
**Verre dans la construction — Calcul du
coefficient de transmission thermique U ,
en régime stationnaire des vitrages
multiples**

(<https://standards.iteh.ai>)

Glass in building — Calculation of steady-state U values (thermal transmittance) of multiple glazing

ISO 10292:1994

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/ce3ebde6-4338-4eaa-ba34-99a169bc1a9c/iso-10292-1994>



Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 10292 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 160, *Verre dans la construction*, sous-comité SC 2, *Utilisation*.

L'annexe A fait partie intégrante de la présente Norme internationale. L'annexe B est donnée uniquement à titre d'information.

[ISO 10292:1994](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/cc3ebde6-4338-4caa-ba34-99a169bc1a9c/iso-10292-1994)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/cc3ebde6-4338-4caa-ba34-99a169bc1a9c/iso-10292-1994>

© ISO 1994

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

Organisation internationale de normalisation
Case Postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Suisse

Imprimé en Suisse

Verre dans la construction — Calcul du coefficient de transmission thermique U , en régime stationnaire des vitrages multiples

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale est applicable au verre, au verre recouvert d'une couche et aux matériaux opaques au rayonnement infrarouge de grande longueur d'onde. Elle a pour objet de présenter les règles fondamentales pour le calcul du coefficient de transmission thermique, U ¹⁾, dans la zone centrale du vitrage. Les effets de bord dus au pont thermique de l'intercalaire d'un vitrage isolant préfabriqué, ou du châssis de fenêtre, ne sont pas inclus.

Ces règles ont pour but de permettre l'évaluation des déperditions à travers le vitrage d'un bâtiment, en se basant sur les valeurs de U des vitrages. Combinées avec les déperditions à travers les éléments opaques du bâtiment, elles sont utilisées pour déterminer la capacité de l'installation de chauffage ou de refroidissement.

De plus, les valeurs de U peuvent être calculées dans d'autres buts en utilisant la même procédure, en particulier pour la détermination des caractéristiques suivantes:

- les gains de chaleur par conduction en été;
- la condensation sur les surfaces des vitrages;
- les déperditions saisonnières par les vitrages intervenant dans la détermination de la consommation globale d'énergie dans les bâtiments;

1) Dans certains pays, le symbole k est utilisé.

d) l'appréciation du rayonnement absorbé pour la détermination du facteur solaire.

Les règles ont été établies de manière aussi simple que possible, tout en restant précises.

2 Définition

Pour les besoins de la présente Norme internationale, la définition suivante s'applique.

2.1 coefficient de transmission thermique d'un vitrage, U : Grandeur qui caractérise le transfert thermique par la partie centrale du vitrage sans tenir compte des effets de bords et donne la quantité de chaleur la traversant, en régime stationnaire, par unité de surface et pour une différence de température unitaire entre les ambiances situées de part et d'autre des faces du vitrage. Le coefficient U s'exprime en watts par mètre carré kelvin [$W/(m^2 \cdot K)$].

3 Symboles et indices

3.1 Symboles

Symbole	Grandeur	Unité
A	Constante	—
c	Capacité thermique massique d'un gaz	J/(kg·K)
d	Épaisseur des feuilles de verre (ou d'un autre matériau de vitrage)	m
Gr	Nombre de Grashof	Sans dimension
h	Coefficient de transfert thermique superficiel	W/(m ² ·K)
h	Conductance	W/(m ² ·K)
N	Nombre de lames de gaz	—
Nu	Nombre de Nusselt	Sans dimension
Pr	Nombre de Prandtl	Sans dimension
r	Résistivité thermique du verre (ou d'un autre matériau de vitrage)	m·K/W
R_n	Facteur de réflexion à incidence normale	—
s	Épaisseur de la lame de gaz	m
T	Température absolue	K
ΔT	Différence de température	K
U	Coefficient de transmission thermique	W/(m ² ·K)
v	Vitesse du vent	m/s
ε	Émissivité corrigée	—
ε_n	Émissivité à incidence normale (perpendiculaire à la surface)	—
ϑ	Température	°C
λ	Conductivité thermique du gaz dans l'espace	W/(m·K)
λ	Longueur d'onde	μm
μ	Viscosité dynamique du gaz	kg/(m·s)
ρ	Masse volumique du gaz	kg/m ³
σ	Constante de Stefan Boltzmann (= 5,67 × 10 ⁻⁸)	W/(m ² ·K ⁴)

3.2 Indices

Indice	
c	Convection
g	Gaz
e	Extérieur
i	Intérieur
m	Moyenne
n	Normale
r	Rayonnement
s	Espace
t	Total
1, 2, ...	Premier, deuxième, etc.

4 Formules de base

4.1 Généralités

La méthode prescrite dans la présente Norme internationale est basée sur un calcul à partir de principes fondamentaux suivants:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_t} + \frac{1}{h_i} \quad \dots (1)$$

où

h_e et h_i sont les coefficients de transfert thermique superficiel extérieur et intérieur, respectivement;

h_t est la conductance du vitrage multiple.

$$\frac{1}{h_t} = \sum^N \frac{1}{h_s} + \sum^M d_m r_m \quad \dots (2)$$

où

- h_s est la conductance thermique de la lame de gaz;
- N est le nombre de lames de gaz;
- M est le nombre de matériaux;
- d_m est l'épaisseur totale de chaque matériau;
- r_m est la résistivité thermique de chaque matériau (la résistivité thermique du verre est égale à 1 m·K/W).

$$h_s = h_g + h_r \quad \dots (3)$$

où

- h_r est la conductance thermique radiative de la lame;
- h_g est la conductance thermique du gaz (conduction + convection).

4.2 Conductance radiative, h_r

La conductance radiative est donnée par la formule suivante:

$$h_r = 4\sigma \left(\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right)^{-1} \cdot T_m^3 \quad \dots (4)$$

où

- σ est la constante de Stefan Boltzmann;
- ε_1 et ε_2 sont les émissivités corrigées à la température moyenne absolue T_m de la lame de gaz.

4.3 Conductance du gaz, h_g

La conductance du gaz est donnée par la formule suivante:

$$h_g = Nu \frac{\lambda}{s} \quad \dots (5)$$

où

- s est l'épaisseur de la lame de gaz, en mètres (m);
- λ est la conductivité thermique du gaz, en watts par mètre kelvin [W/(m·K)];
- Nu est le nombre du Nusselt, donné par

$$Nu = A(Gr \cdot Pr)^n \quad \dots (6)$$

où

- A est une constante,
- Gr est le nombre de Grashof,
- Pr est le nombre de Prandtl,
- n est un exposant,

$$Gr = \frac{9,81 s^3 \Delta T \rho^2}{T_m \mu^2} \quad \dots (7)$$

$$Pr = \frac{\mu c}{\lambda} \quad \dots (8)$$

où

- ΔT est la différence de température des surfaces des verres de part et d'autre de la lame de gaz, en kelvins (K),
- ρ est la masse volumique du gaz, en kilogrammes par mètre cube (kg/m³),
- μ est la viscosité dynamique du gaz, en kilogrammes par mètre seconde [kg/(m·s)],
- c est la capacité thermique massique du gaz, en joules par kilogramme kelvin [J/(kg·K)],
- T_m est la température moyenne absolue du gaz, en kelvins (K).

Pour les lames verticales, le nombre de Nusselt est calculé à partir de la formule (6) avec $A = 0,035$ et $n = 0,38$, en tenant compte de la condition suivante (voir aussi réf. [1]).

Si $Nu \leq 1$, on utilise une valeur de $Nu = 1$ dans la formule (5), ce qui correspond à une valeur de $Gr \cdot Pr$ inférieure à 6 800. Si $Nu > 1$, la valeur réelle de Nu est utilisée dans la formule (5), correspondant à un régime avec convection.

5 Propriétés fondamentales des matériaux

5.1 Émissivité

Les émissivités corrigées, ε , des surfaces limitant les espaces fermés sont nécessaires pour le calcul de la conductance radiative, h_r , dans la formule (4).

Pour les surfaces en verre, on utilise 0,837 comme valeur de l'émissivité corrigée.

Pour des surfaces recouvertes de couches, la valeur de l'émissivité à incidence normale, ε_n , est obtenue par mesure à l'aide d'un spectromètre infrarouge (voir A.1 dans l'annexe A).

L'émissivité corrigée est obtenue à partir du tableau A.2 de l'annexe A. La température moyenne de la lame de gaz, T_m , est fixée à 283 K, dans un but de comparaison.

NOTE 1 Théoriquement il convient d'utiliser deux définitions différentes de l'émissivité pour décrire les échanges radiatifs entre

- des surfaces vitrées se faisant face, dans les vitrages multiples, ou
- entre une surface vitrée et l'ambiance intérieure d'un local.

Les différences entre les deux types d'échange se révèlent cependant négligeables en pratique. En conséquence, l'émissivité corrigée peut être utilisée dans les deux cas avec une approximation suffisante.

5.2 Propriétés des gaz

Les propriétés suivantes des gaz remplissant l'espace doivent être connues:

- a) la conductivité thermique, λ [W/(m·K)];
- b) la masse volumique, ρ (kg/m³);
- c) la viscosité dynamique, μ [kg/m·s];
- d) la capacité thermique massique, c [J/(kg·K)].

Les valeurs adéquates sont introduites dans les formules (7) et (8) pour obtenir les nombres de Grashof et de Prandtl, et le nombre de Nusselt est ensuite obtenu par la formule (6).

Si le nombre de Nusselt est supérieur à 1, cela signifie qu'il y a de la convection qui augmente l'importance du flux de chaleur.

Si le nombre de Nusselt est inférieur ou égal à 1, cela signifie que le flux de chaleur s'effectue uniquement par conduction, et on attribue la valeur limite de 1 au nombre de Nusselt.

La substitution de Nu dans la formule (5) donne la valeur de la conductance du gaz, h_g .

Des valeurs pour les propriétés d'une série de gaz utilisés en vitrages isolants préfabriqués sont données au tableau A.3 de l'annexe A.

Pour les mélanges de gaz, les propriétés sont obtenues par pondération proportionnelle aux rapports des volumes.

Si on a

- un gaz 1 avec un rapport de volume R_1 ,
- un gaz 2 avec un rapport de volume R_2 , etc.,

alors

$$F = F_1 R_1 + F_2 R_2 + \dots \quad \dots (9)$$

où F représente la propriété concernée, c'est-à-dire, la conductivité thermique, la masse volumique, la viscosité ou la capacité thermique massique.

5.3 Absorption infrarouge

Certains gaz absorbent le rayonnement infrarouge dans le domaine de longueurs d'onde de 5 μm à 50 μm .

Lorsqu'un tel gaz est utilisé en combinaison avec un verre à couche à basse émissivité ($\varepsilon < 0,2$), cet effet est négligé étant donné la faible densité du flux radiatif infrarouge résultant.

Pour les autres cas, la valeur de U doit être déterminée par mesure si on estime qu'une amélioration du coefficient U peut provenir d'une absorption par le gaz.

5.4 Vitrage horizontal ou incliné

Pour un courant thermique ascendant, le transfert thermique par convection est amplifié.

On peut tenir compte de cet effet en substituant les valeurs suivantes de A et n dans la formule (6) (voir aussi réf. [1]):

$$A = 0,16 \quad n = 0,28 \quad \text{pour les lames horizontales}$$

$$A = 0,10 \quad n = 0,31 \quad \text{pour des lames à } 45^\circ$$

Pour un flux thermique descendant, la convection peut être considérée, en pratique, comme supprimée et $Nu = 1$ est introduit dans la formule (5).