur et de l'isolation acoustique des parois. Celle-ci dépend des divers éléments de la façade. Un manque d'étanchéité entre les éléments peut représenter une perte allant jusqu'à 15 db de l'atténuation prévue. Pour les vitrages simples, le taux d'affaiblissement dépend de la masse par m². Lorsque l'on double l'épaisseur du verre, on arrive à un gain de 4 à 5 db et un gain d'environ 15,5 db est atteint pour une épaisseur dix fois supérieure.

Pour le double vitrage, l'indice d'affaiblissement sonore est supérieur de 4 à 6 db à celui d'un vitrage simple de même poids.

Voici quelques valeurs d'affaiblissement sonore :

Vitrage simple	3 mm	23,5 db
	6 mm	28,0 db
	10 mm	31,5 db
Double vitrage isolant		35 à 45 db selon le type
« Stop-Ray »		40 db

Investissement

Le tableau 3 établit des comparaisons entre différents vitrages avec et sans stores à lamelles extérieurs ou intérieurs. Ces constatations, valables pour des bureaux, peuvent en partie également s'appliquer à d'autres constructions.

Soulignons ici les valeurs du coefficient K en E et la comparaison des frais avec L.

Tableau 1

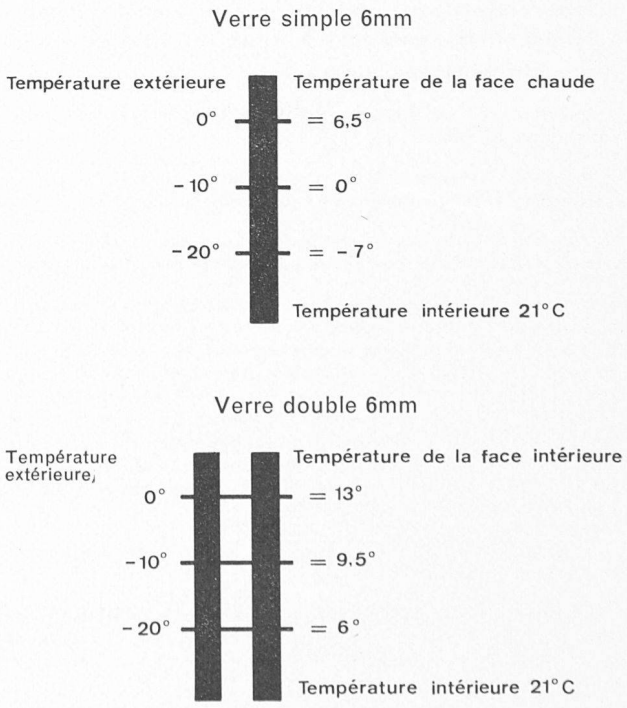

TABLEAU 2

Tableau des différents types de verres isolants et leurs caractéristiques

Type	Epaisseur en mm			Surface maximum en m²	Plus grand côté en cm²	Poids approximatif kg/m²		Isolation thermique	
	Totale	Verre	Air			Net	Brut	*K*	Réduction par rapport à du verre simple
Double	14	3	6	1,30	225	16,2	21	3,01	45 %
	20	3	12	1,30	225	16,2	21	2,66	52 %
	22	4	11	2,40	300	21,2	26	2,65	52 %
	24	5	12	3,65	400	26,2	31	2,60	52 %
	27	6	12	6,50	500	31,2	36	2,61	52 %
« Stop-Ray »	23	5,5	12	6,50	300	31	40	1,92	65 %
Triple	27	4	6	2,40	300	32	39	2,12	61 %
	40	5	12	3,65	400	40	47	1,83	67 %
	47	6	12	6,00	500	47,2	56	1,77	68 %
Quadruple	47	6	6	5,00	500	64	72	1,62	70 %
Quintuple	47	4	6	2,40	300	54	61	1,35	75 %

Les surfaces maximales ont été calculées en tenant compte d'un coefficient de sécurité de 4 et pour des vitesses de vent de 80 km/h, mais elles peuvent cependant être modifiées pour des sollicitations plus importantes.

Calcul des lignes *M* et *N* : soit un bâtiment avec une façade ouest et une surface vitrée de 1000 m². Les installations de climatisation nécessaires pour *cette surface* coûtent :

Frais d'installation :	*Chauffage (hiver)*	*Réfrigération (été)*
Verres simples	Fr. 36 000	Fr. 114 500
« Stop-Ray »	Fr. 9 000	Fr. 15 700
Economie grâce au « Stop-Ray »	Fr. 25 000	Fr. 98 000
Economie totale pour une surface vitrée de 1000 m²		Fr. 123 800

Expériences

Lors d'un congrès, l'auteur a eu l'occasion de répondre à de nombreuses questions au sujet des vitrages « Stop-Ray ». En voici quelques-unes :

Question a) : Ce vitrage agit-il sur les personnes se trouvant dans le local ?

Réponse : Le confort est assuré dans un local vitré en « Stop-Ray », car celui-ci évite tout éblouissement.

Question b) : Pourquoi placez-vous les gens aussi près du vitrage ? Ne sont-ils pas gênés par des courants d'air froid ?

Réponse : Cette question est extrêmement intéressante. Ce genre de vitrage nous permet de placer les individus bien plus près des fenêtres, car les rayonnements chauds qui vont du corps au vitrage sont réfléchis à concurrence de 70 % par celui-ci, de sorte que les pertes de chaleur sont nettement moindres. Il en va de même, bien entendu, pour tous les rayonnements chauds prenant naissance dans le local et qui sont réfléchis par le vitrage vers l'intérieur du local. Ceci explique que le coefficient *K* de ce vitrage soit nettement meilleur en hiver.

Question c) : Quand avez-vous fait les premiers essais avec du verre « Stop-Ray » ?

Réponse : Il y a sept ans environ, en Amérique du Sud. En 1962 pour la première fois en Suisse et ensuite au bâtiment de la figure 1 en septembre 1963. Les expériences sont concluantes.

Question d) : Ce verre ne change-t-il pas les couleurs ?

Réponse : Nous avons étudié l'influence du verre « Stop-Ray » sur les couleurs et une enquête auprès des spécialistes en textiles a révélé que les couleurs n'étaient pas modifiées dans le local. Pour une même teinte, lorsque l'ensoleillement est moindre, les couleurs paraissent dans l'ensemble un peu plus foncées.

Question e) : Avez-vous noté une différence de clarté ?

Réponse : Il est possible, bien entendu, de noter les différences de clarté à l'aide d'instruments de mesure. Cependant, comme notre œil s'habitue excessivement bien à l'intensité lumineuse, les réductions sont à peine perceptibles à l'œil nu. Des essais effectués en hiver ont montré que dans les bâtiments vitrés en « Stop-Ray » on doit éteindre la lumière un quart d'heure plus tard le matin et allumer un quart d'heure plus tôt le soir, ceci par rapport aux jardins d'enfants avoisinants qui ont, eux aussi, de grandes fenêtres, mais en double vitrage ordinaire. Dans les anciens bureaux, il fallait éclairer plus tôt encore, ce qui s'explique par le fait que dans ce dernier cas les surfaces vitrées sont nettement moindres. Les essais pour la détermination de la transmission lumineuse ont donné 33,5 % de transmission lumineuse pour un « Thermopane » avec un verre absorbant et 34 % pour du « Stop-Ray ».

Question f) : Les stores à lamelles intérieurs sont-ils nécessaires ?

Réponse : Oui, car la lumière entrante est tellement forte par rayonnement direct que l'éblouissement est possible au point de travail. Il faut donc utiliser des tentures ou stores à lamelles.

Question g) : Pourquoi utilisez-vous des stores à lamelles verticales et non horizontales ?

Réponse : Les stores à lamelles verticales sont plus esthétiques et ne causent aucune turbulence lors de l'utilisation d'appareils à haute pression. Le battement des lamelles est également exclu.

Vitrages fixes

A l'avenir, on adoptera certainement de plus en plus les vitrages fixes. Les avantages en sont nombreux :

— Scellement des vitrages (avec mastic à deux composants, par exemple thiokol, etc.), ce qui empêche les échanges d'air par les joints apparaissant habituellement dans les bâtiments classiques.

Tableau 3

Comparaison entre différents types de vitrages et de protections

	Vitrage ordinaire 5 mm sans persiennes	Vitrage simple ordinaire avec persiennes extérieures	Double vitrage normal 2 verres de 5 mm esp. air 12 mm. Sans persiennes	Double vitrage avec persiennes extérieures	« Thermopane » - un verre absorbant et un verre clair 5 mm - esp. air 12 mm. Persiennes sans lamelles	Idem, avec persiennes extérieures	« Stop-Ray » - deux verres 5 mm - esp. air 12 mm. Sans persiennes	« Stop-Ray » avec persiennes intérieures (Protecta-Sol)
Rayonnement :								
A. Facteur de transmission des verres du rayonnement total (visible + infrarouge + re-rayonnement) . . .	1	1	0,9	0,9	0,32	0,32	0,22	0,22
B. Facteur de transmission pour persiennes extérieures		0,3		0,3		0,3		
C. Idem pour persiennes intérieures .	(0,6)	(0,6)						0,6
D. Facteur de transmission, compteur des persiennes (A × B × C)	1	0,3	0,9	0,27	0,32	0,10	0,22	0,13
E. Déperditions thermiques coefficient K	6	6	3	3	2,63	2,63	1,92	1,5
Energie :								
F. Pointe en kcal/h m² pour des conditions extérieures : Rayonnement : 600 kcal/m² h ; différences de température entre intérieur et extérieur : hiver (40 deg.)	240	240	120	120	105	105	77	60
été (6 deg.)	636	216	558	180	208	76	144	87
Prix :								
G. Verre par m² (Fr. suisses) . . .	32.—	32.—	60.—	60.—	78.—	78.—	168.—	168.—
H. Prix pour persiennes extérieures, m²/Fr.		110.—		110.—		110.—		
I. Prix pour persiennes intérieures, m²/Fr. (Protecta-Sol)								60.—
J. Total	32.—	142.—	60.—	170.—	78.—	188.—	168.—	228.—
Dépenses annuelles (sans l'installation) :								
K. Amortissement (Fr./m²)								
10 ans	3.20	14.20	6.—	17.—	7.80	18.80	16.80	22.80
30 ans	1.10	4.70	2.—	5.70	2.60	6.30	5.60	7.60
L. Frais d'exploitation (Fr./m²)								
pour été	14.—	4.80	12.30	4.—	4.60	1.70	3.20	1.90
pour hiver	5.80	5.80	2.90	2.90	2.50	2.50	1.80	1.40
Entretien des stores extérieurs (Fr./m²)		0.60		0.60		0.60		
Total	19.80	11.20	15.20	7.50	7.10	4.80	5.—	3.30
Amortissement et frais d'exploitation (Fr./m²)								
10 ans	23.—	25.40	21.20	24.50	14.90	23.60	21.80	26.10
30 ans	20.90	15.90	17.20	13.20	9.70	11.10	10.60	10.90
M. Frais d'installation de chauffage (Fr./m²)	36.—	36.—	18.—	18.—	15.80	15.80	11.60	9.—
N. Frais d'installation de refroidissement (Fr./m²)	114.50	38.90	100.40	32.40	37.40	13.70	25.90	15.70

Remarques

Pos. M = Frais d'installation de chauffage calculés sur base de Fr. 0,15 par kcal/h.

Pos. N = Frais d'installation de réfrigération calculés sur base de Fr. 0,18 par kcal/h.

B = Consommation de combustible en kg/m² J.

V = Nombre quotidien d'heures de fonctionnement (pour des bureaux et immeubles administratifs : 15).

Q_{tr} = Besoins de chaleur pour les conditions extrêmes en kcal/h m².

G_t = Nombre de degrés jours (pour Zurich : 2960).

$\Delta_{t\max}$ = Différence maximale de température entre l'intérieur et l'extérieur en °C (l'hiver = 40 deg.)

H_u = Pouvoir calorifique inférieur du combustible en kcal/kg (Fuel = 9800 kcal/kg).

η = Rendement de la chaudière — hiver = 0,7.

Etablissement des frais d'exploitation

a) *Chauffage :*

$$B = \frac{V \times Q_{tr} \times G_t}{t_{\max} \times H_u \times} = \frac{15 \times Q_{tr} \times 2960}{40 \times 9800 \times 0{,}7} = 0{,}162 \times Q_{tr} (\text{kg/Jm}^2).$$

Prix du combustible par kg : 0,15 fr.

$$\text{Total} = 0{,}15 \times 0{,}162 \times Q_{tr} = \frac{0{,}024 \times Q_{tr}}{(\text{Fr./Jm}^2)}$$

b) *Refroidissement :* 1 000 000 kcal/h turbine — Fr. 0,10/kW — Fr. 0,30/m³ d'eau. Eau 15°C → 30°C.

Courant : 20 fr./h } pour 1 000 000 kcal/h.
Eau : 24 fr./h }

$$\frac{500 \times 44 \times Q_{tr}}{1\,000\,000}$$ 500 heures à plein rendement.

Prix : $0{,}022 \times Q_{tr}$ (Fr./Jm²).

— La pénétration de poussière par les fenêtres ouvertes est exclue.
— Les complications apparaissant dans la régulation des installations de climatisation, lors de l'ouverture des fenêtres, sont éliminées.
— Seul de l'air filtré (donc sans poussières) peut pénétrer dans les locaux.
— Suppression des charnières et des systèmes de fermeture des fenêtres.
— Le bruit venant de l'extérieur est fortement réduit, car il n'existe pratiquement plus aucune fissure faisant office de « pont acoustique ».

Ces avantages feront adopter les vitrages fixes, autant dans les petites habitations que dans les bâtiments hauts où ils sont déjà partiellement utilisés.

Conclusion

En conclusion, j'aimerais encore attirer rapidement l'attention sur six figures qui présentent sous forme graphique les chiffres de transmission des principaux types de vitrages et protections solaires (fig. 9, 10, 11, 12, 13, 14). La disparition des murs-rideaux et à grandes surfaces vitrées est impensable dans l'architecture moderne. Le plan d'un bâtiment ne dépend plus d'un seul, mais est l'œuvre d'un groupe de spécialistes qui, dès le début, dépistent les problèmes et les résolvent tous ensemble en bonne collaboration. De grands bâtiments ne peuvent être érigés avec succès, dans les limites de temps souhaitées, que grâce à une bonne entente entre membres de différents corps de métier. Le problème des « surfaces vitrées » fait partie de la technique de climatisation et doit fortement intéresser les architectes et les ingénieurs de la construction. J'espère, grâce à ces données, avoir fourni au lecteur des indications susceptibles de l'aider à promouvoir les façades tout verre sans fenêtres.

BIBLIOGRAPHIE

1. Dr. Ing. K. Mahler : « Sonnenschutzvorrichtung an Gebäudefassaden » (*Kältetechnik* 1965, Heft 1).
2. Dipl. Ing. W. Mönner : « Einsparung an Heizenergie durch wärmedichtes Bauen und Wärmeverbrauchsmessung » (*Heiz- Luft- Haustechnik* 15/1964).
3. G. F. W. Mulders : Diss. Utrecht 1934 ; *Z. Aph.* 11, 132 (1935).
R. Canavaggia et D. Chalonge : *Ann. Aph.* 9, 143 (1947) ; *Physica* XII, 721 (1946) ; *Ann. Aph.* 13, 355 (1950).
F. S. Johnson, cit. in *Handb. der Physik*, Bd. 48, 185 (1957).
4. M. Minnaert : Bd. 2, 75 (1924), cit. in *Landolt-Börnstein*, Bd. III, 146 (1952).
5. F. Möller, in *Handb. der Physik*, Bd. 48, p. 172 (1957).
W. Waldmeier, in *Ergebnisse und Probleme der Sonnenphysik*, p. 9 (1955).
6. Dr. J. Dahinden : « Das neue Verwaltungsgebäude der Ventilator AG Stäfa » (*Neue Zürcher Zeitung* Nr. 2952, vom 8. Juli 1964).

Adresse de l'auteur :
Ing. E. Wild, Im Gehren, Stäfa-Zürich.

Fournisseur du verre « Stop-Ray » :
Jac. Huber & Bühler, Mattenstrasse 137, Bienne.

Fournisseur des stores à lamelles verticales « Protecta-Sol » :
Emil Schenker AG, Storen- und Maschinenfabrik, Schönenwerd SO.

DIVERS

L'architecte et l'urbaniste en face des grands travaux de l'énergie, du trafic et de l'assainissement [1]

Conclusions

Cinquante architectes de vingt-cinq pays réunis à La Tour-de-Peilz pour aborder le thème de l'architecte et de l'urbaniste en face des grands travaux de l'énergie, du trafic et de l'assainissement,

— après avoir entendu des exposés variés et complets sur l'ensemble de ces travaux,
— après avoir visité ceux dont la région du Léman et du Valais offre un choix étendu,

ont confronté leurs vues sur le problème et ont adopté les conclusions qui suivent :

1. Jusqu'à nos jours les problèmes des grands travaux concernant l'énergie, le trafic et l'assainissement étaient relativement peu complexes et leur localisation était dictée essentiellement par des conditions naturelles et techniques.

La situation actuelle et plus encore celle de notre avenir nous amènent à considérer deux éléments nouveaux :

a) les techniques à notre disposition permettent de nous libérer des contraintes passées de telle façon que nous pouvons imaginer maintenant un aménagement volontaire de ces équipements ;

b) plus que la croissance démographique, l'évolution des besoins va accélérer le rythme de nos équipements : nos réseaux vont se densifier, les centrales d'énergie vont se multiplier rapidement, les besoins en eau deviennent vitaux.

Ces données nouvelles font surgir deux dangers :
— le premier consiste dans la liberté et dans la mobilité qui nous incitent à gaspiller la nature, nos territoires et nos moyens ;
— le deuxième est de laisser nos équipements se développer sur la base des réseaux existants. Or, l'accroissement extraordinaire de nos besoins demande que nous vérifiions la validité de la structure de nos équipements actuels.

Dès lors, ces constats impliquent qu'une planification, une programmation, une coordination des trois éléments : énergie, trafic, assainissement, soit entreprise, chaque élément ne pouvant plus être considéré comme un concept isolé. Notre civilisation future sera de plus en plus dépendante d'une structure géographique des réseaux et de la réalisation des grands travaux, sur laquelle nos activités seront organisées.

2. Cette situation entraîne des répercussions négatives sur les conditions naturelles, le bruit, la pollution des eaux et de l'air. La prise de conscience de ces nuisances devient urgente.

Face à ces atteintes, il est nécessaire de poursuivre et d'intensifier la recherche scientifique ayant pour objectif une meilleure connaissance de ces phénomènes, particulièrement à tout ce qui touche à leur influence sur l'homme ainsi que la définition et l'expérimentation de normes pratiques utilisables dans l'établissement des projets. Une atténuation des nuisances existantes et tout spécialement prises *à leur source* est également un objectif de tout premier plan.

On tolère actuellement, vu la forte demande sur le marché, des solutions qui seront abandonnées aussitôt qu'un autre choix sera possible. Les pertes économiques qui en résulteront seraient atténuées si des normes fixaient dès aujourd'hui des seuils de tolérance.

Il est en outre hautement souhaitable que l'ensemble des expériences, des études entreprises et des solutions adoptées dans les différents pays et sur le plan international fassent l'objet d'une diffusion permanente sur le plan international.

D'une manière générale, la nécessité d'une organisation de l'information est reconnue de chacun. A cet effet, une

[1] Voir *Bulletin technique de la Suisse romande*, nos 9 et 10 des 7 et 21 mai 1966.