

Première édition
2008-02-01

Version corrigée
2009-10-01

**Produits isolants thermiques pour
l'équipement du bâtiment et les
installations industrielles —
Détermination de la conductivité
thermique utile**

*Thermal insulation products for building equipment and industrial
installations — Determination of design thermal conductivity*
(standards.iteh.ai)

ISO 23993:2008

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b9d4bdf8-99bc-402b-9a62-7d089d636fa0/iso-23993-2008>



Numéro de référence
ISO 23993:2008(F)

PDF – Exonération de responsabilité

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

**iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)**

ISO 23993:2008

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b9d4bdf8-99bc-402b-9a62-7d089d636fa0/iso-23993-2008>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2008

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'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Version française parue en 2009

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
Introduction	vi
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Symboles	2
5 Détermination de la conductivité thermique déclarée	2
6 Détermination de la valeur utile de la conductivité thermique	3
7 Conversion des données disponibles	3
7.1 Généralités	3
7.2 Facteur de conversion pour l'écart de température	4
7.3 Facteur de conversion de l'humidité	4
7.4 Facteur de conversion du vieillissement	5
7.5 Facteur de conversion de la compression	5
7.6 Facteur de conversion de la convection	5
7.7 Facteur de conversion de l'effet d'épaisseur	5
7.8 Facteur de conversion des joints réguliers	6
7.9 Conductivité thermique supplémentaire pour les ponts thermiques réguliers liés à l'isolation, par exemple les écarteurs	6
Annexe A (normative) Facteurs de conversion	8
Annexe B (informative) Exemples de détermination de la conductivité thermique utile	20
Annexe C (informative) Valeurs approximatives des facteurs de conversion	23
Bibliographie	31

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 Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. 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.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

L'ISO 23993 a été élaborée par le comité technique CEN/TC 89, *Performance thermique des bâtiments et des composants du bâtiment*, du Comité européen de normalisation (CEN) en collaboration avec le comité technique ISO/TC 163, *Performance thermique et utilisation de l'énergie en environnement bâti*, sous-comité SC 2, *Méthodes de calcul*, conformément à l'Accord de coopération technique entre l'ISO et le CEN (Accord de Vienne).

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b9d4bdf8-99bc-402b-9a62-7d089d63660/iso-23993-2008>

La présente Norme internationale fait partie d'une série de normes sur les méthodes de calcul relatives à la conception et à l'évaluation des performances thermiques de l'équipement des bâtiments et des installations industrielles.

La présente version corrigée de l'ISO 23993:2008 comprend les corrections suivantes, ainsi que quelques modifications rédactionnelles mineures.

Article 4: Les deux lignes suivantes ont été ajoutées au tableau:

N	nombre d'écarteurs par mètre carré	—
$\Delta\lambda_{sq}$	conductivité thermique par écarteur et par mètre carré	W/(m·K)

7.9.2.2: Les calculs ont été modifiés comme suit (c'est-à-dire en substituant $\Delta\lambda_{sq}$, correspondant à la conductivité thermique par écarteur et par mètre carré, à $\Delta\lambda$, ce qui revient à supprimer «écarteurs/m²» des unités):

Écarteurs en acier en forme de barre plate

30 mm × 3 mm	$\Delta\lambda_{sq} = 0,003\ 5\ \text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
40 mm × 4 mm	$\Delta\lambda_{sq} = 0,006\ 0\ \text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
50 mm × 5 mm	$\Delta\lambda_{sq} = 0,008\ 5\ \text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

Une nouvelle Équation (6) a été insérée pour préciser la relation existant entre $\Delta\lambda$ et $\Delta\lambda_{sq}$, et l'Équation (6) existante a été renumérotée en Équation (7).

A.4.1 (deux fois) et A.4.2 (deux fois): Le terme «spécifique» a été ajouté à la définition de W , pour donner «résistance spécifique au flux d'air».

Annexe B: Les titres supplémentaires «B.1 Matériaux isolants» et «B.2 Conditions» et des phrases d'introduction ont été ajoutés. La phrase «Détermination des facteurs de conversion et de $\Delta\lambda$ » a été convertie en titre et une phrase d'introduction a été ajoutée.

Tableau C.1: La ligne verticale qui sépare les désignations «Fibre calcium-magnésium-silicate», «Silicate de calcium» et «Isolants microporeux», dans la première colonne, du sous-titre «Isolation», à leur droite, a été déplacée vers la gauche de sorte à s'aligner correctement avec le bord droit de la première colonne (comme c'est le cas, par exemple, avec la désignation «Laine minérale» au début du tableau).

Tableau C.1 (quatre fois): «Résistance aux flux d'air» a été remplacé par «Résistivité au flux d'air».

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 23993:2008

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b9d4bdf8-99bc-402b-9a62-7d089d636fa0/iso-23993-2008>

Introduction

La détermination de valeurs utiles de conductivité thermique pour calculer la performance thermique des systèmes d'isolation pour l'équipement du bâtiment et les installations industrielles nécessite la prise en compte de plusieurs facteurs potentiels influant sur les propriétés thermiques des produits isolants utilisés, en raison des conditions opératoires de tout système individuel d'isolation.

Ces facteurs influents peuvent être:

- la non linéarité de la courbe de conductivité thermique dans la plage de températures à laquelle l'isolant peut être utilisé;
- l'effet de l'épaisseur;
- l'effet de l'humidité à l'intérieur de l'isolant;
- les effets du vieillissement, autres que ceux déjà pris en compte dans la valeur déclarée;
- les effets relatifs à une installation particulière comme une installation à couche simple ou multiple.

Dans la présente Norme internationale, les facteurs de conversion, F , nécessaires dans différentes applications pour différents types de produits isolant, sont indiqués, ainsi que les principes et les équations générales et certaines informations permettant de déterminer les valeurs utiles pour le calcul de la performance thermique des systèmes d'isolation. Les facteurs de conversion valables pour les produits isolants généralement utilisés sont indiqués dans les annexes. Ils sont bien déterminés dans certains cas et pour certains matériaux. Lorsque l'expérience fait défaut et que les facteurs de conversion ne peuvent pas être déterminés précisément, ils sont fournis sous forme «d'estimation dirigée» pour que les résultats du calcul soient prudents, c'est-à-dire que le transfert thermique calculé sera supérieur au transfert thermique réel lorsque le calcul aura été effectué conformément à la présente Norme internationale.

Produits isolants thermiques pour l'équipement du bâtiment et les installations industrielles — Détermination de la conductivité thermique utile

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale indique des méthodes de calcul de la conductivité thermique utile à partir de la conductivité thermique déclarée pour le calcul de la performance énergétique des équipements de bâtiments et des installations industrielles.

Ces méthodes s'appliquent pour des températures de service comprises entre -200 °C et $+800\text{ °C}$.

Les facteurs de conversion, déterminés pour les différentes influences, sont valables pour les plages de température indiquées dans les articles ou les annexes correspondants.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 7345, *Isolation thermique — Grandeurs physiques et définitions*

ISO 8497, *Isolation thermique — Détermination des propriétés relatives au transfert de chaleur en régime stationnaire dans les isolants thermiques pour conduites*

ISO 9053, *Acoustique — Matériaux pour applications acoustiques — Détermination de la résistance à l'écoulement de l'air*

ISO 9229, *Isolation thermique — Vocabulaire*

ISO 13787, *Produits isolants thermiques pour l'équipement du bâtiment et les installations industrielles — Détermination de la conductivité thermique déclarée*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 7345, l'ISO 9229 ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1

conductivité thermique déclarée

valeur de la conductivité thermique d'un matériau ou d'un produit utilisé pour les équipements de bâtiment et les installations industrielles:

- fondée sur des données mesurées dans des conditions de référence de température et d'humidité;
- fournie comme valeur limite, selon la méthode de détermination de l'ISO 13787;
- correspondant à une durée de vie prévue raisonnable dans des conditions normales

3.2

conductivité thermique utile

valeur de la conductivité thermique d'un matériau ou produit isolant, dans des conditions extérieures et intérieures spécifiques, pouvant être considérée comme typique de la performance de ce matériau ou produit lorsque celui-ci est incorporé à un équipement de bâtiment ou une installation industrielle

4 Symboles

Symbole	Quantité	Unité
a_C	coefficient de compressibilité	$m^3/(kg \cdot K)$
D	diamètre intérieur de la couche	m
d	épaisseur de la couche	m
d_g	épaisseur du système incluant la lame d'air	m
F	facteur de conversion global de la conductivité thermique	—
F_a	facteur de conversion du vieillissement	—
F_C	facteur de conversion de la compression	—
F_c	facteur de conversion de la convection	—
F_d	facteur de conversion de l'épaisseur	—
f_d	coefficient de conversion de l'épaisseur	—
F_j	facteur de joint	—
F_m	facteur de conversion de l'humidité	—
f_ψ	facteur de conversion de l'humidité volume par volume	m^3/m^3
$F_{\Delta\theta}$	facteur de conversion de l'écart de température	—
N	nombre d'écarteurs par mètre carré	—
u	teneur en humidité masse par masse	kg/kg
θ	température Celsius	°C
λ_d	conductivité thermique déclarée	W/(m·K)
λ	conductivité thermique utile	W/(m·K)
$\bar{\lambda}$	conductivité thermique intégrée	W/(m·K)
$\Delta\lambda$	conductivité thermique supplémentaire issue des ponts thermiques, comme les écarteurs, qui sont des parties intégrantes de l'isolation	W/(m·K)
$\Delta\lambda_{sq}$	conductivité thermique par écarteur et par mètre carré	W/(m·K)
ρ	masse volumique apparente	kg/m ³
ψ	teneur en humidité volume par volume	m^3/m^3

5 Détermination de la conductivité thermique déclarée

La conductivité thermique déclarée doit être déterminée conformément à l'ISO 13787.

Le produit doit être décrit par ses caractéristiques, avec une indication claire des matériaux, du type de revêtement le cas échéant, de la structure, de l'agent d'expansion, de l'épaisseur et de tout autre paramètre ayant une influence potentielle sur la conductivité thermique.

La conductivité thermique déclarée doit être déterminée soit à une épaisseur assez importante pour négliger l'effet d'épaisseur soit, pour les épaisseurs plus petites, en s'appuyant sur des mesurages effectués à ces épaisseurs.

6 Détermination de la valeur utile de la conductivité thermique

La valeur utile de conductivité thermique doit être déterminée à partir de la conductivité thermique déclarée pour l'ensemble des conditions correspondant aux conditions de l'application envisagée. Les influences possibles sont:

- a) la température de service moyenne, avec les températures superficielles chaude et froide;
- b) la teneur en humidité moyenne prévue lorsque le matériau est en équilibre avec une atmosphère définie (température et humidité relative);
- c) l'effet de vieillissement selon l'application, s'il n'est pas pris en compte dans la valeur déclarée;
- d) la compression appliquée dans l'application;
- e) l'effet de convection dans le matériau;
- f) l'effet de l'épaisseur;
- g) l'effet de joint ouvert;
- h) les ponts thermiques liés à l'isolant (ponts thermiques faisant partie intégrante du système d'isolation, par exemple les écarteurs) qui sont pris en compte par un terme $\Delta\lambda$.

La valeur utile de conductivité thermique doit être obtenue

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b9d4bdf8-99bc-402b-9a62-740804626905/iso-23993-2008>

— soit à partir d'une conductivité thermique convertie aux conditions de l'application avec l'Équation (1):

$$\lambda = \lambda_d F + \Delta\lambda \quad (1)$$

où le terme supplémentaire $\Delta\lambda$, s'obtient selon 7.9 et le facteur de conversion global, F , s'obtient par:

$$F = F_{\Delta\theta} F_m F_a F_C F_c F_d F_j \quad (2)$$

— soit à partir des valeurs mesurées dans les conditions de l'application.

NOTE Des valeurs approximatives de F peuvent être trouvées dans l'Annexe informative C.

7 Conversion des données disponibles

7.1 Généralités

Les valeurs des différents facteurs de conversion pour certains matériaux isolants et certaines conditions de service sont fournies dans l'Annexe A. Les facteurs de conversion dérivés des valeurs mesurées selon les méthodes d'essai appropriées, par exemple de l'EN 12667 ou l'ISO 8497, peuvent être utilisés à la place des valeurs de l'Annexe A. Si le matériau ne correspond pas aux conditions pour lesquelles les facteurs sont indiqués dans l'Annexe A, les facteurs de conversion dérivés des valeurs mesurées doivent alors être utilisés.

7.2 Facteur de conversion pour l'écart de température

Si la conductivité thermique utile est requise à la même température moyenne de référence, et avec les mêmes températures superficielles chaude et froide que pour la conductivité thermique déclarée, aucune conversion n'est nécessaire ($F_{\Delta\theta} = 1$).

Dans le cas d'un mesurage de la conductivité thermique avec le testeur de conduits (ISO 8497), aucune conversion n'est nécessaire lorsque le mesurage est effectué avec le plein écart de température $\Delta\theta$.

Si la conductivité thermique utile doit être déterminée à une autre température qu'une de celles données pour les conductivités thermiques déclarées fournies sous forme de tableau de valeurs à diverses températures, l'interpolation entre les valeurs du tableau doit être basée sur l'utilisation d'une équation optimale telle qu'une régression polynomiale, d'un ordre suffisant pour fournir un coefficient de corrélation, $r \geq 0,98$.

Si la conductivité thermique utile est nécessaire à la même température moyenne de référence, mais pour un écart de température superficielle chaude et froide différent de celui utilisé pour déterminer la conductivité thermique déclarée, le facteur de conversion $F_{\Delta\theta}$ doit être déterminé selon la procédure figurant en A.1 de l'Annexe A.

Si le mesurage de la conductivité thermique a été effectué avec le plein écart de température, $F_{\Delta\theta} = 1$. Si le mesurage de la conductivité thermique a été effectué avec un $\Delta\theta$ ne dépassant pas 50 K, la procédure de non linéarité s'applique.

Si la conductivité thermique utile est nécessaire à une température moyenne différente de celle de la conductivité thermique déclarée et avec un écart de température différent, les procédures indiquées précédemment doivent être successivement appliquées. À titre d'alternative, l'influence de la non linéarité de la courbe de conductivité thermique peut être prise en compte en intégrant la courbe mesurée telle que fournie par l'Équation (3).

$$\bar{\lambda} = \frac{1}{\theta_2 - \theta_1} \int_{\theta_1}^{\theta_2} \lambda(\theta) d\theta \quad \text{ISO 23993:2008} \quad (3)$$

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b9d4bdf8-99bc-402b-9a62-7d089d636fa0/iso-23993-2008>

Le facteur de conversion de l'écart de température s'obtient par:

$$F_{\Delta\theta} = \frac{\bar{\lambda}}{\lambda(\theta)} \quad (4)$$

où $\lambda(\theta)$ est la valeur lue sur la courbe à la température de référence.

7.3 Facteur de conversion de l'humidité

Le facteur de conversion F_m pour la teneur en humidité relative au volume doit être déterminé de la manière suivante:

$$F_m = e^{f_\psi(\psi_2 - \psi_1)} \quad (5)$$

où

f_ψ est le coefficient de conversion de la teneur en humidité volume par volume;

ψ_1 est la teneur en humidité volume par volume pour la détermination de la valeur de conductivité thermique déclarée;

ψ_2 est la teneur en humidité volume par volume pour l'application réelle.

La teneur en humidité dans une application donnée doit être déterminée

- soit par des mesurages effectués dans les conditions de l'application prévue,
- soit par des calculs théoriques selon des méthodes éprouvées comme celles de l'ISO 15758, basées sur les valeurs mesurées selon l'ISO 12572, à condition que les suppositions sur lesquelles elles se fondent soient justes.

NOTE Une méthode d'essai possible pour déterminer la teneur en humidité figure dans l'EN 12088. Si cela est nécessaire pour l'application, la période de temps indiquée dans l'EN 12088 peut être allongée.

Certaines valeurs du coefficient f_{ψ} sont fournies en A.2 de l'Annexe A.

7.4 Facteur de conversion du vieillissement

Le vieillissement dépend du type de matériau, des revêtements, des structures, de l'agent d'expansion, de la température et de l'épaisseur du matériau. Pour un matériau donné, l'effet de vieillissement peut être obtenu à partir de modèles théoriques validés par des données expérimentales (voir la procédure dans la norme produit, le cas échéant).

Aucune conversion n'est nécessaire si la conductivité ou la résistance thermique déclarée tient déjà compte du vieillissement ou si l'effet du vieillissement a été déterminé dans des conditions qui ne diffèrent pas beaucoup de l'ensemble des conditions d'utilisation.

Si l'ensemble de conditions relatives aux conductivités thermiques utiles diffère de celui dans lequel l'effet de vieillissement de la conductivité thermique déclarée a été déterminé, un essai de vieillissement doit être effectué, avec l'ensemble des conditions des conductivités thermiques utiles.

Si un facteur de conversion F_a est utilisé, il doit permettre de calculer la valeur de la propriété thermique après un vieillissement correspondant à une durée égale à au moins la moitié de la durée de vie du produit, pour l'application concernée.

NOTE 1 La durée de vie pour l'équipement de bâtiments est souvent considérée comme égale à 50 ans.

NOTE 2 Aucun coefficient de conversion n'est indiqué dans la présente Norme internationale pour en déduire le facteur de vieillissement F_a .

Aucun facteur de conversion de vieillissement ne doit être utilisé pour la laine minérale, la fibre céramique, la fibre calcium-magnésium-silicate, le silicate de calcium, la mousse élastomérique souple et le verre cellulaire.

7.5 Facteur de conversion de la compression

Pour les produits isolants compressibles, la masse volumique apparente peut varier lorsque le produit est soumis à une charge. L'effet sur la conductivité thermique doit être pris en compte par le facteur F_C , qui doit être calculé comme indiqué en A.3.

7.6 Facteur de conversion de la convection

L'effet de la convection dans le cas de couches isolantes verticales doit être pris en compte par le facteur de conversion F_C .

Le facteur F_C doit être calculé comme indiqué en A.4.

7.7 Facteur de conversion de l'effet d'épaisseur

Pour les matériaux isolants perméables au rayonnement, la conductivité thermique varie lorsque l'on augmente l'épaisseur. Si la conductivité thermique utile est nécessaire à d'autres épaisseurs que celles de la conductivité thermique déclarée, le facteur F_d doit être déterminé comme indiqué en A.5.

7.8 Facteur de conversion des joints réguliers

L'effet des joints sur la conductivité thermique utile doit être traité avec le facteur de conversion F_j , qui doit être calculé comme indiqué en A.6.

Le facteur de conversion F_j doit être appliqué, si la conductivité thermique a été mesurée conformément à l'ISO 8497, avec un testeur de conduits ayant moins de joints que l'application réelle.

7.9 Conductivité thermique supplémentaire pour les ponts thermiques réguliers liés à l'isolation, par exemple les écarteurs

7.9.1 Généralités

Les composants de la couche d'isolation qui sont des ponts thermiques régulièrement espacés et liés à l'isolation, comme les écarteurs, sont pris en compte en ajoutant $\Delta\lambda$ à la conductivité thermique corrigée λ_d du produit isolant installé, selon l'Équation (1).

Les ponts thermiques liés à l'isolation dépendant de l'installation et irrégulièrement espacés, par exemple les montages des conduits, les supports, les armatures et les plaques frontales, sont des ponts thermiques à considérer comme des pertes thermiques supplémentaires, par exemple tels que décrits dans l'ISO 12241.

7.9.2 Écarteurs

7.9.2.1 Écarteurs pour enveloppes métalliques de conduits

La conductivité thermique supplémentaire dépend de plusieurs variables. Les valeurs indiquées ci-après sont approximatives et s'appliquent aux épaisseurs de couches isolantes habituellement comprises entre 100 mm et 300 mm et aux systèmes d'isolation classiques de protection contre la chaleur.

NOTE 1 La Référence [9] dans la Bibliographie indique des procédures possibles pour les systèmes d'isolation spécifiques.

Additions à la conductivité thermique

pour les écarteurs en acier	$\Delta\lambda = 0,010 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
pour les écarteurs en acier austénitique	$\Delta\lambda = 0,004 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
pour les écarteurs en céramique	$\Delta\lambda = 0,003 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$

NOTE 2 Ces valeurs peuvent être utilisées dans la plage de 50 mm à 200 mm, voir Référence [10].

7.9.2.2 Écarteurs pour enveloppes métalliques sur parois planes

Écarteurs en acier en forme de barre plate

30 mm × 3 mm	$\Delta\lambda_{sq} = 0,003 \text{ 5 W/(m}\cdot\text{K)}$
40 mm × 4 mm	$\Delta\lambda_{sq} = 0,006 \text{ 0 W/(m}\cdot\text{K)}$
50 mm × 5 mm	$\Delta\lambda_{sq} = 0,008 \text{ 5 W/(m}\cdot\text{K)}$

Les additions $\Delta\lambda$ à la conductivité thermique pour prendre en compte les écarteurs pour enveloppes métalliques sur parois planes dépendent du nombre d'écarteurs par mètre carré (m^2). L'addition totale est calculée par: