



Indice de Révision	Date de mise en application
C	01/07/2018

Cahier Technique 1

Détermination de la conductivité thermique



Table des matières

TABLE DES MATIERES	1
1 PRINCIPE DE LA MESURE	2
1.1 PRODUITS RELEVANT D'UNE NORME EUROPEENNE HARMONISEE.....	2
1.2 PRODUITS A BASE DE FIBRE VEGETALE OU ANIMALE	2
1.3 PRODUITS EN VRAC.....	2
1.4 PRODUITS PENTES	3
2 MESURE DE LA CONDUCTIVITE THERMIQUE A L'ETAT SEC	3
3 MESURE DE LA CONDUCTIVITE THERMIQUE A L'ETAT HUMIDE	4
4 CALCUL DU FRACTILE 90/90	4
4.1 VALEURS UTILES POUR LE CALCUL	4
4.2 CALCUL DIRECT SUR LA CONDUCTIVITE THERMIQUE	5
4.3 CALCUL A PARTIR DE LA MASSE VOLUMIQUE.....	5
5 FACTEURS DE CONVERSION EN HUMIDITE	6
5.1 FACTEUR $F_{v,1}$	6
6 DETERMINATION DE LA CONDUCTIVITE THERMIQUE DECLAREE	7
6.1 PRODUITS RELEVANT D'UNE NORME EUROPEENNE HARMONISEE.....	7
6.2 PRODUITS NE RELEVANT PAS D'UNE NORME EUROPEENNE HARMONISEE.....	7
6.3 REGLE D'ARRONDI	7



1 Principe de la mesure

La mesure de la conductivité thermique est effectuée selon la norme NF EN 12667 ou NF EN 12939.

L'épaisseur des éprouvettes ainsi que les conditions de l'essai sont déterminées conformément au référentiel technique du produit concerné.

La conductivité thermique utilisée pour le calcul de la résistance thermique est exprimée à 10°C, pour un isolant stabilisé à l'équilibre hygrométrique 23°C, 50% HR.

1.1 Produits relevant d'une norme européenne harmonisée

La conductivité thermique est déterminée, le cas échéant après vieillissement des éprouvettes, conformément aux méthodologies définies dans les normes européennes harmonisées en vigueur et au référentiel produit correspondant. La mesure à une température différente de 10°C implique l'établissement d'une courbe de variation de la conductivité thermique en fonction de la température. La mesure à un état autre que l'état stabilisé à 23°C, 50% HR nécessite la détermination du facteur de conversion en humidité.

1.1.1 Produits pentés

Le cas des produits pentés est traité au §1.4

1.2 Produits à base de fibre végétale ou animale

La détermination de la conductivité thermique est réalisée de la façon suivante :

1. mesure de la conductivité thermique des éprouvettes à l'état sec à la température de 10°C.
2. mesure de la conductivité thermique des éprouvettes stabilisées à 23°C/50%HR. Expression du résultat à la température moyenne de 10°C.
3. détermination du facteur de conversion en humidité à partir de mesures de conductivité thermique réalisées.

1.3 Produits en vrac

Les éprouvettes sont préparées selon les modalités du Cahier Technique n°8.

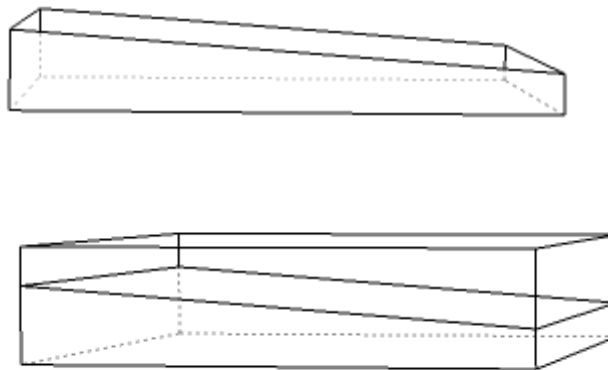
1.4 Produits pentés

Ce paragraphe traite des caractéristiques thermiques des panneaux isolants rigides ayant une épaisseur variable traditionnellement appelé « penté ».

La pente de ces panneaux selon les règles Thbat-THU 4/5 ne peut être supérieur à 5%.

1.4.1 Détermination de la conductivité thermique.

La mesure de la conductivité thermique du panneau penté se fait selon la méthode tête bèche.



Les mesures doivent couvrir la plage de pente (mini-maxi) et la plage d'épaisseur (mini-maxi).

1.4.2 Calcul thermique

Les conductivités thermiques des panneaux pentés sont celles mesurées selon la méthode tête bèche (ci-dessus).

2 Mesure de la conductivité thermique à l'état sec

Sauf spécification dans le référentiel produit, l'état sec est défini comme l'état stabilisé suivant : les éprouvettes sont initialement séchées dans une étuve ventilée régulée à $70^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ jusqu'à obtenir moins de 0,1 % d'écart de masse entre 3 mesures espacées de 24 h (suivant les normes NF EN ISO 12570 et 12571), l'air étant pris dans une chambre conditionnée à $23 \pm 6^{\circ}\text{C}$.

Les mesures de conductivité thermique sont réalisées à l'état sec à la température de 10°C ($\lambda_{10,\text{sec}}$) et à la température de 23°C ($\lambda_{23,\text{sec}}$).

La mesure de conductivité thermique à 23°C est effectuée en vue de la détermination du facteur de conversion en température. Une seule éprouvette de chaque échantillon est mesurée à 23°C .



A la sortie de l'étuve de séchage, des précautions de laboratoire sont prises afin de limiter l'influence de l'humidité ambiante sur la mesure, comme ensacher les éprouvettes dans des enveloppes étanches à la vapeur d'eau par exemple, à l'aide d'un matériau en plastique suffisamment étanche (polyane de 150 μm d'épaisseur, par exemple). Les éprouvettes sont ensuite refroidies, pesées et introduites dans les appareils de mesure.

3 Mesure de la conductivité thermique à l'état humide

La mesure de la conductivité thermique à l'état humide est réalisée en vue de la détermination du facteur de conversion en humidité selon le §5.

Sauf spécification dans le référentiel produit, l'état humide est défini comme l'état stabilisé suivant : les éprouvettes sont conditionnées dans une ambiance à $(23\pm 2)^\circ\text{C}$ et $(50\pm 5)\%$ d'humidité relative pendant une semaine minimum jusqu'à obtenir moins de 0,05 % d'écart de masse entre 2 mesures espacées de 24 h (suivant norme NF EN 12429).

Les mesures de conductivité thermique sont réalisées à l'état humide à la température de 23°C ($\lambda_{23,(23/50)}$) puis ramenées par calcul à 10°C , ou effectuées directement à 10°C ($\lambda_{10,(23/50)}$).

Des précautions de laboratoire identiques à celles mentionnées au § 2 sont prises pour limiter l'influence de l'humidité ambiante sur la conductivité thermique.

4 Calcul du fractile 90/90

4.1 Valeurs utiles pour le calcul

Dans le cadre de l'application de la norme NF EN ISO 10456, quelques valeurs de k pour un intervalle de tolérance unilatéral de 90 % avec un niveau de confiance de 90 % sont données ci-dessous :

Nombre d'échantillons mesurés	k
10	2,07
12	1,97
14	1,90
16	1,84
18	1,80
20	1,77
25	1,70
30	1,66
35	1,62
40	1,60



45	1,58
50	1,56
100	1,47
300	1,39
500	1,36
2000	1,32

Pour d'autres nombres d'échantillons, la valeur de k est obtenue par interpolation linéaire, ou issue de la norme ISO 12491.

4.2 Calcul direct sur la conductivité thermique

La connaissance de la conductivité thermique moyenne et de l'écart type permet l'établissement d'une valeur correspondant au fractile 90% avec une confiance de 90% selon les principes de la norme ISO 10456 rappelés ci-après :

$$\lambda_{90/90} = \lambda_{moyen} + k \cdot s_{\lambda}$$

$$s_{\lambda} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\lambda_i - \lambda_{moyen})^2}{n-1}}$$

- avec :
- $\lambda_{90/90}$: conductivité thermique au fractile 90/90
 - λ_{moy} : conductivité thermique moyenne sur la plage considérée
 - s_{λ} : estimateur de l'écart-type de la conductivité thermique
 - k : facteur dépendant du nombre d'échantillons mesurés
 - n : nombre d'échantillons mesurés

Un effectif de 10 échantillons (1 échantillon par lot) est un strict minimum.

Si le produit est fabriqué dans plusieurs usines, la conductivité thermique moyenne et l'écart type devront être déterminés pour chacune d'elle.

4.3 Calcul à partir de la masse volumique

Cette méthode de calcul repose sur la relation entre la conductivité thermique et la masse volumique établie par une courbe $\lambda = f(\rho)$.

4.3.1 Fractile sur la masse volumique

A partir des résultats de masse volumique fournis par le producteur, la valeur de la masse volumique correspondant au fractile 90 % avec un niveau de confiance de 90 % est calculée selon la formule suivante, puis arrondie à 0,1 kg/m³ près :

$$\rho_{90/90} = \rho_{moy} - k \times s_{\rho}$$



$$s_p = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\rho_i - \rho_{\text{moy}})^2}{n-1}}$$

- avec :
- $\rho_{90/90}$: masse volumique au fractile 90/90
 - ρ_{moy} : masse volumique moyenne sur la plage considérée
 - s_p : estimateur de l'écart-type de la masse volumique
 - k : facteur dépendant du nombre d'échantillons mesurés
 - n : nombre d'échantillons mesurés

Un effectif de 10 échantillons constitue un strict minimum.

4.3.2 Conductivité thermique de référence

A partir de la valeur de cette masse volumique ($\rho_{90/90}$) et de la courbe de modélisation $\lambda_{\text{mod}} = f(\rho_{\text{mod}})$, on détermine la valeur de la conductivité thermique de référence $\lambda_{\text{réf}}$.

Cette valeur $\lambda_{\text{réf}}$ est définie par la valeur de conductivité thermique qui correspond, sur la courbe $\lambda_{\text{mod}} = f(\rho_{\text{mod}})$, à la valeur de masse volumique ($\rho_{90/90}$), puis arrondie au 1 mW/(m.K) supérieur.

5 Facteurs de conversion en humidité

Pour la déclaration de la valeur thermique, les facteurs de conversion en humidité $f_{u,1}$ et $f_{u,2}$ sont déterminés en deux étapes décrites ci-après.

5.1 Facteur $f_{u,1}$

Le facteur d'humidité est calculé sur N éprouvettes. Sauf précision dans un référentiel produit, le nombre d'éprouvettes N est égal à 2.

Etape 1 : conditionnement à l'état sec des N éprouvettes selon le § 2 puis mesure de la masse et de la conductivité thermique. Les valeurs moyennes sont notées comme suit :

m_{sec} : valeur moyenne de la masse en kg,

$\lambda_{10, \text{sec}}$: valeur moyenne de la conductivité thermique à l'état sec à 10°C, en W/(m.K).

Etape 2 : conditionnement des N éprouvettes à $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ et $(50 \pm 5)\%$ HR selon le §3 puis mesure de la masse et de la conductivité thermique. Les valeurs moyennes sont notées comme suit:

$m_{23,50}$: valeur moyenne de la masse en kg,

$\lambda_{10, (23,50)}$: valeur moyenne de la conductivité thermique à l'état humide

Calcul du coefficient adimensionné $u_{23,50}$ selon la formule :



$$u_{23,50} = \frac{m_{23,50} - m_{\text{sec}}}{m_{\text{sec}}}$$

Calcul du facteur de conversion humidité $f_{u,1}$ (selon ISO 10456) :

$$f_{u,1} = \frac{\ln \frac{\lambda_{10,(23,50)}}{\lambda_{10,\text{sec}}}}{u_{23,50} - u_{\text{sec}}}$$

6 Détermination de la conductivité thermique déclarée

6.1 Produits relevant d'une norme européenne harmonisée

La conductivité thermique est déclarée selon les modalités des normes européennes harmonisées en vigueur.

6.2 Produits ne relevant pas d'une norme européenne harmonisée

6.2.1 Cas des produits hygroscopiques

La conductivité thermique déclarée λ_D selon la formule :

$$\lambda_D = \lambda_{10,\text{sec},90/90} \times e^{f_{u,1}(u_{23,50} - u_{\text{sec}})}$$

6.2.2 Autres produits

La conductivité thermique déclarée λ_D selon la formule :

$$\lambda_D = \lambda_{10,\text{sec},90/90}$$

6.3 Règle d'arrondi

La valeur de la conductivité thermique déclarée, λ_D , doit être arrondie à 0,001 W/(m K) par excès.