

TRADUCTION



Titulaire de la chaire de la transmission de chaleur et de masses
« Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen »
Professeur d'université Dr Ing. R. Kneer

Calculs de transmission thermique par rayonnement lors de la mise en oeuvre du matelas de calorifugeage composite "Aluphonic[®]"

Expertise demandée par la firme Aluthermo S.A., Burg-Reuland, Belgique

Traité par : Dr-Ing. B. Hillemacher

Aix-la-Chapelle, le 14 avril 2008

1. Introduction

La qualité de l'isolation thermique des éléments de construction constitue actuellement un critère qui gagne de l'importance lorsqu'il s'agit d'évaluer qualitativement l'exécution technique professionnelle des bâtiments. Conformément aux exigences divergentes des situations spécifiques souvent déterminées par la nature de la construction, la situation actuelle du marché se caractérise par une multitude de matériaux isolants aussi bien pour le domaine des nouvelles constructions que pour celui de la rénovation.

Les conceptions nouvelles d'isolation thermique des éléments de construction utilisent ainsi la réflexion de surfaces hautement réfléchissantes de matériaux isolants souvent spécialement couchés. Il en résulte une transmission de chaleur réduite à travers la coque du bâtiment qui a comme effet d'une part une transmission de chaleur moins importante vers l'intérieur du bâtiment pendant l'été et d'autre part une perte de chaleur moins importante du bâtiment pendant les mois froids de l'hiver ce qui contribue essentiellement à l'épargne d'énergie.

2. Description du problème qui se pose

Nous examinerons dans le cadre de la présente expertise par le calcul du transfert thermique un tel matériau calorifuge qui dispose d'une surface hautement réfléchissante de chaque côté. C'est donc le produit isolant appelé « Aluphonic® » qui fait l'objet des examens. La vente de ce matériau calorifuge se fait via la firme Aluthermo S.A., Burg-Reuland, Belgique.

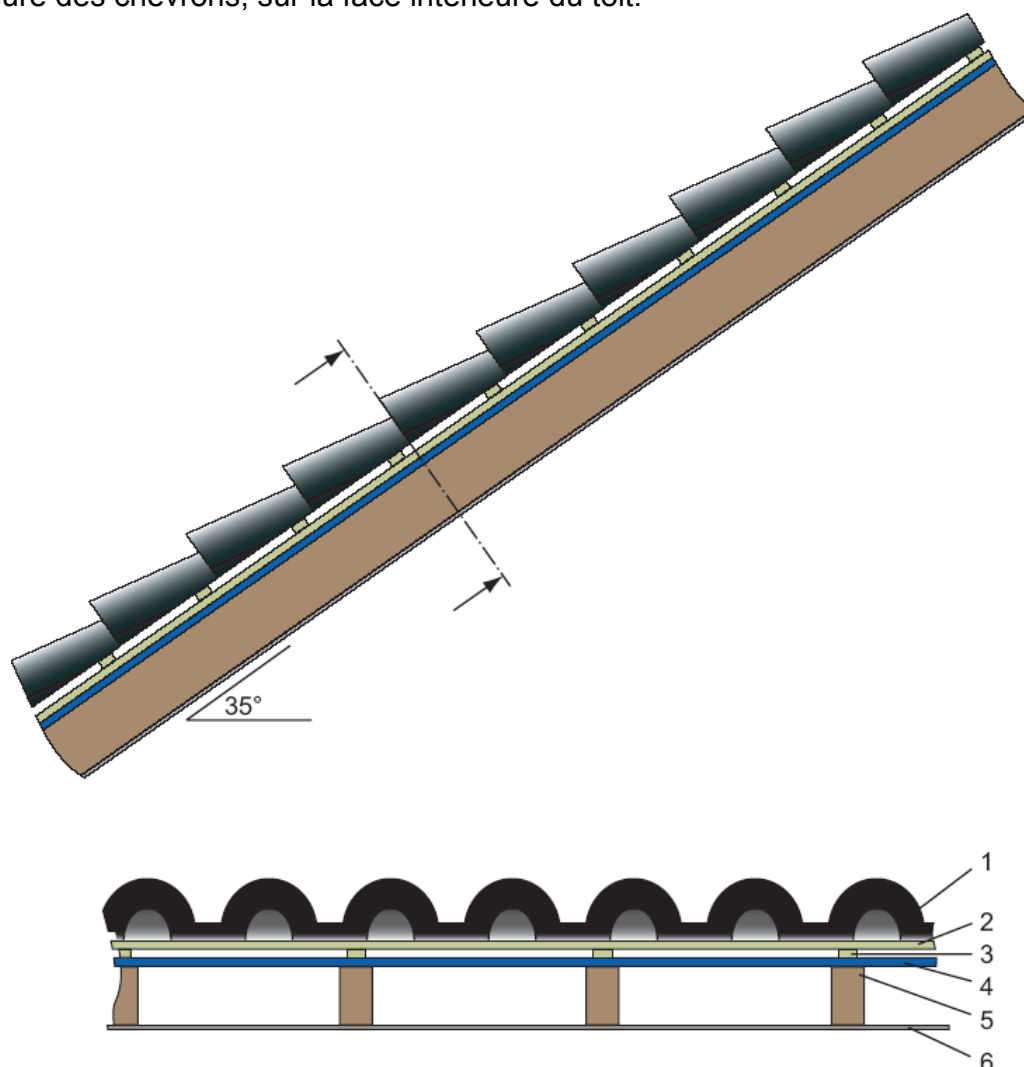
Le matelas de calorifugeage composite « Aluphonic® » ici examiné est composé d'un total de cinq couches composées d'un total de sept différentes couches de matériaux. La couche noyau composée d'une mousse de polyéthylène (PE) d'une épaisseur de 3 mm (poids spécifique : 25 kg/m³) est englobée de chaque côté de feuilles de matelas d'air isolants (diamètre du matelas d'air : 10 mm, hauteur : environ 4 mm). Ce paquet de couches intérieur est englobé de feuilles d'aluminium couchées sur leurs deux surfaces extérieures de laque cellulosique (épaisseur de la couche : environ 30 µm).

Conformément aux indications du demandeur, il fallait tenir compte d'une valeur de 0,14 lors des calculs ici réalisées en ce qui concerne les coefficients d'émission des surfaces extérieures du matelas de calorifugeage composite « Aluphonic® ». Le demandeur indique une valeur de $R = 0,171 \text{ m}^2\text{K/W}$ en ce qui concerne la résistance au passage de chaleur et l'épaisseur totale du matelas de calorifugeage composite « Aluphonic® » est de 10 mm.

L'illustration 1 qui suit représente une situation de mise en oeuvre typique d'un matériau calorifuge pareil : le matelas de calorifugeage composite « Aluphonic® » est directement posé sur les chevrons d'une construction de toit.

L'illustration représente la forme d'un toit en selle/à pignon avec une pente de 35° aussi bien dans une vue latérale que dans une coupe transversale. Le matelas de calorifugeage composite « Aluphonic® » (4) a été posé en bandes parallèlement à la direction de l'égout et il a été fixé à l'aide du contre-lattage (3) sur les chevrons (5). Le contre-

lattage porte le lattage (2) réalisé conformément aux exigences de la couverture sur lequel la couverture du toit (1), par exemple des tuiles en béton ou des briques d'argile, est finalement posée. Comme il est très souvent le cas aujourd'hui pour les aménagements de greniers, une plaque de parement en plâtre (6) a été fixée sur la surface inférieure des chevrons, sur la face intérieure du toit.



III. 1 : Situation typique de mise en oeuvre du matelas de calorifugeage composite « Aluphonic® » sur un comble en pente, 35°, en vue latérale et en coupe transversale :

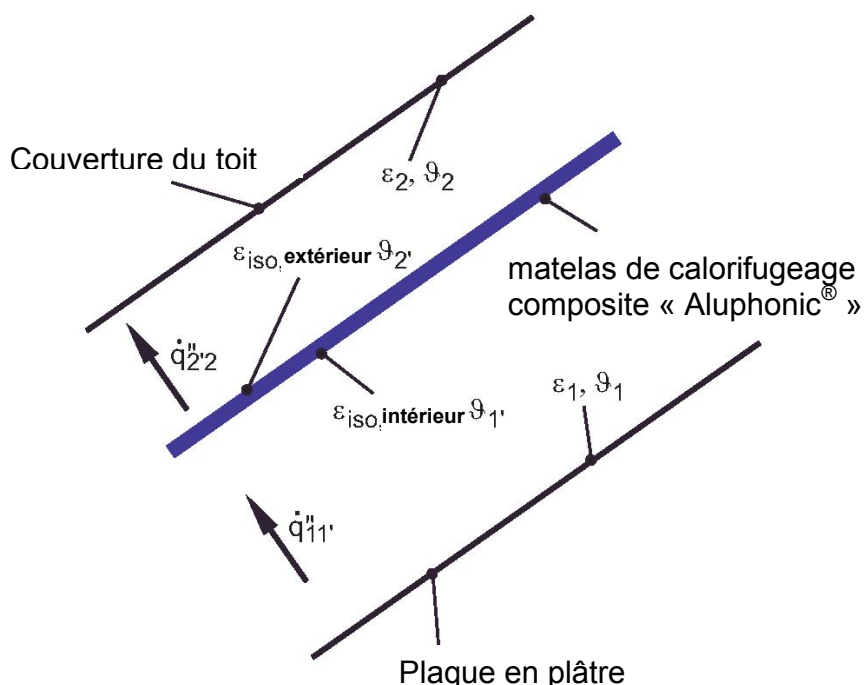
- 1 : couverture du toit ventilée à la face arrière, p.ex. tuiles en béton ou briques d'argile
- 2 : lattage
- 3 : contre-lattage
- 4 : matelas de calorifugeage composite « Aluphonic® »
- 5 : chevrons
- 6 : plaque de parement en plâtre

Il sied dès lors d'examiner, dans le cadre de la présente expertise, dans quelle mesure le transfert de chaleur par rayonnement entre les surfaces délimitantes (la plaque de parement en plâtre à l'intérieur et la couverture du toit à l'extérieur) est influencé par la mise en œuvre du matelas de calorifugeage composite « Aluphonic® » et, notamment, quel est la valeur de calcul de la résistance thermique totale entre les plaques en plâtre et la couverture en supposant certaines conditions aux limites.

3. Les bases du calcul

Le croquis de principe repris à l'illustration 2 lequel relate la situation qui nous occupe d'une manière simplifiée servira de description vivante du transfert de chaleur par rayonnement dans l'exemple de mise en œuvre du matelas de calorifugeage composite « Aluphonic® » ci-dessus exposé.

Le matelas de calorifugeage composite « Aluphonic® » parallèle au plan est posée entre deux surfaces planes parallèles à étendue infinie (plaque de parement en plâtre à l'intérieur, couverture du toit à l'extérieur) à température différente d'une manière telle qu'il y a échange par rayonnement entre le matelas de calorifugeage composite « Aluphonic® » et les surfaces respectives tournées vers lui de la plaque en plâtre respectivement de la couverture du toit.



III. 2 : Croquis de principe de la situation qui nous occupe

Les températures des surfaces de la plaque en plâtre resp. de la couverture du toit aux coefficients d'émission sur les faces intérieures tournées vers le matelas de calorifugeage composite « Aluphonic® » ε_1 et ε_2 sont de ϑ_1 et ϑ_2 .

Les calculs à réaliser se basent sur une température uniforme prédéterminée des plaques en plâtre – conformément à une température correspondante, plus élevée, de la pièce (dépend de la composition respective de la paroi) – de $\vartheta_1 = 20^\circ\text{C}$. En ce qui concerne la température « extérieure » de la couverture du toit, sur la face intérieure, ϑ_2 , nous présumons une valeur de $\vartheta_2 = -20^\circ\text{C}$ pour les besoins des calculs actuels.

En ce qui concerne le coefficient d'émission des plaques en plâtre, nous présumons une valeur de $\varepsilon_1 = 0,9$ pour les calculs.

Le coefficient d'émission de la surface intérieure de la couverture du toit tournée vers le matelas de calorifugeage composite « Aluphonic® » varie selon le matériau utilisé (tuiles en béton, briques d'argile, carton bitumé ou voligeage en bois) entre 0,90 et 0,94. Nous basons les calculs sur une valeur de calcul estimée d'une manière conservatrice à $\varepsilon_2 = 0,94$.

Le matelas de calorifugeage composite « Aluphonic® » est caractérisé par la résistance au passage de chaleur $R_{iso} = 0,171 \text{ m}^2\text{K/W}$, le coefficient d'émission des surfaces extérieures $\varepsilon_{iso} = 0,14$ et l'épaisseur $\delta_{iso} = 10 \text{ mm}$.

4. Equations conditionnelles

Conformément aux conditions aux limites prédéterminées, il faut supposer, pour les deux domaines comprises entre les plaques en plâtre et le matelas de calorifugeage composite « Aluphonic® » resp. entre le matelas de calorifugeage composite « Aluphonic® » et la couverture du toit, que le transfert de chaleur sur base de la différence de température prédéterminée n'a lieu que par rayonnement exclusivement. En ce qui concerne l'échange par rayonnement net entre deux surfaces planes infinies i et j, qu'on peut qualifier de « corps gris », on peut calculer la relation suivante en tenant compte de la loi de Stefan et de Boltzmann :

$$\dot{q}_{ij}'' = \frac{1}{\left(\frac{1}{\varepsilon_i} + \frac{1}{\varepsilon_j} - 1\right)} \cdot C_s \cdot \left[\left(\frac{T_i}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_j}{100}\right)^4 \right] \quad (1)$$

avec la constante de rayonnement $C_s = 5,67 \text{ W/m}^2\text{K}^4$.

D'autre part, en supposant une conduction thermique à une dimension dans un solide de l'épaisseur δ et de la conductivité thermique λ , le flux thermique surfacique est régi par :

$$\dot{q}_{ij}'' = \frac{\lambda}{\delta} \cdot (\vartheta_i - \vartheta_j) \quad (2)$$

l'inertie thermique étant :

$$R = \frac{\delta}{\lambda} \quad (3)$$

Dans le but de calculer les résistances thermiques inconnues R_{ij} du domaine respectif resp. la résistance totale R_{tot} entre les plaques en plâtre et la couverture du toit, les flux thermiques transférés dans les domaines respectifs par rayonnement thermique resp. par conduction thermique (exclusivement dans le matériau isolant) sont égalés conformément aux équations (1) et (2). Nous obtenons les équations suivantes à l'aide d'une indexation conformément à l'illustration 2 :

$$\dot{q}_{11'}'' = \dot{q}_{1'2}'' \quad (4)$$

$$\dot{q}_{1'2'}'' = \dot{q}_{2'2}'' \quad (5)$$

Conformément aux équations conditionnelles (1) resp. (2) reprises ci-dessus, nous pouvons tout d'abord calculer par itération les températures inconnues $\vartheta_{1'}$ et $\vartheta_{2'}$ pour le système d'équation (4) et (5). Les résistances thermiques $R_{11'}$, $R_{1'2'}$ et $R_{2'2}$ peuvent être calculées sur base d'une approche de la résistance à la transmission de chaleur par rayonnement équivalente à celle de la résistance à la transmission de chaleur par conduction

$$\dot{q}_{11'}'' = \frac{1}{R_{11'}} \cdot (\vartheta_1 - \vartheta_{1'}) \quad \text{resp.} \quad (6)$$

$$\dot{q}_{2'2}'' = \frac{1}{R_{2'2}} \cdot (\vartheta_{2'} - \vartheta_2) \quad (7)$$

La résistance totale R_{tot} , par rapport au potentiel de température propulsant ($\vartheta_1 - \vartheta_2$), résulte donc de :

$$R_{\text{tot}} = R_{12} = R_{11'} + R_{1'2'} + R_{2'2} \quad (8)$$

On obtient finalement, également par rapport au potentiel de température propulsant ($\vartheta_1 - \vartheta_2$) et équivalent au rayonnement thermique, un coefficient de transfert de chaleur u_{12} par :

$$u_{12} = \frac{1}{R_{12}} \quad (9)$$

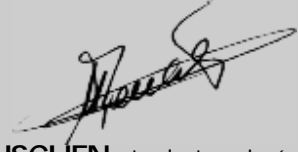
4. Résultats

Les résultats calculés sont repris au tableau 1 qui suit :

Paramètre caractéristique	matelas de calorifugeage composite « Aluphonic® »
Température ϑ_1 [°C], présumée	20
Température $\vartheta_{1'}$ [°C]	3,15
Température $\vartheta_{2'}$ [°C]	1,07
Température ϑ_2 [°C], présumée	- 20
Résistance thermique totale R_{12} [m ² K/W]	3,29
coefficient de transfert de chaleur équivalent u_{12} [W/m ² K]	0,304

Tableau 1 : données déterminées et résultats calculés pour le matelas de calorifugeage composite « Aluphonic® »

Pour traduction conforme,
LONTZEN, le 26 avril 2008.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'H. Rauschen', written over a light grey background.

Horst RAUSCHEN, traducteur juré près le
Tribunal de Première Instance de Verviers, agréé en
cette qualité par décision de cette juridiction siégeant
en assemblée générale le 12 décembre 1980.