

Séance de 1 heure | Situation et cours

Isolation d'un logement : résistance thermique

Seconde TNE | Domaine « Thermique »

Prénom et nom : Classe :

Énoncé — Contexte professionnel : rénovation énergétique d'un pavillon

Un technicien en rénovation énergétique intervient chez des particuliers dont le pavillon des années 1970 est mal isolé. La facture de chauffage est très élevée : les murs sont en parpaing nu et les combles ne sont pas isolés.

Le technicien doit proposer une solution d'isolation pour les murs et pour les combles. Pour cela, il compare les isolants à partir de leur fiche technique (tableau des conductivités du cours).

Les propriétaires demandent : « Quelle épaisseur d'isolant faut-il poser pour atteindre la cible du projet et obtenir les aides ? »

Définition — Conductivité thermique λ (lambda)

La **conductivité thermique** d'un matériau mesure sa capacité à laisser passer la chaleur. Plus λ est **faible**, plus le matériau est **isolant**. Unité : $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$.

Définition — Résistance thermique R d'une couche

La résistance thermique d'une couche de matériau se calcule par : $R = e/\lambda$, avec R : résistance thermique en $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$; e : épaisseur de la couche en **mètres (m)**; λ : conductivité thermique en $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$.

Plus R est **grand**, plus la couche est **isolante**. Attention : il faut convertir l'épaisseur en mètres avant le calcul.

Propriété — Résistance thermique d'une paroi à plusieurs couches

Quand une paroi est formée de plusieurs couches superposées, les résistances thermiques **s'additionnent** : $R_{\text{total}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$. Ce modèle simplifié ne compte que les couches de matériaux.

Définition — Coefficient de transmission thermique U

Le coefficient U est l'inverse de la résistance thermique totale : $U = 1/R_{\text{total}}$. Unité : $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Plus U est **faible**, plus la paroi est **isolante**. Dans ce projet, le technicien s'est fixé une cible pour les murs : $U \leq 0,40 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. C'est un choix du projet, pas une règle.

Propriété — Les aides à la rénovation (CEE)

Pour obtenir l'aide des certificats d'économies d'énergie (CEE), la résistance thermique de l'**isolant posé** doit être au moins de : **$3,7 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$** pour un mur ; **$7 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$** pour des combles perdus.

Matériau	λ ($\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$)
Brique	0,60
Bois	0,15
Parpaing	1,10
Plaque de plâtre	0,25

Isolant	λ ($\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$)
Laine de verre	0,035
Mousse polyuréthane	0,024
Laine de roche	0,038
Polystyrène expansé	0,038

Les isolants ont tous une conductivité λ très faible, inférieure à $0,04 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$: c'est ce qui les rend efficaces.

Application et exercices | Socle

Résistance thermique d'une paroi

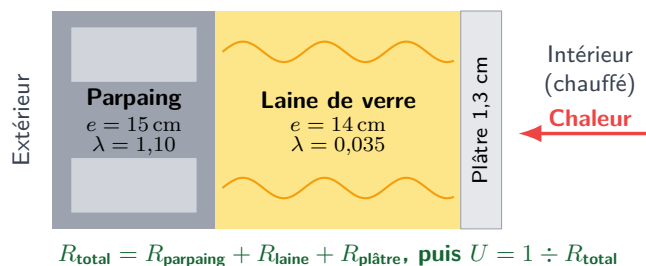
Écris tes calculs et l'unité de chaque résultat.

Exemple — Calcul d'un mur isolé

Un mur en parpaing de 15 cm ($\lambda = 1,10$), isolé par l'intérieur avec 14 cm de laine de verre ($\lambda = 0,035$) et une plaque de plâtre de 1,3 cm ($\lambda = 0,25$), soit 0,15 m, 0,14 m et 0,013 m.

$R_1 = 0,15 \div 1,10 \approx 0,14$; $R_2 = 0,14 \div 0,035 = 4,00$; $R_3 = 0,013 \div 0,25 \approx 0,05$. $R_{\text{total}} = 0,14 + 4,00 + 0,05 = 4,19 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$, puis $U = 1 \div 4,19 \approx 0,24 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$.

Conclusion : $U = 0,24$ est inférieur à 0,40, le mur **respecte la cible du projet**; l'isolant seul a $R = 4,00$, au moins 3,7, il **permet d'obtenir l'aide CEE**.



Coupe du mur isolé de l'exemple, schéma sans échelle. De l'extérieur (à gauche) vers l'intérieur (à droite) : parpaing de 15 cm, laine de verre de 14 cm, plaque de plâtre de 1,3 cm. La chaleur sort du logement.

Exercice 1 – Convertir des épaisseurs

Exemple — Sur d'autres valeurs

Pour passer des centimètres aux mètres, on divise par 100 : 15 cm = $15 \div 100 = 0,15$ m et 2,5 cm = $2,5 \div 100 = 0,025$ m.

À toi de jouer.

Épaisseur en cm	10	12	8	1,3	20
Épaisseur en m					

1. Compléter le tableau en convertissant chaque épaisseur en mètres.

Exercice 2 – Classer des isolants

Exemple — Sur d'autres valeurs

Plaque de plâtre (0,25), béton (1,75), brique (0,60) : du plus petit λ au plus grand, plâtre → brique → béton. La plaque de plâtre est la plus isolante des trois, le béton la moins isolante.

À toi de jouer.

On donne la conductivité λ de quatre matériaux, en $\text{W/(m} \cdot \text{K)}$: laine de verre (0,035) — polyuréthane (0,024) — laine de roche (0,038) — bois (0,15).

1. Classer ces matériaux du **plus isolant** au **moins isolant**.
2. Lequel de ces matériaux n'est pas un isolant ? Justifier avec sa valeur de λ .

Exercice 3 – Résistance d'un isolant seul**Exemple — Sur d'autres valeurs**

Un panneau de polystyrène expansé de 5 cm : $e = 0,05$ m, $R = 0,05 \div 0,038 \approx 1,32 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$, puis $U = 1 \div 1,32 \approx 0,76 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

À toi de jouer.

Une entreprise d'isolation pose un panneau de laine de roche de 10 cm d'épaisseur ($\lambda = 0,038 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$) dans des combles.

1. Convertir l'épaisseur du panneau en mètres.
2. Calculer la résistance thermique R du panneau, arrondie au centième.
3. Calculer le coefficient U de ce panneau seul, arrondi au centième.

Exercice 4 – Tableau de résistances**Exemple — Sur d'autres valeurs**

Pour 6 cm ($e = 0,06$ m) : bois, $R = 0,06 \div 0,15 = 0,40 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$; laine de roche, $R = 0,06 \div 0,038 \approx 1,58 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$. La laine de roche, dont λ est plus petit, a le plus grand R .

À toi de jouer.

Un technicien d'études compare trois isolants de 12 cm d'épaisseur ($e = 0,12$ m).

Isolant	e (m)	λ ($\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$)	$R = e/\lambda$ ($\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$)
Laine de verre	0,12	0,035	
Polyuréthane	0,12	0,024	
Laine de roche	0,12	0,038	

1. Compléter le tableau en calculant $R = e/\lambda$, arrondi au centième.
2. Quel isolant donne la plus grande résistance ? Pourquoi ?

Exercices | Standard

Exercice 5 – Mur isolé à deux couches

Exemple — Sur d'autres valeurs

Un mur de 20 cm de brique ($\lambda = 0,60$) doublé de 8 cm de polyuréthane ($\lambda = 0,024$) : $R_1 = 0,20 \div 0,60 \approx 0,33$; $R_2 = 0,08 \div 0,024 \approx 3,33$; $R_{\text{total}} = 0,33 + 3,33 = 3,66 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$, puis $U = 1 \div 3,66 \approx 0,27 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

À toi de jouer.

Un technicien d'études calcule la performance d'un mur en parpaing après isolation. La paroi comprend : Parpaing : $e = 20 \text{ cm}$, $\lambda = 1,10 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$; Laine de verre : $e = 10 \text{ cm}$, $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$.

1. Calculer la résistance thermique de chaque couche.

2. Calculer R_{total} et le coefficient U .

3. Le projet vise $U \leq 0,40 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Le mur respecte-t-il cette cible dans le modèle simplifié ?

4. Pour l'aide CEE, l'isolant posé sur un mur doit avoir $R \geq 3,7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. La laine de verre de 10 cm permet-elle d'obtenir l'aide ?

Exercice 6 – Isolation des combles

Exemple — Sur d'autres valeurs

Avec de la laine de roche ($\lambda = 0,038$) : 30 cm donnent $R = 0,30 \div 0,038 \approx 7,89 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. Pour atteindre $R = 5$, il faut $e = R \times \lambda = 5 \times 0,038 = 0,19 \text{ m}$, soit 19 cm.

À toi de jouer.

Les combles perdus d'un pavillon ne sont pas isolés. Une entreprise d'isolation propose de poser 20 cm de laine de verre ($\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$) sur le plancher des combles.

1. Calculer la résistance thermique R de cette couche.

2. Pour obtenir l'aide CEE, l'isolant posé dans des combles perdus doit avoir $R \geq 7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. La pose de 20 cm est-elle suffisante ?

3. Calculer l'épaisseur de laine de verre nécessaire pour atteindre $R = 7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

Mon bilan avec l'enseignant : ☐ Calculer R ☐ Calculer R_{total} et U ☐ Conclure.