

Notion de résistance thermique

Compétences abordées

Cette activité permet d'évaluer les compétences suivantes :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Compétences attendues : 1 – non maîtrisées 2 – insuffisamment maîtrisées 3 – maîtrisées 4 – bien maîtrisées | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Rechercher, extraire et exploiter l'information | | | | |
| Raisonner, argumenter et faire preuve d'esprit critique | | | | |

Documents

Document 1 : fiche descriptive de la laine de roche

Document technique

Isolation des combles perdus par soufflage de laine de roche.

Conditionnement

Laine de roche en flocons conditionnée en sacs de 25 kg.

Fonctionnalité

- Rapidité de mise en œuvre
- Continuité de l'isolation (suppression des ponts thermiques)
- Isolation soufflée stable, sans fixateur
- Adaptation parfaite aux combles difficiles d'accès (faible hauteur sous faîtage, trappe réduite, fermette).

Sécurité incendie

- La laine de roche considérée est classée M0 (non combustible).
- Elle ne participe pas au développement de l'incendie et contribue à la protection des structures

Résistance thermique intrinsèque

- Conductivité thermique pour une densité d'application de $22,5 \text{ kg/m}^3$: la mesure de la conductivité thermique de la laine de roche considérée a été réalisée conformément à la Norme Française NF X 10-021, qui correspond à la méthode de la plaque chaude gardée.
 $\lambda = 0,0427 \text{ W/m.K}$

| | | | | | | | | | |
|--|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| Résistance thermique intrinsèque (en $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$) | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 | 5,5 | 6 |
| Épaisseur (en cm) | 8,5 | 10,5 | 13 | 15 | 17 | 19 | 21 | 23 | 25,5 |
| Poids moyen (en kg/m^2) | 1,9 | 2,4 | 2,9 | 3,4 | 3,8 | 4,3 | 4,7 | 5,2 | 5,7 |

Document 2 : Document destiné au grand public lisible sur le site de l'ADEME

| | | | |
|---|------------------------------|---|---------------------------|
|  <p>Nom ou marque distinctive Adresse déposée du fabricant 2 derniers chiffres de l'année d'apposition marquage CE N° certificat de conformité CE N° EN de cette norme produit Identité du produit</p> | | | |
| Organisme notifié n° XXXXX code de désignation | | | |
| Euroclasse A2 S1d0 | R m².K/W 1,35 | λ, W/m.K 0,038 | épaisseur mm 50 |
| m²/coils 3,60 | pièces par coils 3 | longueur mm 1200 | largeur mm 1000 |
| NOM PRODUIT XXXXXXX N° contrôle + usine | | | |
|  En option : profil d'usage ISOL certifié | |  | |
| AT CSTB N° XX/YY-ZZZZ Nom ou marque commerciale | | | |

Conductivité thermique
*Propre au matériau.
Ne dépend pas de
l'épaisseur.*

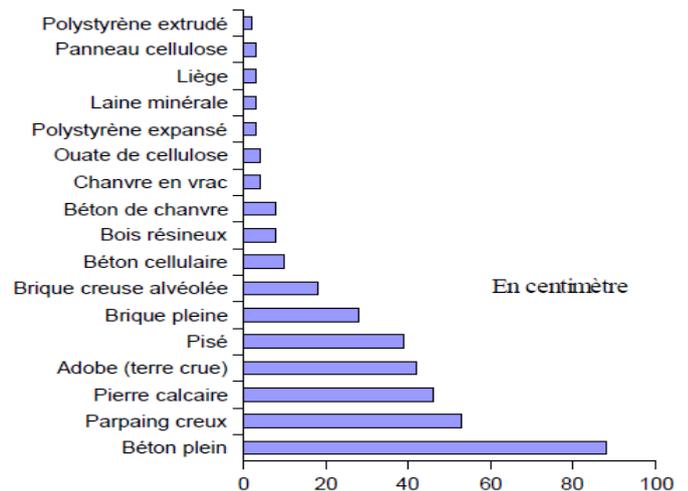
Résistance thermique intrinsèque
Dépend de l'épaisseur

Passer de R à Lambda
Prendre l'inverse de R
 $1 / 1,35 = 0,741$

*Multiplier par
l'épaisseur en mm*
Diviser par 1000
 $(0,741 \times 50) / 1000 = 0,038$

Document 3 : Conductivité thermique de certains matériaux

| Matériau | Conductivité thermique λ (W.m ⁻¹ .K ⁻¹) |
|---------------------------------------|--|
| Polystyrène expansé | 0,04 |
| Laine minérale (de verre ou de roche) | 0,04 |
| Bois | 0,20 |
| Béton cellulaire | 0,24 |
| Brique pleine | 0,75 |
| Béton plein | 1,75 |
| Acier | 52 |
| Verre | 1,2 |



Épaisseur de la paroi donnant le même niveau d'isolation thermique

Document 4 : Notion de flux thermique



Lorsqu'une paroi (de surface S et d'épaisseur e) est soumise à un écart de température ΔT entre ses deux faces, elle est traversée par un flux énergétique Φ .

Ce flux obéit à la loi physique :
 $\Delta T = R \cdot \Phi$

Avec :

- T exprimé en Kelvin
- R est la résistance thermique de la paroi en K.W⁻¹
- Φ est le flux thermique en W

Remarque : les professionnels du bâtiment utilisent la résistance thermique intrinsèque R_i qui est une grandeur indépendante de la surface exposée au flux : $R_i = S \cdot R$

Exploitation des documents

A l'aide de vos connaissances et des documents répondre aux questions suivantes :

1. Appropriation de paramètres physiques utiles et relations entre eux

1.1. Comment la résistance intrinsèque R_i de la laine de roche varie-t-elle avec l'épaisseur e ?

Coup de pouce : tracer le graphe $R_i = f(e)$ sur tableur, utiliser les fonctionnalités du logiciel pour déterminer la relation entre R_i et e .

1.2. On pose $R_i = k.e$

1.2.1. Déterminer la valeur numérique du coefficient k dans le système international d'unités.

1.2.2. Par une analyse dimensionnelle, montrer que k s'exprime en $m.K.W^{-1}$.

1.2.3. En réalité, $k = \frac{1}{\lambda}$ où λ désigne la conductivité thermique du matériau.

Cette relation est-elle en accord avec l'analyse dimensionnelle précédente ?

1.2.4. Quelle est la valeur de la conductivité thermique de la laine de roche déduite du graphe précédent ? Cette valeur est-elle en accord avec celle de la fiche technique (document 1) ?

2. Vérification

2.1. Écrire la relation liant la résistance intrinsèque R_i d'un matériau à sa conductivité thermique λ et à l'épaisseur e de la paroi.

2.2. Cette relation est-elle compatible avec les données du document 2 ?

2.3. Expliquer pourquoi, en exploitant les données du document 3, une épaisseur de 2 cm de laine de roche est aussi efficace qu'un mur de béton plein de 90 cm d'épaisseur.

2.4. D'après le graphique du document 3, quelle serait l'épaisseur de brique pleine donnant la même efficacité thermique ?

3. Application

3.1. Calculer la résistance intrinsèque $R_{i,acier}$ d'une paroi d'acier de 2 cm d'épaisseur et la $R_{i,poly.}$ de la même épaisseur de polystyrène expansé.

3.2. En déduire les valeurs des résistances thermiques des parois si elles présentent une surface de $10 m^2$.

3.3. En déduire les valeurs des flux thermiques qui permettent le maintien d'un écart de température de $15^\circ C$ de part et d'autre de ces parois.

4. Intérêt du double vitrage

4.1- Certaines fenêtres à double vitrage possèdent deux vitres parallèles séparées par un gaz tel que l'argon. Elles permettent de mieux isoler les pièces d'une maison. La conduction est le mode prépondérant de transfert d'énergie à travers un double vitrage. Quels sont les autres modes de transferts possibles ?

4.2- Dans quel sens a lieu le transfert d'énergie ?

4.3- On précise que dans le cas d'une paroi composite, c'est à dire formée de plusieurs couches de matériaux différents, la résistance thermique totale est la somme des résistances des différentes couches.

4.3.1. En considérant une surface vitrée de $1 m^2$, calculer la résistance thermique de chacune des 3 parois composant le double vitrage.

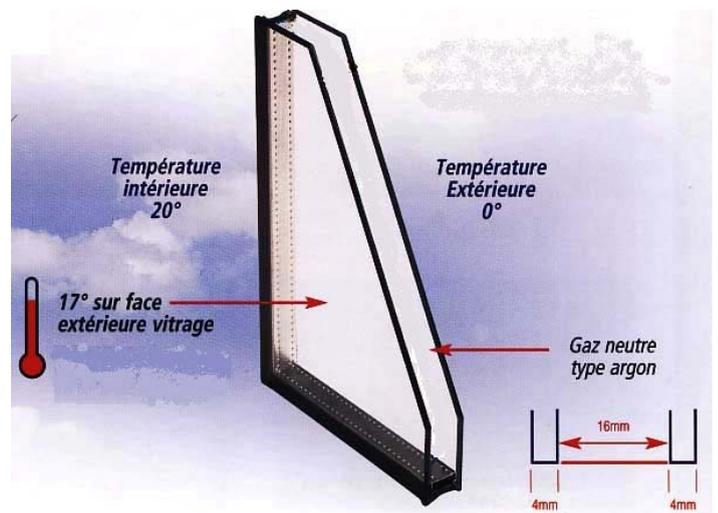
4.3.2. Déterminer la résistance totale du double vitrage.

4.3.3. Quelle est la valeur du flux thermique qui le traverse ?

4.3.4. Comparer cette valeur avec celle du flux traversant un simple vitrage d'épaisseur 8 mm.

4.3.5. Dégager l'intérêt du double vitrage par rapport au simple vitrage.

4.3.6. Établir une analogie avec un circuit électrique.



Données : Conductivités thermiques : $\lambda(\text{air}) = 0,026 W.m^{-1}.K^{-1}$; $\lambda(\text{argon}) = 0,017 W.m^{-1}.K^{-1}$; $\lambda(\text{verre}) = 1,2 W.m^{-1}.K^{-1}$.