

## C.M.E.5.1 Comment économiser l'énergie ?

### I) Énergie et puissance : rappels :

L'énergie E est la capacité d'un système à produire du ....., de la ..... ou de la .....

L'unité légale d'énergie est le joule (J), on mesure aussi l'énergie en Wh (ou en kWh),  
1 kWh = ..... J.

La puissance P est le quotient de l'énergie E échangée entre deux systèmes par la durée t de cet échange.

$$P = \frac{E}{t} \quad P \text{ en watt (W), } E \text{ en joule (J) et } t \text{ en seconde (s)}$$

L'unité légale de puissance est le watt (W).

### II) Calculer le rendement d'un appareil de chauffage :

#### 1) Calcul du rendement d'un brûleur au gaz :

##### Plaques de cuisson à gaz butane

Les plaques de cuisson à gaz sont, en général, équipées de quatre brûleurs de puissance différente permettant de chauffer de manière plus ou moins rapide.

Les brûleurs arrière sont les feux moyens (P = 2 000 W), l'avant-gauche le feu rapide (P = 3 500 W) et l'avant-droit le feu auxiliaire (P = 1 000 W).



La quantité de chaleur dégagée lors de la combustion d'un kilogramme de gaz (appelée « pouvoir calorifique inférieur », noté PCI) a, pour le butane, une valeur PCI = 49 500 kJ/kg. Le débit de gaz au niveau du brûleur feu moyen est d = 2,42 g/min.

a) Calculer, en watt, la puissance P d'un brûleur feu moyen; arrondir la valeur à l'unité. Pour se faire calculer l'énergie développée par 2,42 g.

Masse de gaz = 2,42 g = ..... kg      Temps de chauffage t = 1 min. = ..... s.

Énergie en kJ		
Masse de gaz en kg		

P = .....

b) Indiquer si la valeur calculée est en accord avec la valeur annoncée : .....

c) Sur un brûleur feu moyen, on chauffe 1 litre d'eau, à la température initiale  $\theta_i = 9,5^\circ\text{C}$ , jusqu'à l'amener à une température finale  $\theta_f = 100^\circ\text{C}$ .

La durée nécessaire à cette opération est t = 6 min 45 s. Calculer, en joule, la quantité d'énergie Q absorbée par l'eau. (On donne :  $Q = m.c.(\theta_f - \theta_i)$ ; masse volumique de l'eau :  $\rho_{\text{eau}} = 1\,000 \text{ kg/m}^3$ ;  $c_{\text{eau}} = 4\,185 \text{ J/(kg}\cdot^\circ\text{C)}$ .)

Q = .....

d) En prenant la valeur P du brûleur feu moyen, calculer, en joule, la quantité d'énergie  $E_c$  consommée lors de la combustion du butane durant le chauffage.

$E_c =$  .....

e) Comparer  $E_c$  et Q, à quoi correspond cette différence.

.....  
.....  
.....

f) Calculer le rendement  $\eta = \frac{E_u}{E_c}$  en pourcentage. Sachant que  $E_u$  est ici l'énergie utile et correspond à la quantité d'énergie absorbée par l'eau Q. (Arrondir au dixième)

$\eta = \frac{E_u}{E_c} =$  .....

## 2) Rendement des appareils de chauffage :

Le ..... d'un appareil de chauffage est le rapport entre .....  
....., c'est à dire qui sert réellement au chauffage .....

$$\eta = \frac{E_u}{E_c}$$

Le rendement est une grandeur sans unité ..... à 1.

Exercice : Calculer le rendement lorsque l'on brûle un stère de bois de chauffage. Le bois offre un potentiel énergétique moyen de 2 000 kWh, mais seulement 900 kWh serviront à chauffer une habitation dans un poêle à bois classique.

$\eta =$  .....

## III) La performance d'un isolant :

### 1) Les unités de performance thermique :

La performance thermique d'un produit isolant, caractérisée par sa résistance thermique R, dépend de deux paramètres : sa conductivité thermique et son épaisseur.

À l'inverse des métaux, les isolants ne conduisent pas la chaleur mais lui opposent, au contraire, une résistance. Plus cette résistance est forte, plus l'isolation thermique est performante.

La résistance thermique exprimée en  $m^2.K/W$ , s'obtient par le rapport de l'épaisseur (en mètres) sur la conductivité thermique ( $\lambda$ ) du matériau considéré. Est considéré comme isolant un matériau dont la résistance thermique R est supérieure à  $0,5 m^2 K/W$ .

- **Résistance thermique (R)** : pour rendre compte de l'isolation thermique d'un matériau, on a besoin de connaître la résistance aux flux de chaleur ( $m^2.K/W$ ) présentée par ce matériau d'épaisseur donnée. Plus la résistance thermique R est grande, plus le matériau est isolant.

- **Conductivité thermique ( $\lambda$ )** : la conductivité thermique lambda ( $\lambda$ ) est la quantité de chaleur W/m.K pouvant être transférée dans un matériau en un temps donné. Plus la valeur  $\lambda$  est petite, plus le matériau, à épaisseur égale, est isolant. Les isolants ont des  $\lambda < 0,06$  W/mK.

La résistance thermique R et la conductivité thermique  $\lambda$  figurent sur les étiquettes des emballages des produits.

Par exemple, un isolant de 200 mm d'épaisseur, ayant une conductivité thermique ( $\lambda$ ) de 0,040 W/(m.K) a une résistance thermique (R) égale à 5 m<sup>2</sup>K/W. Un isolant de 200mm d'épaisseur ayant une conductivité thermique ( $\lambda$ ) de 0,032 W/(m.K) a une résistance thermique (R) égale à 6,25 m<sup>2</sup>K/W.

A épaisseur identique on peut donc avoir une performance thermique différente.

## 2) Comparatif de la performance thermique :

Produit d'isolation : Performance thermique Lambda sec à 10°C ( $\lambda$ )

Laine de verre	$\lambda = 0.030$ à $0.040$
Laine de roche	$\lambda = 0.034$ à $0.040$
Laine de chanvre	$\lambda = 0.041$ à $0.044$
Polystyrène expansé (PSE)	$\lambda = 0.030$ à $0.038$
Polystyrène extrudé XPS	$\lambda = 0.029$ à $0.035$
Plume de canard	$\lambda = 0.040$ à $0.042$
Polyuréthane	$\lambda = 0.021$ à $0.028$
Fibre de bois	$\lambda = 0.038$ à $0.060$
Laine de mouton	$\lambda = 0.039$ à $0.042$
Laine de lin	$\lambda = 0.037$ à $0.041$
Ouate de cellulose	$\lambda = 0.038$ à $0.040$
Laine de coton	$\lambda = 0.039$ à $0.042$
Textiles recyclés	$\lambda = 0.039$ à $0.042$
Verre cellulaire	$\lambda = 0.042$ à $0.050$

## 3) Influence de l'épaisseur et du $\lambda$ :

La résistance thermique R (en m<sup>2</sup>.K/W) dépend de l'épaisseur (e) et de la conductivité thermique ( $\lambda$ ) du matériau :



$$R = \frac{e}{\lambda}$$

$e$  est l'épaisseur de la paroi en mètre (m)

$\lambda$  est la conductivité thermique en watt par mètre carré et par degré Kelvin  $W.m^{-1}K^{-1}$

### L'épaisseur (e)

C'est l'épaisseur en mètres de l'isolant posé. A  $\lambda$  égal, plus l'isolant est épais, plus la résistance thermique est forte. Il est donc faux de dire que seuls les premiers centimètres isolent.

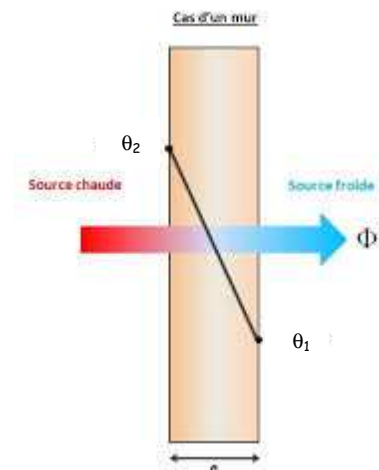
### La conductivité thermique ou lambda ( $\lambda$ )

C'est la quantité de chaleur par conduction  $W/(m.K)$  traversant  $1m^2$  de paroi pour 1 mètre d'épaisseur de matériau, avec une différence de température de 1 degré entre les 2 faces de ce matériau et pendant une unité de temps donnée. Plus la valeur  $\lambda$  est petite, plus le matériau est isolant. Les isolants thermiques ont des  $\lambda$  inférieurs à  $0,060 W/(m.K)$ . En conclusion : pour évaluer la performance d'un isolant, il faut toujours tenir compte de l'épaisseur et de la conductivité thermique intrinsèque de l'isolant.

### 4) Calculer un flux thermique $\Phi$ :

A travers une paroi, la chaleur se propage par conduction de la face chaude à la face froide. Le flux thermique  $\Phi$  représente l'énergie thermique qui traverse la paroi par unité de temps.

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



$\Phi$  est le flux thermique en watt (W)

$\lambda$  est la conductivité thermique en watt par mètre carré et par degré Kelvin  $W.m^{-1}K^{-1}$

$S$  est l'aire est l'aire de la surface de la paroi en mètre carré ( $m^2$ )

$\theta_2$  est la température de la face chaude

$\theta_1$  est la température de la face froide

$e$  est l'épaisseur de la paroi en mètre (m)

#### IV) Exercices :

##### Exercice N°1 :

- a) Pourquoi la plaque signalétique d'un appareil électrique indique-t-elle toujours la puissance et ne renseigne-t-elle jamais sur l'énergie ?
- .....
- b) 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'indication de puissance ou d'énergie ?
- .....
- c) La facture d'électricité d'un abonné comporte les indications suivantes : abonnement 9 kW ; consommation 1 320 kWh. Que représentent ces deux indications ?
- .....

##### Exercice N°2 :

La paroi d'une chambre froide est constituée de deux tôles métalliques séparées par un isolant (mousse de polyuréthane) de 10 cm d'épaisseur.

La surface totale de l'isolant est de 144 m<sup>2</sup> et sa conductivité thermique est :

$$\lambda = 0,04 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}.$$

On néglige la conductivité thermique dans les tôles métalliques.

1) Calculer en watt, le flux thermique  $\Phi$  qui traversent les parois de la chambre froide sachant que la température est de 18°C et la température à l'intérieur de la chambre froide est de 2°C.

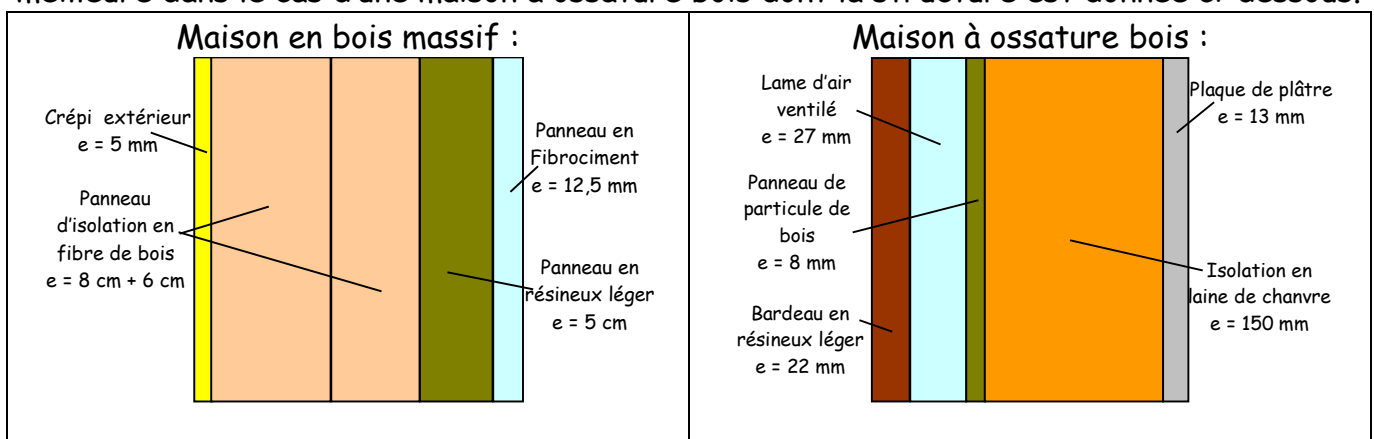
.....

2) Calculer l'énergie dissipée par la paroi en 1 heure :

.....

##### Exercice N°3 :

Les murs extérieurs de la maison en bois massif que vous allez construire ont les caractéristiques ci-dessous. Un client soutient que l'isolation thermique des murs est meilleure dans le cas d'une maison à ossature bois dont la structure est donnée ci-dessous.



1) Dans les deux cas proposés, calculer à  $0,01 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$  près la résistance thermique R des murs.

Données : conductivité thermique des matériaux. On rappelle que la résistance thermique d'une paroi est égale à la somme des résistances thermiques des différentes couches qui la composent. La résistance thermique R de chacun des éléments du mur est donnée par la

relation :  $R = \frac{e}{\lambda}$ .

Matériau	$\lambda \text{ (W.m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})$	Matériau	$\lambda \text{ (W.m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})$	Matériau	$\lambda \text{ (W.m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})$
Résineux léger	0,130	Fibrociment	0,650	Plâtre	0,450
Crépi	1,650	Air ventilé	0,500	Panneau de particule de bois	0,140
Fibre de bois	0,044	Laine de chanvre	0,040		

Maison en bois massif :

$R_{\text{bois massif}} =$  .....

.....

Maison à ossature bois :

$R_{\text{ossature bois}} =$  .....

.....

2) Indiquer si l'affirmation du client est exacte. Justifier la réponse.

.....

.....

.....