

Solutions

1.

La production totale de chaleur est la surface sous la courbe.

Première heure : $15 \text{ kW} \times 1 \text{ heure} = 15 \text{ kWh}$

Deuxième heure : $10 \text{ kW} \times 1 \text{ heure} + 0,5 \times 5 \text{ kW} \times 1 \text{ heure} = 12,5 \text{ kWh}$

Troisième heure : $10 \text{ kW} \times 1 \text{ heure} = 10 \text{ kWh}$

Somme = 37,5 kWh

2.

a) AC monophasé: $W = V \cdot I \cdot pf = (123)(1.68)(0.72) = \mathbf{148.8\ W}$

b) Supposons que la consommation d'énergie soit constante pendant les 10 heures.

$$\text{énergie} = \text{puissance} \times \text{temps} = (148,8 \text{ W})(10 \text{ h}) = 1488 \text{ Wh} = \mathbf{1,488 \text{ kWh}}$$

3.

72 heures = 3 jours

Consommation journalière moyenne pendant la mesure = 4,27 kWh / 3 j

$$= 1,423 \text{ kWh / j}$$

Pendant un an (365 jours) : $365 \text{ d} \times 1,423 \text{ kWh/d} \approx \mathbf{519 \text{ kWh}}$

Il s'agit de l'estimation actuelle basée sur l'hypothèse que les trois jours de mesure étaient raisonnablement représentatifs d'un fonctionnement typique.

4.

a) $1 \text{ btu} \approx 1055 \text{ J}$

$$38 \text{ MJ} \left(\frac{10^6 \text{ J}}{1 \text{ MJ}} \right) \left(\frac{1 \text{ btu}}{1055 \text{ J}} \right) \approx 36,000 \text{ btu} \quad \therefore 1 \text{ m}^3 \approx 38 \text{ MJ} \approx \mathbf{36,000 \text{ btu}}$$

b) le taux d'apport en combustible = $80,000 \frac{\text{btu}}{\text{hr}}$

$$80,000 \frac{\text{btu}}{\text{hr}} \left(\frac{1 \text{ m}^3}{36,000 \text{ btu}} \right) = \mathbf{2.22 \text{ m}^3/\text{hr}}$$

c) consommation annuelle = 2200 m^3

$$\frac{2200 \text{ m}^3}{2.22 \text{ m}^3/\text{hr}} = 991 \text{ hours}$$

L'allumage du brûleur pendant une durée totale cumulée de **991 heures entraînera** une consommation totale de gaz de 2200 m^3 .

5.

capacité de refroidissement = $\dot{Q}_c = 3,5 \text{ kW}$

$$COP_c = 2.5$$

$$\dot{W}_{el} = \frac{\dot{Q}_c}{COP_c} = \frac{3.5 \text{ kW}}{2.5} = 1.4 \text{ kW}$$

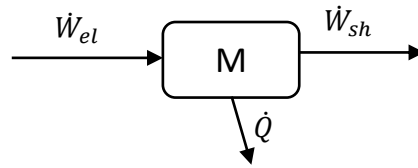
La consommation électrique de l'unité en fonctionnement est de $1,4 \text{ kW}$. S'il fonctionne pendant 500 h :

$$1.4 \text{ kW}(500 \text{ h}) = \mathbf{700 \text{ kWh}}$$

La consommation annuelle d'électricité serait de 700 kWh .

6.

$$a) \dot{W}_{el} = \frac{\dot{W}_{sh}}{\eta_m} = \frac{4600 \text{ W}}{0.89} = \mathbf{5169 \text{ W}}$$



b) Bilan énergétique en régime permanent : énergie entrante = énergie sortante

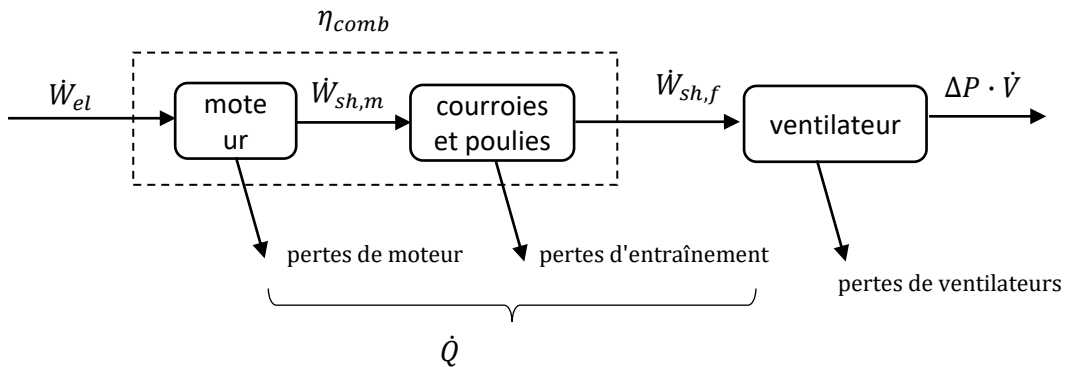
$$\dot{W}_{el} = \dot{W}_{sh} + \dot{Q} \rightarrow \dot{Q} = \dot{W}_{el} - \dot{W}_{sh}$$

$$\dot{Q} = 5169 - 4600 \text{ W} = \mathbf{569 \text{ W}}$$

7.

la puissance des fluides utile = $\dot{W}_{fl} = \Delta P \cdot \dot{V} = (650 \text{ Pa})(2.4 \text{ m}^3/\text{s}) = 1560 \text{ W}$

a) la puissance de l'arbre du ventilateur :



$$b) \dot{W}_{el} = \frac{\dot{W}_{sh,f}}{\eta_{comb}} = \frac{3467 \text{ W}}{0.85} = \mathbf{4079 \text{ W}}$$

$$c) \dot{Q} = \dot{W}_{el} - \dot{W}_{sh,f} = 4079 - 3467 \text{ W} = \mathbf{612 \text{ W}}$$

8.

$$\eta_{ann} = 80\%$$

$$\text{charge} = 450\,000 \text{ MJ (annuel)}$$

$$\text{input} = \frac{\text{load}}{\eta} = \frac{\text{output}}{\eta} = \frac{450,000 \text{ MJ}}{0.8} = 562,500 \text{ MJ (carburant)}$$

Pouvoir calorifique du gaz naturel $\approx 38 \text{ MJ/m}^3$

$$\text{consommation annuelle de carburant : } 562500 \text{ MJ} \div 38 \text{ MJ/m}^3 = \mathbf{14,803 \text{ m}^3}$$

$$\text{coût annuel du carburant} = 14\,803 \text{ m}^3 \times (0,30 \text{ \$/m}^3) = \mathbf{4441}$$

9.

Processus de chauffage sensible

$$\dot{m} = \dot{V}\rho$$

$\rho = \text{densité du fluide}$, $\dot{V} = \text{débit volumétrique}$

$$\dot{Q} = \dot{V}\rho c_p (T_h - T_c) = \left(0.02 \frac{\text{L}}{\text{s}}\right) \left(4200 \frac{\text{W}}{\text{L/s} \cdot ^\circ\text{C}}\right) (60 - 40^\circ\text{C}) = \mathbf{1680 \text{ W}}$$

10.

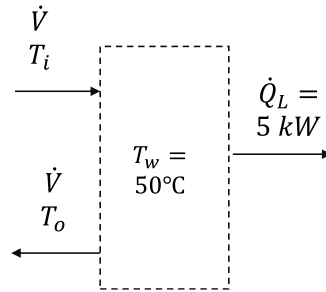
Processus de refroidissement sensible

$$\dot{m} = \dot{V}\rho$$

$$\dot{m}h_i = \dot{Q} + \dot{m}h_o$$

$$\rightarrow \dot{Q} = \dot{m}(h_i - h_o)$$

$$= \dot{m}c_p(T_i - T_o) = \dot{V}\rho c_p(T_i - T_o)$$



E-bal :

$$\dot{m}h_i = \dot{Q} + \dot{m}h_o$$

Résoudre la température d'entrée requise :

$$T_i = T_o + \frac{\dot{Q}}{\dot{V}\rho c_p}$$

$$T_i = 50^\circ\text{C} + \frac{5 \text{ kW}}{\left(0.05 \frac{\text{L}}{\text{s}}\right)\left(4.2 \frac{\text{kJ}}{\text{L} \cdot ^\circ\text{C}}\right)} = 50 + 23.8^\circ\text{C} = \mathbf{73.8^\circ\text{C}}$$

Ainsi, le fluide entrant dans le réservoir à 73,8 °C et 0,05 L/s fournira une condition d'équilibre.

11.

Transmission régulière de la chaleur

$$\dot{Q} = UA(T_h - T_c) = \left(2 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}\right)(50 \text{ m}^2)(20 - (-10)^\circ\text{C}) = \mathbf{3000 \text{ W}}$$

12.

le taux moyen de consommation d'énergie :

$$\bar{E}_{ann} = \frac{E_{ann}}{\Delta t_{ann}} = \frac{310 \text{ kWh}}{8760 \text{ h}} = 0.0354 \text{ kW} = 35.4 \text{ W}$$

$$\bar{E}_{ann} = \dot{E}_A \cdot f_A + \dot{E}_B \cdot (1 - f_A)$$

$$\rightarrow f_A = \frac{\bar{E}_{ann} - \dot{E}_B}{\dot{E}_A - \dot{E}_B}$$

$$\dot{E}_A = 75 \text{ W}, \dot{E}_B = 5 \text{ W}$$

$$f_A = \frac{35.4 - 5}{75 - 5} = 43.4\%$$

L'appareil a fonctionné en état de marche environ 43,4 % du temps.

13.

Sur la base d'une utilisation estimée à 1 m³ par jour, le chauffe-eau consomme 365 m³ par an.

Ainsi, la consommation annuelle de gaz naturel du four est de : 2505 - 365 = 2140 m³ /an.

Coût annuel du combustible de la chaudière : (2140 m³)(0,25 \$/m³) = 535,25 \$

Émissions annuelles de GES par four : (2140 m³)(1.9 kg CO₂e/m³) = 4066 kg CO₂e

Dispositif	Combustible annuel, m³	Coût annuel du carburant, en dollars	GES annuels,
Fourneau	2140	\$535.25	4066
Chauffe-eau	365	\$91.25	693.5
Total	2505	\$626.25	4759.5

14.

$$rated\ input = 36000\ btu/hr \approx (36000\ btu/hr) \left(\frac{m^3}{35300\ btu} \right) = 1.02\ \frac{m^3}{hr}$$



débit de gaz naturel dans l'installation
brûleur en cours d'allumage

Consommation annuelle de carburant = $450\ m^3$

Par conséquent, le temps de fonctionnement annuel du brûleur

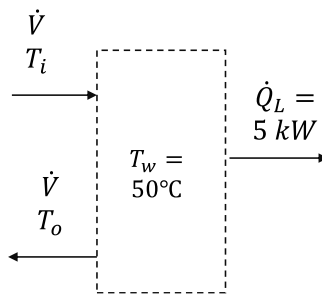
$$= \frac{450\ m^3}{1.02\ \frac{m^3}{hr}} = \mathbf{441.2\ hrs}$$



Note : durée totale d'utilisation cumulée sur une année (non continue).

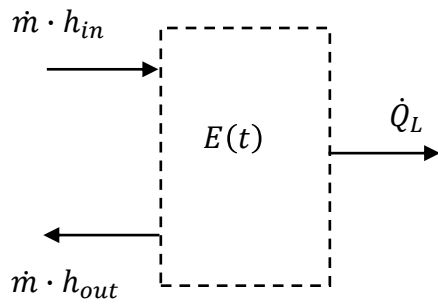
Consommation annuelle d'électricité du moteur du ventilateur :

$$(441.2\ hr)(140\ W) \left(\frac{1\ kW}{1000\ W} \right) = \mathbf{61.77\ kWh}$$



E-bal :

$$\dot{m}h_i = \dot{Q} + \dot{m}h_o$$



Équation du bilan énergétique :

$$\frac{dE(t)}{dt} = \dot{m} \cdot h_{in} - \dot{m} \cdot h_{out} - \dot{Q}_L$$