

TRADUCTION

WLiK

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

Calculs de transmission thermique par rayonnement lors de la mise en oeuvre du matelas de calorifugeage composite "Aluthermo Quattro"

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

Traité par : Dr-Ing. B. Hillemacher

Aix-la-Chapelle, le 17 mars 2005

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 « Aluthermo Quattro » qui fait l'objet des examens. Le fabricant de ce matériau calorifuge est la firme Aluthermo S.A., Burg-Reuland, Belgique.

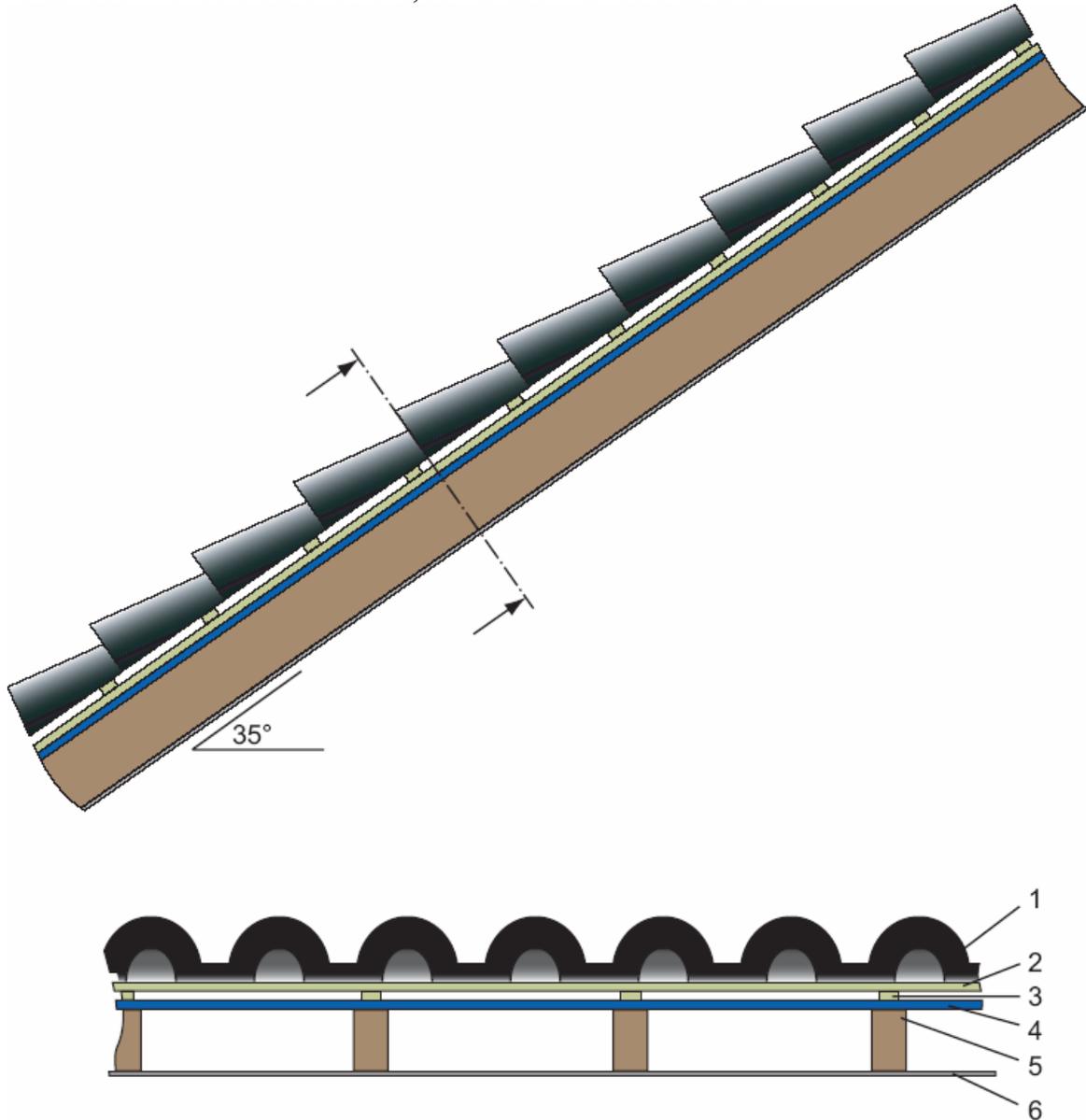
En ce qui concerne le produit « Aluthermo Quattro », nous sommes en possession des deux rapports d'essais de l'Institut de physique du bâtiment de Fraunhofer à Stuttgart n° P15-013.1/2005 du 7 février 2005 intitulé « Détermination du coefficient d'émission des surfaces extérieures d'un matelas de calorifugeage composite à plusieurs couches » et n° P1-003/2005 du 13 janvier 2005 intitulé « Détermination de la résistance au passage de chaleur selon la DIN EN 12667 ». Nous nous référons aux résultats repris dans les rapports d'essais précités dans le cadre de la présente expertise.

Le matelas de calorifugeage composite « Aluthermo Quattro » ici examiné est composé d'un total de 7 couches composées d'un total de 13 différentes couches de matériaux. La couche noyau composée d'une mousse de polyéthylène (PE) d'une épaisseur de 3 mm (poids du matériau : 75 g/m²) est englobée de chaque côté de feuilles d'aluminium couchées de PE (poids du matériau : 20 g/m²) qui sont de nouveau enfermées dans des feuilles de matelas d'air isolants en PE (diamètre du matelas d'air : 10 mm). Ce paquet de couches intérieur est englobé de feuilles d'aluminium (poids du matériau : 81 g/m²) couchées sur leur surface extérieure de laque cellulosique (poids du matériau : 3 g/m²). Les faces intérieures de ces feuilles d'aluminium extérieurs sont de nouveau couchées de PE (poids du matériau : 20 g/m²). Le rapport d'essais P15-013.1/2005 indique que l'épaisseur totale du matelas de calorifugeage « Aluthermo Quattro » est d'environ 11,2 mm et il mentionne un coefficient d'émission des surfaces extérieures de 0,08.

Le rapport d'essais P1-003/2005 mentionne une résistance au passage de chaleur du matelas de calorifugeage composite « Aluthermo Quattro » de $R = 0,279 \text{ m}^2\text{K/W}$.

L'illustration 1 qui suit représente une situation de mise en oeuvre typique d'un matériau calorifuge pareil : le matelas de calorifugeage composite « Aluthermo Quattro » 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 « Aluthermo Quattro » (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.



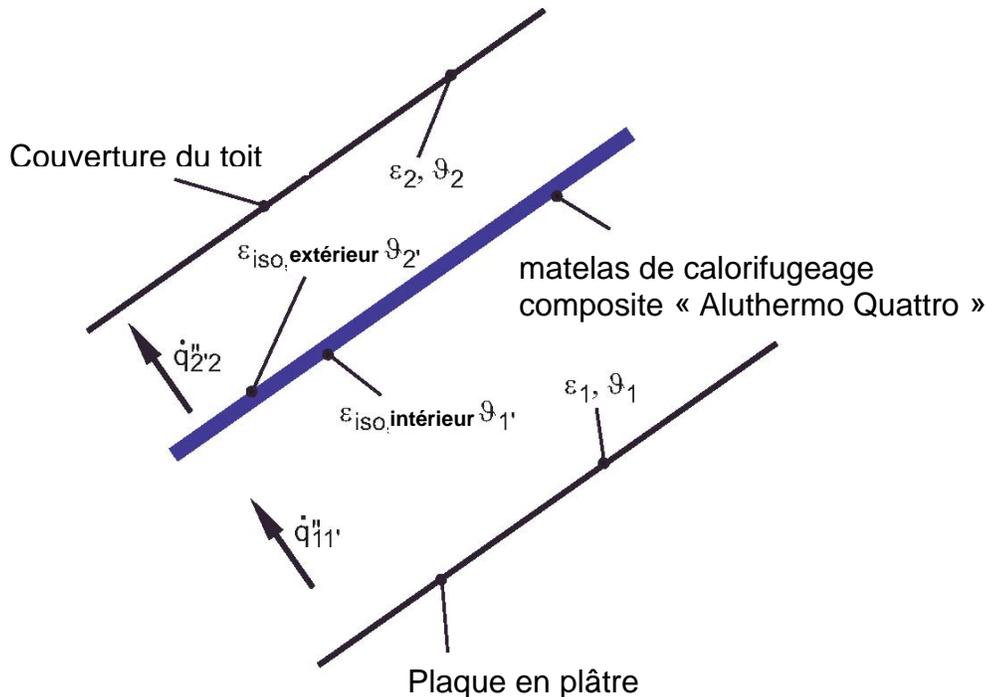
Ill. 1 : Situation typique de mise en oeuvre du matelas de calorifugeage composite « Aluthermo Quattro » sur un comble en pente, 35° , en vue latérale et en coupe transversale :

- 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 « Aluthermo Quattro »
- 5 : chevrons
- 6 : plaque de parement en plâtre

Il s'agit 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 « Aluthermo Quattro » 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.

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 « Aluthermo Quattro » ci-dessus exposé.

Le matelas de calorifugeage composite « Aluthermo Quattro » 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 « Aluthermo Quattro » 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 la bande isolante) ε_1 et ε_2 sont de ϑ_1 et ϑ_2 . Le matelas de calorifugeage composite « Aluthermo Quattro » se caractérise par la résistance au passage de chaleur $R_{iso} = 0,279 \text{ m}^2\text{K/W}$, un coefficient d'émission des surfaces extérieures $\varepsilon_{iso} = 0,08$ et l'épaisseur δ_{iso} .

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 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 « Aluthermo Quattro » 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 $\varepsilon_2 = 0,94$.

3. 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 « Aluthermo Quattro » resp. entre le matelas de calorifugeage composite « Aluthermo Quattro » 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_i du domaine respectif i 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 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 « Aluthermo Quattro »
Température ϑ_1 [°C], présumée	20
Température $\vartheta_{1'}$ [°C]	3,11
Température $\vartheta_{2'}$ [°C]	1,15
Température ϑ_2 [°C], présumée	- 20
Résistance thermique totale R_{12} [m ² K/W]	5,70
coefficient de transfert de chaleur u_{12} [W/m ² K] équivalent au rayonnement thermique	0,175

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

Pour traduction conforme,
LONTZEN. le 24 mars 2005.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Horst Rauschen', written in a cursive style.

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.