

Exercice 1

- 1) Donner la relation entre l'énergie  $E$  et la puissance. On donnera les unités légales de chacun des termes de l'équation.
- 2) Le lave-linge d'une installation familiale est utilisé 48 semaines dans l'année, à raison de 4 cycles par semaine. Pour chaque cycle, il consomme  $E_1 = 1$  kWh. Calculer l'énergie consommée  $E$  annuellement par cet appareil en kWh puis en joule. Quelle est l'unité la plus pratique à utiliser pour exprimer des énergies dans l'habitat ?
- 3) La consommation totale d'énergie électrique du ménage est égale à 6400 kWh par an. Les panneaux solaires photovoltaïques, en silicium amorphe, fournissent en moyenne 60 kWh par an et par mètre carré, dans des conditions optimales d'exposition au Soleil (orientation et inclinaison). Quelle surface  $S(\text{m}^2)$  minimum de panneaux solaires faudrait-il installer sur la toiture de l'habitation de ce ménage pour produire l'énergie électrique nécessaire ?

**Exercice 2 : consommation d'un lave-linge**

Un lave-linge comprend :

- une résistance électrique, de puissance  $P_1 = 1700$  W, pour chauffer l'eau de lavage ;
- un moteur pour faire tourner le tambour, de puissance  $P_2 = 130$  W, pour le lavage, et  $P_3 = 170$  W, pour l'essorage. Au cours d'un cycle à  $40^\circ\text{C}$ , la résistance électrique fonctionne pendant  $\Delta t_1 = 17$  minutes, le moteur pendant  $\Delta t_2 = 33$  minutes pour le lavage et  $\Delta t_3 = 15$  minutes pour l'essorage.

- 1- Quelles sont les conversions d'énergie effectuées par la résistance électrique, et par le moteur ?
- 2- Convertir les durées de fonctionnement  $\Delta t_1$ ,  $\Delta t_2$  et  $\Delta t_3$  en heure.
- 3- Calculer, en kWh l'énergie électrique  $E$  consommée par le lave-linge lors d'un cycle à  $40^\circ\text{C}$ .
- 4- La consommation d'énergie pour un cycle à  $90^\circ\text{C}$  est de 1,9 kWh. Peut-on justifier cette valeur bien supérieure à celle trouvée à la question précédente ?
- 5- La moyenne de consommation du lave-linge (cycle :  $30^\circ\text{C}$ ,  $40^\circ\text{C}$ ,  $60^\circ\text{C}$  ...) est de  $E = 660$  W.h par cycle. Calculer la consommation électrique  $E(\text{an})$  annuelle liée au lavage du linge d'une famille type en kWh et son coût  $C$  en euros.

Données : Nombre de cycles de lavage d'une famille française type : 242 cycles par an (ADEME)

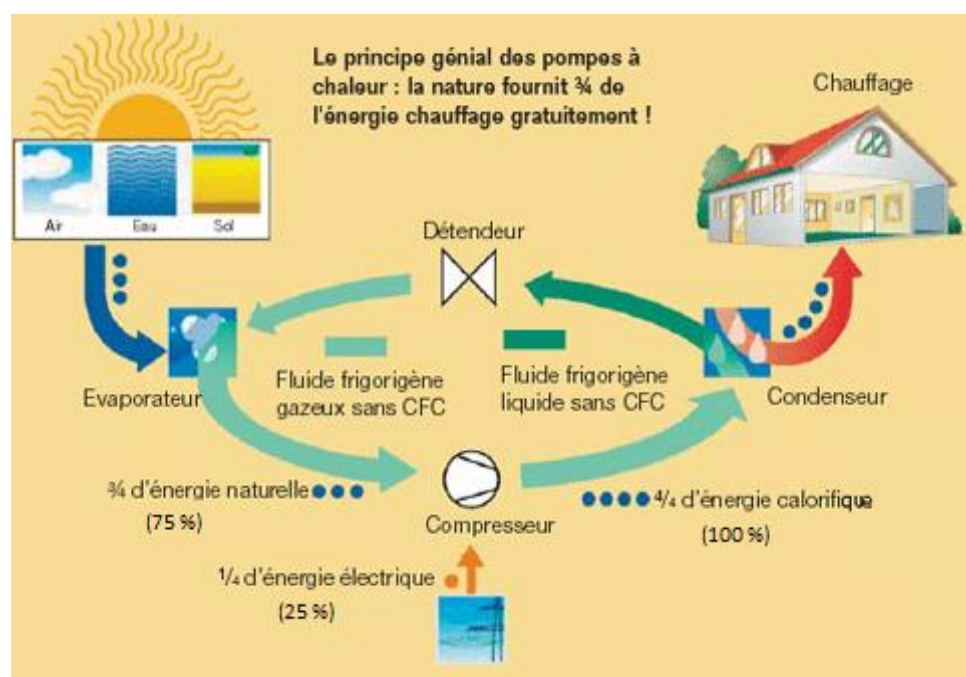
prix moyen du kWh : 0,13 euro.

Exercice 3

M. Candide souhaite installer une pompe à chaleur (PAC) en remplacement de sa chaudière fuel. Avant de se lancer dans cet investissement, il souhaite faire un bilan thermique réel de sa maison. Il a réussi à récolter quelques informations chiffrées mais ne parvient pas les utiliser pour faire son choix. Ils font donc appel à votre cabinet d'expertise thermique.

**Doc 1 : principe de fonctionnement d'une pompe à chaleur**

Les pompes à chaleur ou PAC, sont des équipements électriques permettant de



recupérer l'énergie thermique contenue dans l'eau souterraine, l'air ou le sol environnants et de la transmettre au bâtiment afin de le chauffer ou de le rafraîchir. Son principe repose sur la thermodynamique, comme un réfrigérateur mais avec un effet inverse. La performance de ces équipements se mesure par un Coefficient Optimum de Performance (COP), qui correspond au rapport entre la quantité d'électricité consommée par la pompe à chaleur et la quantité de chaleur restituée. Par exemple, un COP de 3 signifie que pour **1 kWh** consommé d'énergie électrique E, la PAC restitue **3 kWh** de chaleur. Plus le COP est élevé, plus la consommation d'énergie est faible. En général, **25 %** de la chaleur restituée par une pompe à chaleur provient de l'électricité, et **75 %** de la source naturelle. C'est l'intérêt d'une pompe à chaleur.

1) Exprimer le COP en fonction de l'énergie électrique E et de la chaleur Q.

**Doc 2 : informations chiffrées** : Il sait que la puissance requise pour chauffer un local est une fonction affine de la température extérieure. Sa maison est habituellement chauffée à **20 °C**. Logiquement, lorsque la température extérieure est aussi de **20 °C**, la puissance de chauffe nécessaire est nulle.

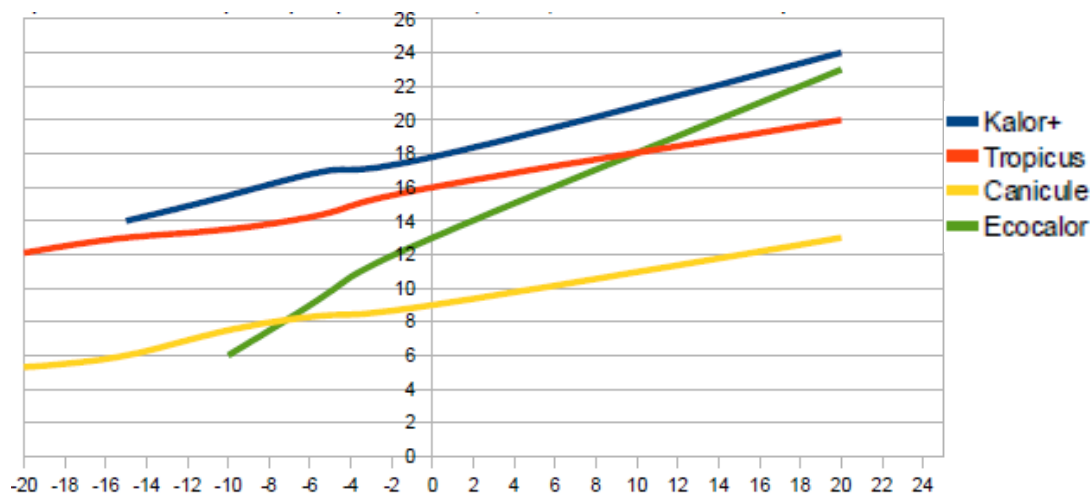
Par un jour d'hiver (**-7 °C** extérieur) il a consommé **21 litres** de fuel sur **24 h**. Le chauffagiste estime que le rendement R de sa vieille chaudière fuel est d'environ **R = 80 % = 0,80**. Il a trouvé sur internet qu'un litre de fuel fournissait une énergie thermique **Q = 10 kWh**. Un litre de fuel coûte 1 euro environ.

2) Sachant que le rendement  $R = Q'/Q$  avec Q' l'énergie thermique produite pour chauffer l'habitat pour un litre de fuel, calculer l'énergie Q'(jour) produite par la chaudière pour chauffer l'habitat par jour.

Selon les fabricants de pompe à chaleur, une PAC doit régulièrement interrompre son cycle de chauffe pour effectuer un dégivrage du module extérieur. Il en découle que la durée maximale de chauffe d'une PAC est de **19 h** par jour : l'énergie nécessaire pour chauffer la maison doit donc être étalée sur les **19 h** de fonctionnement de la pompe à chaleur.

3) Déterminer à l'aide du document 3 la meilleure pompe à chaleur à utiliser par temps froid (température inférieure à 0°C).

4) Calculer l'énergie E produite par jour par cette pompe à chaleur à -7°C. Le résultat sera donné avec deux chiffres significatifs.



Puissance maximale fournie par la pompe à chaleur (en kW) en fonction de la

5) En déduire l'énergie électrique E<sub>e</sub> consommée par cette pompe à chaleur sachant que le COP = 3,0. Le prix du kW.h vaut 0,13 euros, démontrer que l'économie réalisée par jour de grand froid vaut 8 euros.

6) Sachant que la pompe à chaleur coûte 3000 euros, calculer au bout de combien de jour (par -7°C) elle sera rentabilisée.

## Correction

### Exercice 1 :

1) l'énergie  $E$ , exprimée en joule, est le produit de la puissance  $P$ , exprimée en Watt, par la durée  $\Delta t$  exprimée en seconde.

$$E = P \cdot \Delta t$$

2)  $E = 4 \times 48 \times E1 = 192 \text{ kW.h} = 6,91 \times 10^8 \text{ J}$ . L'unité la plus pratique est le kW.h

$$3) S = \frac{6400}{60} = 107 \text{ m}^2$$

### Exercice 2 : consommation d'un lave-linge

1. La résistance électrique transforme l'énergie électrique en énergie thermique (chaleur  $Q$ )

Le moteur transforme l'énergie électrique en énergie mécanique de rotation

2)

$$\Delta t_1 = \frac{17}{60} = 0,28 \text{ h}$$

$$\Delta t_2 = \frac{33}{60} = 0,55 \text{ h}$$

$$\Delta t_3 = \frac{15}{60} = 0,25 \text{ h}$$

3)  $E = P_1 \cdot \Delta t_1 + P_2 \cdot \Delta t_2 + P_3 \cdot \Delta t_3 = 1700 \times 0,28 + 130 \times 0,55 + 170 \times 0,25 = 590 \text{ W.h} = 0,590 \text{ kW.h}$

4) la consommation est bien supérieure à cause des pertes thermiques au cours des conversions d'énergies.

5)  $E(\text{an}) = 242 \times E = 242 \times 660 = 160\,000 \text{ W.h} = 160 \text{ kW.h}$

$$C = E(\text{an}) \times 0,13 = 21 \text{ euros}$$

### Exercice 3

1)  $\text{COP} = Q/E_e$

2) Sachant que le rendement  $R = Q'/Q$  avec  $Q'$  l'énergie thermique utilisable réellement pour chauffer l'habitat pour un litre de fuel, calculer l'énergie  $Q'$ (jour) produite par la chaudière par jour.

$$Q'(\text{jour}) = R \times Q \times 21 = 0,80 \times 10 \text{ kWh} \cdot 21 = 168 \text{ kW.h}$$

Selon les fabricants de pompe à chaleur, une PAC doit régulièrement interrompre son cycle de chauffe pour effectuer un dégivrage du module extérieur. Il en découle que la durée maximale de chauffe d'une PAC est de **19 h** par jour : l'énergie nécessaire pour chauffer la maison doit donc être étalée sur les **19 h** de fonctionnement de la pompe à chaleur.

3) Déterminer à l'aide du document 3 la meilleure pompe à chaleur à utiliser par temps froid (température inférieure à  $0^\circ\text{C}$ ).

Il s'agit de Kalor+ car la puissance fournie par temps froid est supérieure aux autres pompes à chaleur.

4) Calculer l'énergie  $E$  produite par jour par cette pompe à chaleur à  $-7^\circ\text{C}$ . Le résultat sera donné avec deux chiffres significatifs.

$$E = P \cdot \Delta t = 16 \text{ kW} \cdot 19 \text{ h} = 3,0 \times 10^2 \text{ kWh}$$

5) En déduire l'énergie électrique  $E_e$  consommée par cette pompe à chaleur sachant que le  $\text{COP} = 3,0$ . Le prix du kW.h vaut 0,13 euros, démontrer que l'économie réalisée par jour de grand froid vaut 8 euros.

$$E_e = E/COP = 3,0 \times 10^2 / 3 = 100 \text{ kW.h}$$

$$\text{prix à payer: } 100 \times 0,13 = 13 \text{ euros}$$

$$\text{prix du fuel } 2 \times 1 = 21 \text{ euros}$$

$$\text{économie par jour : } 21 - 13 = 8 \text{ euros}$$

6) Sachant que la pompe à chaleur coûte 3000 euros, calculer au bout de combien de jour (par  $-7^\circ\text{C}$ ) elle sera rentabilisée.

$$3000/8 = 375 \text{ Jours}$$