

Tester ses connaissances

Q.C.M. Pour chaque ligne, indiquer la (ou les) bonne(s) réponse(s).

	A	B	C
1. La résistance thermique d'une paroi...	dépend du matériau	augmente quand l'épaisseur augmente	diminue quand l'épaisseur augmente
2. Le rendement d'un appareil de chauffage est le rapport...	$\eta = \frac{E_r}{E_c}$	$\eta = \frac{E_c}{E_r}$	$\eta = \frac{1}{E_c \cdot E_r}$
3. Le flux thermique à travers une paroi s'exprime en...	watt	joule	wattheure
4. Si la résistance thermique d'un matériau est importante, ce matériau est...	un bon isolant thermique	un mauvais isolant thermique	un mauvais conducteur thermique
5. Si le coefficient de transmission surfacique d'un matériau est faible, ce matériau est...	un mauvais isolant thermique	un mauvais conducteur thermique	un bon isolant thermique



Tester ses capacités

Différencier puissance et énergie

(capacité C1)

1. Plaque signalétique d'un appareil

Pourquoi la plaque signalétique d'un appareil électrique indique-t-elle toujours la puissance et ne renseigne-t-elle jamais sur l'énergie ?

2. Plaquette pour un chauffage

Une plaquette publicitaire pour une marque de chaudière indique : « les chaudières sont disponibles en cinq versions de 15, 25, 32, 45 et 60 kW ».

S'agit-il d'indications de puissance ou d'énergie ?

3. Abonnement électrique

La facture d'électricité d'un abonné comporte les indications suivantes : abonnement 9 kW ; consommation 1 320 kWh.

Que représentent ces deux indications ?

Calculer le rendement des appareils et systèmes de chauffage (capacité C2)

4. Radiateur de chauffage central

Un radiateur à eau chaude a une puissance nominale de 1 200 W.

Il est alimenté en eau chaude par la chaudière (E_c) et restitue une partie de cette énergie thermique dans la pièce (E_r).



- Calculer l'énergie nominale restituée dans la pièce pendant une heure de fonctionnement.
- L'énergie thermique fournie par la chaudière pour chauffer l'eau est 1,53 kWh. Calculer le rendement η du radiateur.

Calculer la résistance thermique d'un matériau (capacité C3)

5 Résistance thermique du béton

- Rappeler la formule donnant la résistance thermique d'un matériau en fonction de son épaisseur e et de sa conductivité thermique λ . Indiquer les unités utilisées.
- Calculer la résistance thermique d'un mur en béton de 20 cm d'épaisseur.
Conductivité thermique du béton :
 $\lambda = 1,75 \text{ W/(m.K)}$.

6 Résistance thermique d'un mur

- Un mur comporte trois épaisseurs de matériaux de résistance thermique R_1 , R_2 et R_3 . Quelle est la résistance thermique R du mur ?
- Un mur comporte de l'intérieur vers l'extérieur :
 - une paroi de placo-plâtre de 1 cm d'épaisseur (conductivité thermique $\lambda = 0,46 \text{ W/(m.K)}$);
 - une couche de laine de verre de 10 cm d'épaisseur (conductivité thermique $\lambda = 0,041 \text{ W/(m.K)}$);
 - une paroi en brique de 20 cm d'épaisseur (conductivité thermique $\lambda = 0,84 \text{ W/(m.K)}$).

Calculer la résistance thermique du mur.

Calculer un flux thermique à travers une paroi, la relation étant donnée (capacité C4)

7 Flux thermique à travers une paroi en bois

La loi exprimant le flux thermique à travers une paroi est :

$$\Phi = \frac{\lambda \cdot A \cdot (\theta_2 - \theta_1)}{e}$$

- Calculer le flux thermique à travers une paroi en bois dont les caractéristiques sont les suivantes :
 λ : conductivité thermique du bois :
 $0,15 \text{ W/(m.K)}$;
 A : aire de la surface d'échange : 10 m^2 ;
 θ_1 : température de la zone froide en kelvin :
 273 K ;
 θ_2 : température de la zone chaude en kelvin :
 293 K ;
 e : épaisseur : $0,10 \text{ m}$.
- En quelle unité est exprimé le flux thermique ?

J'applique le cours

8 Maîtriser les grandeurs physiques des thermiciens

Recopier et compléter le tableau suivant pour préciser la résistance thermique de chaque matériau :

Matériau λ (W/(m.K))	Épaisseur e (m)	R (m ² .K/W)
Béton 1,75	0,15	
Bois de sapin 0,12	0,05	
Brique monomur 0,18		1,1
Laine de verre 0,041	0,20	

9 Apprendre à résoudre

Économie d'énergie

Un plafond a une surface de 120 m^2 . En moyenne, la température intérieure est de 292 K , la température extérieure 278 K .

Le coefficient de transmission thermique du plafond non isolé est :

$$U_1 = 1,6 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$$

- Calculer la résistance thermique du plafond non isolé.
 - Calculer le flux thermique à travers le plafond non isolé.
- On souhaite poser une épaisseur $e = 20 \text{ cm}$ de laine de verre sur le hourdis constituant le plafond.
- Calculer la résistance thermique de la laine de verre sachant que sa conductivité thermique est :
 $\lambda = 0,041 \text{ W/(m.K)}$.
 - En déduire la résistance thermique et le coefficient de transmission thermique du plafond isolé.
 - Quel est le nouveau flux thermique des déperditions à travers le plafond isolé ?

SOLUTION

- La résistance thermique du plafond non isolé est :

$$R_1 = \frac{1}{U_1} = \frac{1}{1,6} = 0,625 \text{ m}^2\text{.K/W}$$

- Le flux thermique à travers le plafond non isolé est :

$$\begin{aligned} \Phi_1 &= \frac{\lambda \cdot A \cdot (\theta_2 - \theta_1)}{e} = U_1 \cdot A \cdot (\theta_2 - \theta_1) \\ &= 1,6 \times 120 \times 14 = 2688 \text{ W} \approx 2700 \text{ W} \end{aligned}$$

- La résistance thermique de la laine de verre est :

$$R_2 = \frac{e}{\lambda} = \frac{0,20}{0,041} = 4,878 \text{ m}^2\text{.K/W}$$

- La résistance thermique du plafond isolé est :

$$R = R_1 + R_2 = 0,625 + 4,878 = 5,503 \text{ m}^2\text{.K/W}$$

Le coefficient de transmission thermique est :

$$U = \frac{1}{5,503} = 0,18 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}.$$

e. Le nouveau flux thermique des déperditions à travers le plafond est :

$$\Phi = U \cdot A \cdot (\theta_2 - \theta_1) = 0,18 \times 120 \times 14 = 302,4 \text{ W} \approx 300 \text{ W}.$$

À vous de résoudre

Les murs d'un atelier sont en bois de sapin d'épaisseur 5 cm dont la conductivité est $\lambda = 0,15 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.

La surface des murs est de 100 m^2 . La température extérieure est de 273 K et la température de l'atelier 291 K .

a. Calculer la résistance thermique des murs non isolés.

b. Calculer le flux thermique à travers les murs non isolés.

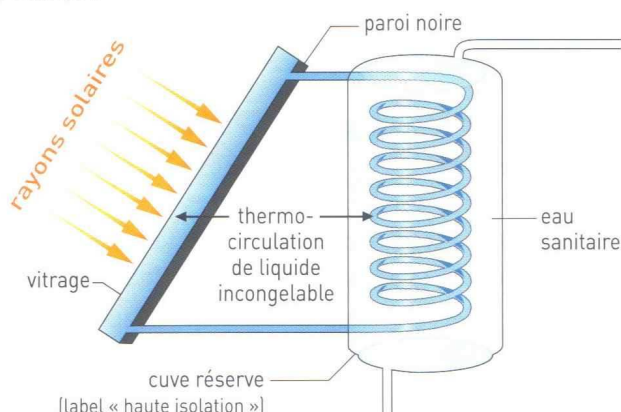
On fixe sur les murs un doublage BA13 dont la résistance thermique est $R = 3,15 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$.

c. Calculer la résistance thermique des murs isolés.

d. Quel est le nouveau flux thermique des déperditions à travers les murs isolés ?

10. Rendement d'un chauffe-eau solaire

Le circuit d'un chauffe-eau solaire est schématisé ci-dessous :



a. Identifier le mode de transfert de l'énergie du soleil au panneau solaire.

b. Un essai d'utilisation du chauffe-eau a donné les résultats suivants :

- débit de l'eau circulant dans le capteur : $D = 20 \text{ L/h}$;
- température d'entrée de l'eau $\theta_1 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$;
- température de sortie de l'eau $\theta_2 = 40 \text{ }^\circ\text{C}$.

Calculer la quantité de chaleur absorbée par l'eau circulant dans le capteur pendant une heure. Exprimer le résultat en kJ et en kWh.

Donnée : capacité thermique massique de l'eau $c = 4,18 \text{ J/(g}\cdot\text{ }^\circ\text{C)}$

c. Calculer la puissance thermique du chauffe-eau lors de l'essai.

d. La surface du capteur est $S = 2 \text{ m}^2$. La puissance solaire disponible pendant l'essai est de 800 W/m^2 . Définir le rendement du chauffe-eau. Calculer ce rendement.

11. Nature du matériau constituant un mur

Le flux thermique à travers un mur d'épaisseur $e = 18 \text{ cm}$ est $\Phi = 2480 \text{ W}$.

Sa surface est $A = 15 \text{ m}^2$.

La température intérieure $\theta_2 = 294 \text{ K}$, et la température extérieure $\theta_1 = 277 \text{ K}$.

Matériau	$\lambda \text{ (W/(m}\cdot\text{K))}$
Placoplâtre	0,46
Bois de sapin	0,15
Béton plein	1,75
Béton cellulaire	0,24

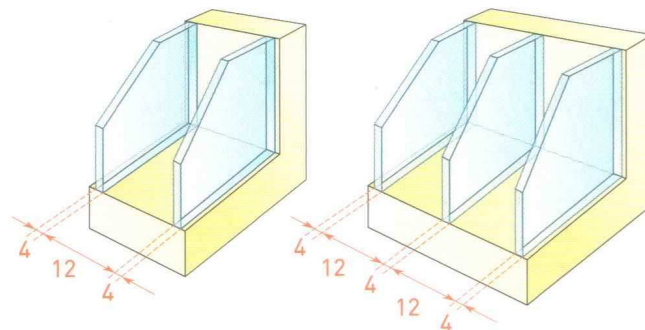
a. Calculer la conductivité thermique λ de ce mur.

b. En utilisant les données du tableau, dire avec quel matériau est constitué ce mur.

Exercices à caractère professionnel

12. Double et triple vitrage

On désire comparer l'isolation thermique d'un double vitrage 4-12-4 et d'un triple vitrage 4-12-4-12-4 (les épaisseurs sont en mm).



Conductivités thermiques : Air : $\lambda = 0,025 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$;

Verre : $\lambda = 0,81 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.

a. Calculer la résistance thermique de chaque vitrage.

Arrondir les résultats à $0,001 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$.

b. Quel vitrage assure la meilleure isolation thermique ?

13. Épaisseur d'un isolant

La plaquette d'un fabricant relative à l'isolation thermique des combles fournit la résistance thermique de panneaux semi-rigides en fonction de l'épaisseur e :

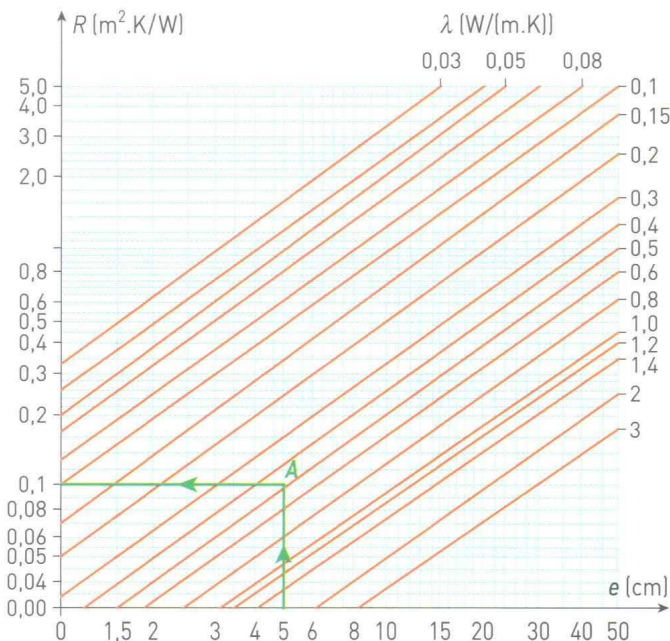
Épaisseur (mm)	$R \text{ (m}^2\cdot\text{K/W)}$
220	5,80
200	5,25
150	3,95
100	2,60
75	1,95
60	1,55

a. Calculer pour chaque épaisseur, le coefficient de transmission surfacique $U \text{ (W/(m}^2\cdot\text{K))}$.

- b. Représenter sur un graphique, les variations de U en fonction de l'épaisseur e .
- c. Utiliser le graphique pour déterminer la variation du coefficient de transmission surfacique lorsqu'on passe :
 - d'une épaisseur de 60 à 70 mm ;
 - d'une épaisseur de 200 à 210 mm ;
- d. Pour quelle épaisseur, obtient-on le plus grand gain d'isolation ?
- e. Utiliser cette étude pour traduire l'affirmation d'un technicien : « les premiers centimètres sont les plus efficaces ».

14. Utilisation d'abaque

L'abaque ci-dessous permet de déterminer, pour un matériau de conductivité thermique λ donné, les variations de sa résistance thermique R en fonction de son épaisseur e .



- a. Quelle est la conductivité thermique du matériau étudié au point A ? Quelle est son épaisseur ? Quelle est sa résistance thermique ?
- b. On désire isoler des murs d'une maison avec du liège de conductivité thermique $\lambda = 0,05$ $W/(m.K)$. Pour être éligible au crédit d'impôt, la valeur minimale de la résistance thermique du mur doit être $R = 2,4$ $m^2.K/W$. Quelle épaisseur minimale de liège doit-on placer ?
- c. Un mur ancien est isolé avec une épaisseur $e = 45$ mm de laine de verre de conductivité thermique $\lambda = 0,04$ $W/(m.K)$.
 - Quelle est la résistance thermique de cet isolant ?
 - On désire doubler cette résistance thermique. Quelle épaisseur de laine de verre doit-on rajouter ?
 - Le résultat est-il conforme à celui trouvé par le calcul ?

15. Diagnostic de performance énergétique

Le diagnostic de performance énergétique d'une habitation a donné les résultats ci-dessous.

	Consommation en énergies finales	Consommation en énergie primaire	Frais annuels d'énergie
	Détail par énergie et par usage en kWh_{EF}	Détail par usage en kWh_{EP}	
Chauffage	10 708 kWh_{EF}/an	27 627 kWh_{EP}/an	970 € TTC ⁽¹⁾
Eau chaude sanitaire	2 245 kWh_{EF}/an	5 792 kWh_{EP}/an	203 € TTC ⁽¹⁾
Refroidissement	0 kWh_{EF}/an	0 kWh_{EP}/an	0 € TTC ⁽¹⁾
Consommation d'énergie pour les usages recensés	12 953 kWh_{EF}/an	33 419 kWh_{EP}/an	1 369 € TTC ⁽²⁾

(1) Hors abonnements. (2) Abonnements inclus.

Consommation énergétique (en énergie primaire) pour le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire et le refroidissement	Émission des gaz à effet de serre (GES) pour le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire et le refroidissement																												
Consommation conventionnelle : 434 $kWh_{EP}/m^2.an$	Estimation des émissions : 26 $kg_{eqCO_2}/m^2.an$																												
<table border="0"> <tr> <td> <table border="1"> <tr><td>Logement économe</td></tr> <tr><td>< 51 A</td></tr> <tr><td>51 à 90 B</td></tr> <tr><td>91 à 150 C</td></tr> <tr><td>151 à 230 D</td></tr> <tr><td>231 à 330 E</td></tr> <tr><td>331 à 450 F</td></tr> <tr><td>> 450 G</td></tr> <tr><td>Logement énergivore</td></tr> </table> </td> <td> <table border="1"> <tr><td>Logement</td></tr> <tr><td>434</td></tr> <tr><td>$kWh_{EP}/m^2.an$</td></tr> </table> </td> </tr> </table>	<table border="1"> <tr><td>Logement économe</td></tr> <tr><td>< 51 A</td></tr> <tr><td>51 à 90 B</td></tr> <tr><td>91 à 150 C</td></tr> <tr><td>151 à 230 D</td></tr> <tr><td>231 à 330 E</td></tr> <tr><td>331 à 450 F</td></tr> <tr><td>> 450 G</td></tr> <tr><td>Logement énergivore</td></tr> </table>	Logement économe	< 51 A	51 à 90 B	91 à 150 C	151 à 230 D	231 à 330 E	331 à 450 F	> 450 G	Logement énergivore	<table border="1"> <tr><td>Logement</td></tr> <tr><td>434</td></tr> <tr><td>$kWh_{EP}/m^2.an$</td></tr> </table>	Logement	434	$kWh_{EP}/m^2.an$	<table border="0"> <tr> <td> <table border="1"> <tr><td>Faible émission des GES</td></tr> <tr><td>< 6 A</td></tr> <tr><td>6 à 10 B</td></tr> <tr><td>11 à 20 C</td></tr> <tr><td>21 à 35 D</td></tr> <tr><td>36 à 55 E</td></tr> <tr><td>56 à 80 F</td></tr> <tr><td>> 80 G</td></tr> <tr><td>Forte émission des GES</td></tr> </table> </td> <td> <table border="1"> <tr><td>Logement</td></tr> <tr><td>26</td></tr> <tr><td>$kg_{eqCO_2}/m^2.an$</td></tr> </table> </td> </tr> </table>	<table border="1"> <tr><td>Faible émission des GES</td></tr> <tr><td>< 6 A</td></tr> <tr><td>6 à 10 B</td></tr> <tr><td>11 à 20 C</td></tr> <tr><td>21 à 35 D</td></tr> <tr><td>36 à 55 E</td></tr> <tr><td>56 à 80 F</td></tr> <tr><td>> 80 G</td></tr> <tr><td>Forte émission des GES</td></tr> </table>	Faible émission des GES	< 6 A	6 à 10 B	11 à 20 C	21 à 35 D	36 à 55 E	56 à 80 F	> 80 G	Forte émission des GES	<table border="1"> <tr><td>Logement</td></tr> <tr><td>26</td></tr> <tr><td>$kg_{eqCO_2}/m^2.an$</td></tr> </table>	Logement	26	$kg_{eqCO_2}/m^2.an$
<table border="1"> <tr><td>Logement économe</td></tr> <tr><td>< 51 A</td></tr> <tr><td>51 à 90 B</td></tr> <tr><td>91 à 150 C</td></tr> <tr><td>151 à 230 D</td></tr> <tr><td>231 à 330 E</td></tr> <tr><td>331 à 450 F</td></tr> <tr><td>> 450 G</td></tr> <tr><td>Logement énergivore</td></tr> </table>	Logement économe	< 51 A	51 à 90 B	91 à 150 C	151 à 230 D	231 à 330 E	331 à 450 F	> 450 G	Logement énergivore	<table border="1"> <tr><td>Logement</td></tr> <tr><td>434</td></tr> <tr><td>$kWh_{EP}/m^2.an$</td></tr> </table>	Logement	434	$kWh_{EP}/m^2.an$																
Logement économe																													
< 51 A																													
51 à 90 B																													
91 à 150 C																													
151 à 230 D																													
231 à 330 E																													
331 à 450 F																													
> 450 G																													
Logement énergivore																													
Logement																													
434																													
$kWh_{EP}/m^2.an$																													
<table border="1"> <tr><td>Faible émission des GES</td></tr> <tr><td>< 6 A</td></tr> <tr><td>6 à 10 B</td></tr> <tr><td>11 à 20 C</td></tr> <tr><td>21 à 35 D</td></tr> <tr><td>36 à 55 E</td></tr> <tr><td>56 à 80 F</td></tr> <tr><td>> 80 G</td></tr> <tr><td>Forte émission des GES</td></tr> </table>	Faible émission des GES	< 6 A	6 à 10 B	11 à 20 C	21 à 35 D	36 à 55 E	56 à 80 F	> 80 G	Forte émission des GES	<table border="1"> <tr><td>Logement</td></tr> <tr><td>26</td></tr> <tr><td>$kg_{eqCO_2}/m^2.an$</td></tr> </table>	Logement	26	$kg_{eqCO_2}/m^2.an$																
Faible émission des GES																													
< 6 A																													
6 à 10 B																													
11 à 20 C																													
21 à 35 D																													
36 à 55 E																													
56 à 80 F																													
> 80 G																													
Forte émission des GES																													
Logement																													
26																													
$kg_{eqCO_2}/m^2.an$																													

L'énergie finale est l'énergie que l'on utilise pour la consommation de l'habitation (fioul, gaz, électricité...). Pour fournir l'énergie finale au logement, il faut en mobiliser une quantité supérieure en amont car il y a des pertes (transport, stockage, distribution...), c'est l'énergie primaire.

- a. Quelles sont les consommations en énergies finales et en énergie primaire de cette habitation ? En quelles unités sont-elles données ?
- b. Cette habitation possède-t-elle une climatisation l'été ? Pourquoi ?
- c. Quelle est la consommation conventionnelle de cette habitation ? En quelle unité est-elle donnée ? En déduire la superficie de cette habitation.
- d. Quelle est l'estimation des émissions de CO_2 ? Quelle est sa valeur pour la superficie totale de l'habitation ?

16. Chaudières à condensation (Démarche d'investigation)

Pourquoi les professionnels évoquent-ils des rendements supérieurs à 100 % pour les chaudières à condensation ? (Relire la documentation p. 98)