

**Zeitschrift:** Ingénieurs et architectes suisses  
**Band:** 113 (1987)  
**Heft:** 19

**Artikel:** Transmission énergétique globale des vitrages  
**Autor:** Sagelsdorff, Ralph / Bruggmann, Peter  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-76420>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 30.03.2025

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

# Transmission énergétique globale des vitrages

par Ralph Sagelsdorff, Dübendorf, et Peter Bruggmann, Zurich

**Les gains solaires au travers des vitrages constituent un apport important au chauffage des bâtiments, ainsi qu'une charge en cas de climatisation. De ce fait, il est essentiel de connaître les caractéristiques optiques et thermiques des vitrages. La définition de la transmission énergétique globale des vitrages  $g$ , selon la norme DIN 67507, répond à ce besoin. Nous présentons ci-dessous les méthodes de mesure et de calcul nécessaires à la détermination de cette grandeur.**

## Zusammenfassung

Der Sonnenenergiegewinn durch Glasflächen stellt einen wichtigen Beitrag bei der Ermittlung der Heiz- oder Kühllast eines Gebäudes dar. Es müssen deshalb Kennwerte der Verglasung definiert werden, die einerseits einen Produktvergleich ermöglichen und andererseits als Grundwert für die Berechnung eingesetzt werden können. Der Gesamtenergiedurchlassgrad  $g$  nach DIN 67507 erfüllt diese Anforderung. Seine Definition wird im folgenden vorgestellt. Die messtechnische und rechnerische Ermittlung des  $g$ -Wertes einer Verglasung wird anhand eines Fallbeispiels illustriert.

## 1. Introduction

L'énergie solaire qui pénètre dans un bâtiment au travers des fenêtres constitue un élément important du bilan énergétique. Durant la saison froide, ces apports sont une contribution gratuite au chauffage, par temps clair ils peuvent même conduire à des surchauffes. Dans des bâtiments climatisés, en revanche, les apports solaires ne sont plus des gains, mais une charge pour la climatisation. Le planificateur et l'ingénieur doivent donc disposer de données précises sur les vitrages, d'une part afin de pouvoir comparer les différents produits offerts sur le marché, d'autre part afin de disposer des grandeurs fondamentales qui interviennent dans les calculs.

Une des données importantes (mais pas la seule) est la transmission énergétique globale (valeur  $g$ ). Dans la littérature, cette valeur est souvent définie, ou utilisée, de différentes manières. De plus, il existe plusieurs méthodes non équivalentes de mesure.

A titre d'exemple, nous donnons le procédé de mesure de la valeur  $g$  selon la norme DIN 67507. C'est cette valeur qui est utilisée dans la nouvelle norme SIA 180 «Isolation thermique dans le bâtiment».

Par rapport aux conditions de mesure de la norme, les conditions réelles sont toutefois différentes, comme le montre le tableau 1.

Selon le niveau de précision désiré, on peut tenir compte de ces différences soit à l'aide de facteurs correctifs estimés (comme dans la recommandation SIA V 380/1), soit au travers de calculs détaillés se rapportant à l'objet étudié.

## 2. Commentaires sur la valeur $g$

Pour calculer la transmission énergétique globale (facteur solaire), on ajoute à la valeur du facteur de transmission énergétique ( $\tau_e$ ) la fraction, relative au rayonnement incident, de l'énergie solaire absorbée par le vitrage qui est convectée et irradiée vers l'intérieur (fig. 1).

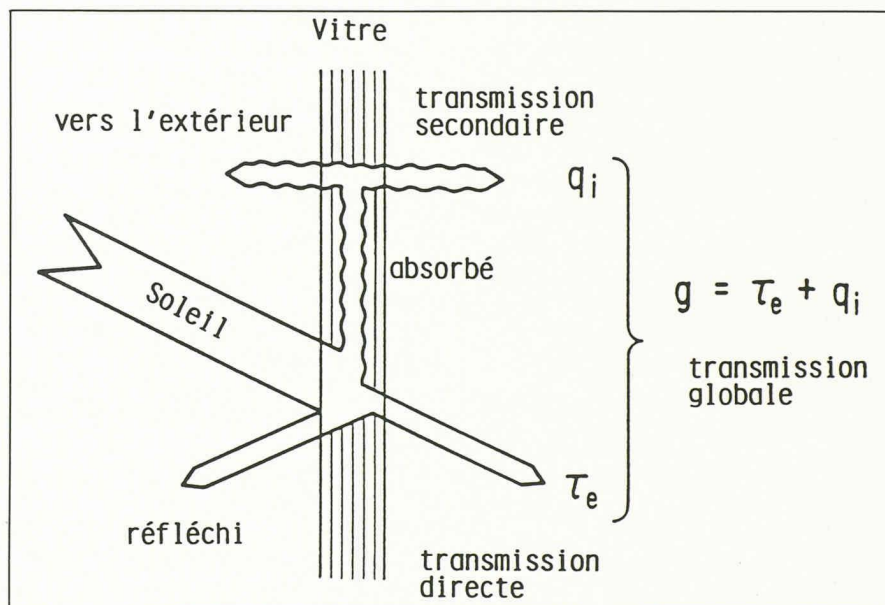


Fig. 1. — Transmission du rayonnement au travers d'une vitre.

TABLEAU 1. — Mesure de la valeur  $g$ .

Conditions de mesure selon DIN 67507	Conditions rencontrées dans la pratique
Spectre solaire normé Coefficients de transfert normés Rayonnement à incidence normale Pas de protection solaire	Spectre solaire réel Coefficients de transfert réels Rayonnement direct et diffus Protection solaire existante

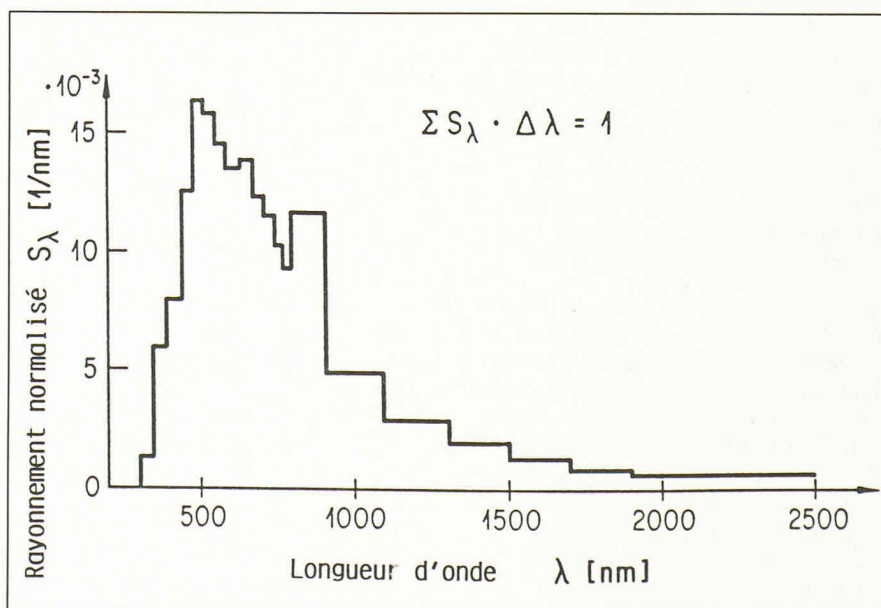


Fig. 2. — Spectre solaire normalisé selon la CIE.

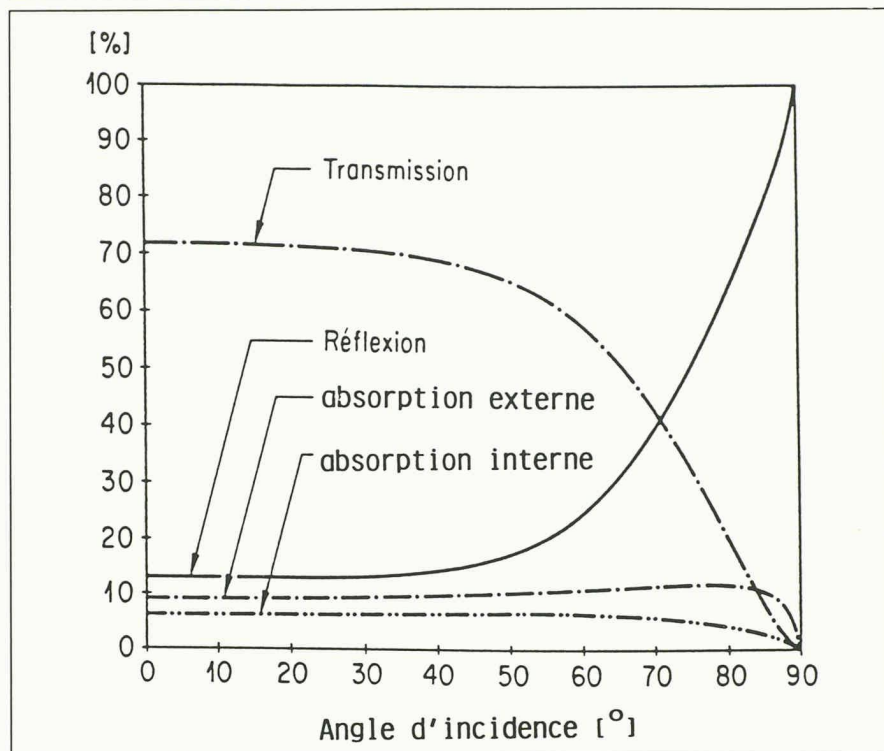


Fig. 3. — Influence de l'angle d'incidence sur la transmission du rayonnement au travers d'un vitrage clair double.

La valeur  $g$  d'un vitrage n'est toutefois pas une grandeur fixe, elle dépend des facteurs suivants :

### 2.1 Source de rayonnement

Le rayonnement solaire qui atteint le vitrage se compose de rayonnement direct ( $I_{dir}$ ) et de rayonnement diffus ( $I_{diff}$ ) (rayonnement du ciel et réflexion sur l'environnement).

### 2.2 Spectre de la source

Les propriétés de transmission, de réflexion et d'absorption d'un vitrage dépendent de la longueur d'onde du rayonnement incident (fig. 2).

L'efficacité de certains verres spéciaux (verres athermiques) repose sur ces propriétés sélectives.

La détermination des propriétés optiques et thermiques des verres est obtenue après pondération avec un spectre solaire normalisé (selon la Commission internationale de l'éclairage CIE).

### 2.3 Angle d'incidence du rayonnement

Les propriétés de transmission et de réflexion d'un vitrage dépendent encore très fortement de l'angle d'incidence du rayonnement. L'absorption quant à elle est à peu près constante quelle que soit l'incidence (fig. 3).

### 2.4 Transfert de chaleur à la surface des verres

Les propriétés d'absorption des verres, ainsi que les divers coefficients de transfert de chaleur (avec l'intérieur, l'extérieur et entre les verres), ont un effet déterminant sur la transmission énergétique secondaire ( $q_i$ ). Aussi est-il indis-

pensable de définir des conditions aux limites normalisées, si l'on veut pouvoir procéder à une comparaison objective de différents produits. Une utilisation dans des calculs pratiques (gains solaires passifs), évaluation des charges de climatisation, etc.) de cette valeur  $g$  normalisée doit être faite avec précaution : selon le problème posé et la précision souhaitée, il y aura lieu de tenir compte des conditions aux limites fixées.

## 3. Normalisation selon DIN 67507

Les grandeurs caractéristiques relatives aux propriétés optiques d'un vitrage (transmission lumineuse et énergéti-

que), de même que les conditions aux limites, sont définies dans la norme DIN 67507.

### 3.1 Domaine de validité

La norme est valable pour des vitrages simples, doubles ou triples comprenant des verres clairs, absorbants ou réfléchissants. Dans ce sens, elle est applicable à tous les matériaux transparents, à l'exception de ceux qui sont transparents à l'infrarouge (de 5 à 50  $\mu\text{m}$ ) et des vitrages isolants contenant des gaz absorbant l'infrarouge.

### 3.2 Grandeurs utilisées

Les grandeurs qui caractérisent les propriétés radiatives d'un vitrage sont les suivantes :

$\tau$	transmission lumineuse
$\tau_E$	transmission énergétique
$\rho_E$	réflexion énergétique
$\alpha_E$	absorption du rayonnement
$\tau(\lambda)$	transmission relative à une longueur d'onde ( $\lambda$ )
$\rho(\lambda)$	réflexion relative à une longueur d'onde ( $\lambda$ )
$q_i$	transmission énergétique indirecte vers l'intérieur
$q_e$	transmission énergétique indirecte vers l'extérieur
$g$	transmission énergétique globale

### 3.3 Bases du calcul

Les formules de calcul en vue de la détermination des caractéristiques optiques des vitrages, à partir des distributions spectrales mesurées - pour la transmission  $\tau(\lambda)$  et la réflexion  $\rho(\lambda)$  - sont données dans la norme DIN 67507. Pour la transmission lumineuse  $\tau$ , il y a lieu de considérer en plus la sensibilité de l'œil à la lumière naturelle.

### 3.4 Conditions aux limites

Les conditions suivantes sont admises pour les calculs :

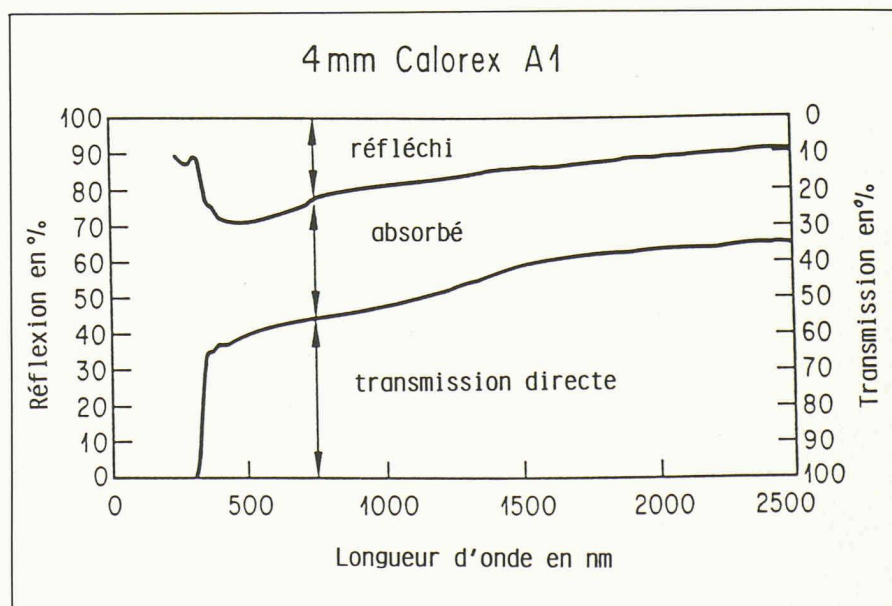


Fig. 4. — Caractéristiques spectrales d'un verre Calorex A1 de 4 mm d'épaisseur.

- rayonnement quasi parallèle (donc direct) perpendiculaire au vitrage
- répartition du spectre solaire selon CIE 20 (1972)
- même température de l'air à l'intérieur et à l'extérieur
- coefficients de transfert thermique normalisés ( $\alpha_i = 8$  [W/m<sup>2</sup>K],  $\alpha_e = 23$  [W/m<sup>2</sup>K]).

#### 4. Exemple

L'exemple suivant illustre la procédure de détermination de la valeur  $g$  d'un vitrage. La procédure suit le déroulement habituel au LFEM, la réalisation de l'échantillon étant faite par le groupe de physique du bâtiment du LFEM (à Dübendorf) et les mesures spectrales par le département de physique du LFEM (à Saint-Gall).

##### Exemple

Vitrage réfléchissant	4/12/4 mm
Verre extérieur Calorex A1	4 mm
Espace d'air intermédiaire	12 mm
Verre intérieur clair	4 mm

##### 1<sup>re</sup> étape: Echantillonnage

A partir du vitrage isolant, de dimensions  $60 \times 100$  cm<sup>2</sup>, on prépare des échantillons de  $6 \times 6$  cm<sup>2</sup>. Dans ce but, on retire le profil d'écartement et cinq échantillons sont pris sur chacun des verres. Ce travail est délicat, les verres ne pouvant être ni rayés ni salis.

##### 2<sup>e</sup> étape: Spectroscopie

Les mesures spectrales suivantes sont effectuées sur chaque échantillon, digitalisées, puis stockées sur disque:

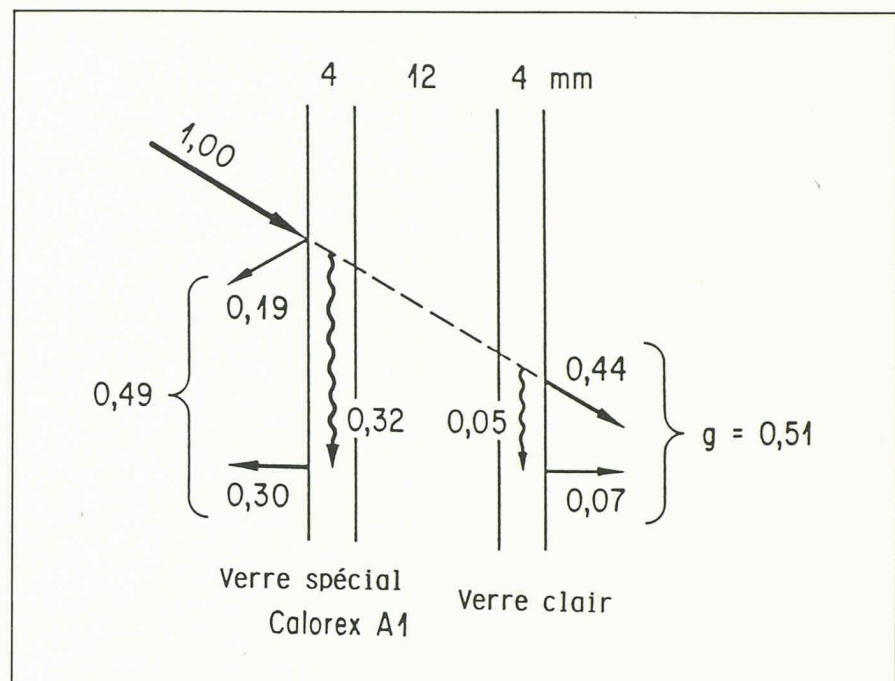


Fig. 5. — Répartition du rayonnement incident dans un vitrage athermique.

- transmission normale en fonction de la longueur d'onde
- réflexion normale en fonction de la longueur d'onde (sur une face)
- réflexion normale en fonction de la longueur d'onde (sur l'autre face).

La figure 4 donne les distributions relatives au verre Calorex.

##### 3<sup>e</sup> étape:

##### Détermination des propriétés thermiques

Les grandeurs caractéristiques thermiques  $k$ ,  $\lambda$ ,  $\alpha_i$  et  $\alpha_e$  du vitrage doivent être calculées, mesurées, ou données par le fabricant.

Dans le cas particulier, les valeurs suivantes ont été utilisées:

- $k = 3,0$  [W/m<sup>2</sup>K]
- $\lambda = 6,07$  [W/m<sup>2</sup>K]
- $\alpha_i = 8$  [W/m<sup>2</sup>K]
- $\alpha_e = 23$  [W/m<sup>2</sup>K]

##### 4<sup>e</sup> étape: Calcul des caractéristiques radiatives selon DIN 67507

Le fichier des mesures est alors traité comme suit sur ordinateur:

- calcul des valeurs moyennes par types de verre
- calcul de  $\tau(\lambda)$  et de  $f(\lambda)$
- calcul de  $\tau$ ,  $\tau_E$  et  $q_E$
- calcul de  $q_i$  et  $g$ .

La figure 5 donne les résultats relatifs au vitrage considéré.

TABLEAU 2. — Caractéristiques optiques et thermiques selon DIN 67507 (\* = données des fabricants).

Type de vitrage	Valeur $k$ (W/m <sup>2</sup> K)	$\tau$ (en %)	$\tau_E$ (en %)	$q_E$ (en %)	$\alpha_{E1}$ (en %)	$\alpha_{E2}$ (en %)	$g$ (en %)	$q_i$ (en %)
Verre isolant normal (4/12/4 mm)	3,0*	81	71	14	9	6	76	5
(4/12/4 mm)		81*					77*	
Infrastop auresin (5/12/5 mm)	1,4*	39	20	32	47	1	24	4
(5/12/5 mm)		39*					28*	
Calorex A1 (4/12/4 mm)	3,0*	38	39	24	34	4	46	7
(6/12/6 mm)		38*					42*	
Heglas 11023 (4/15/4 mm)	1,3*	78	50	21	10	19	67	17
(4/15/4 mm)		79*					67*	
Comfort (4/15/4 mm)	1,6*	68	47	16	9	27	70	23
(4/15/4 mm)		68*					71*	
Stopsol bronze (6/15/6 mm)	3,0*	23	29	22	46	3	37	8
(6/15/6 mm)		18*					31*	
Soltrans argent (4/12/4 mm)	1,5*	52	39	17	41	3	44	5

##### 5. Présentation de résultats de mesure

Dans le cadre d'un mandat de la Société suisse des fabricants de fenêtres et de façades (SZFF), une série de vitrages, utilisés couramment en Suisse, ont été mesurés selon la procédure détaillée ci-dessus.

Le tableau 2 présente l'ensemble des résultats; ceux-ci sont comparés avec les données des fabricants. Les résultats relatifs à différents échantillons d'un même vitrage sont très voisins, les valeurs calculées varient quelque peu selon les fabricants.

##### Adresses des auteurs:

Ralph Sagelsdorff, ing. dipl. EPF  
LFEM - Groupe de physique  
du bâtiment  
8600 Dübendorf  
Peter Bruggmann  
Hans Schmidlin AG  
Schaffhauserstr. 315  
8050 Zurich