Préparation à l'écrit

31 Le principe d'une montgolfière

1. La masse molaire de l'air est : $M = \frac{80}{100} \times M_{N_2} + \frac{20}{100} \times M_{O_2}$

soit $M = \frac{80}{100} \times (14{,}0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1} \times 2) + \frac{20}{100} \times (16{,}0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1} \times 2)$

donc $M = 28{,}8 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

2. a. Un gaz peut être considéré comme parfait si sa pression est très faible.

b. D'après l'équation d'état des gaz parfaits, $P \times V = n \times R \times T$;

d'où la quantité de matière dans le ballon : $n = \frac{P \times V}{R \times T}$.

Ainsi $n = \frac{1{,}013 \times 10^5 \text{ Pa} \times 10 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{8{,}314 \text{ Pa}\cdot\text{m}^3\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1} \times 293 \text{ K}} = 4{,}2 \times 10^{-1} \text{mol}$.

c. La masse d'air est : $m_{air} = n \times M$,

soit $m_{air} = 4{,}2 \times 10^{-1} \text{ mol} \times 28{,}8 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1} = 12 \text{ g}$.

3. a. La pression de l'air chauffé dans le ballon reste identique car le ballon est ouvert.

b. De même qu'en **2. b.**, la quantité de matière restant dans le ballon est : $n_2 = \frac{P \times V}{R \times T_2}$.

Ainsi $n_2 = \frac{1{,}013 \times 10^5 \text{ Pa} \times 10 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{8{,}314 \text{ Pa}\cdot\text{m}^3\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1} \times 363 \text{ K}} = 3{,}4 \times 10^{-1} \text{mol}$.

La quantité de matière perdue est :

$n_{perdue} = n - n_2 = 8{,}0 \times 10^{-2} \text{ mol}$.

La masse d'air perdue correspondante est :

$m_{perdue} = n_{perdue} \times M$; $m_{perdue} = 8{,}0 \times 10^{-2} \text{ mol} \times 28{,}8 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

soit $m_{perdue} = 2{,}3 \text{ g}$.

4. a. La deuxième loi de Newton appliquée au système {ballon et air intérieur}, de masse m, conduit à : $\vec{P} + \vec{F_p} = m \times \vec{a}$.

b. Par projection de la relation précédente sur un axe vertical (z'z) orienté vers le haut, on obtient : $-P + F_p = m \times a_z$.

Pour que le ballon décolle, il faut que $a_z > 0$ soit $F_p > P$.

c. D'après la question précédente pour que le décollage ait lieu, il est nécessaire que : $F_p > P$.

D'après la définition, la poussée d'Archimède est :

$F_p = \rho_{\text{air extérieur}} \times V \times g$.

De plus, le poids du système {ballon et air intérieur} est :

$P = m_{\text{air et ballon}} \times g$.

Soit $P = \rho_{\text{air intérieur}} \times V \times g + m_b \times g = (\rho_{\text{air intérieur}} \times V + m_b) \times g$.

$F_p > P$ devient donc :

$\rho_{\text{air extérieur}} \times V > \rho_{\text{air intérieur}} \times V + m_b$.

Pour que le ballon s'élève, il faut donc :

$\rho_{\text{air extérieur}} - \frac{m_b}{V} > \rho_{\text{air intérieur}}$.

Il faut donc chauffer l'air intérieur du ballon pour que sa masse volumique diminue de façon à être inférieure à $\rho_{\text{air extérieur}} - \frac{m_b}{V}$.

Cela fonctionnera d'autant mieux que l'air extérieur est dense, donc froid, et que l'air intérieur est peu dense donc chaud.

Autre rédaction possible :

D'après la définition, la poussée d'Archimède est :

$F_p = m_{\text{air extérieur}} \times g$.

De plus, le poids du système {ballon et air intérieur} est :

$P = m_{\text{air intérieur}} \times g + m_b \times g$.

$F_p > P$ devient donc $m_{\text{air extérieur}} \times g > m_{\text{air intérieur}} \times g + m_b \times g$.

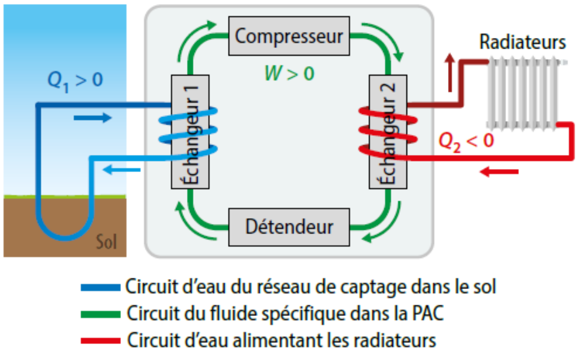
Pour que le ballon s'élève, il faut donc :

$m_{\text{air extérieur}} > m_{\text{air intérieur}} + m_b$.

Il faut diminuer la masse d'air intérieur en chauffant la base du ballon pour en expulser une partie.

32 Géothermie

1.



2. a. Pour le système {eau des radiateurs} :

– état initial : température ambiante θ_i ;

– état final : température finale θ_f ;

– la variation d'énergie interne du sous-système 2, incompressible, de l'état initial i à l'état final f, est :

$\Delta U_2 = m_{eau} \times c_{eau} \times (\theta_f - \theta_i)$ avec $m_{eau} = D_m \times \Delta t$ où D_m est le débit massique ;

soit $\Delta U_2 = D_m \times \Delta t \times c_{eau} \times (\theta_f - \theta_i)$.

D'où $\Delta U_2 = 145 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1} \times 4 \text{ h} \times 4{,}18 \times 10^3 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot{}^\circ\text{C}^{-1} \times (20\ {}^\circ\text{C} - 12\ {}^\circ\text{C})$

soit $\Delta U_2 = 2 \times 10^7 \text{ J}$.

b. D'après le premier principe appliqué à l'eau des radiateurs, $\Delta U_2 = Q_{\text{reçue par l'eau}} > 0$ car $W = 0$ et le seul transfert d'énergie reçu par l'eau des radiateurs est un transfert thermique de la part du fluide spécifique ; le fluide spécifique cède donc à l'eau des radiateurs : $Q_2 = -Q_{\text{reçue par l'eau}}$ soit $Q_2 = -\Delta U_2$; donc $Q_2 = -2 \times 10^7 \text{ J}$.

On considère que le fluide est un système fermé (il entre la même quantité de fluide qu'il n'en sort au niveau de l'échangeur 2).

3. a. D'après le premier principe de la thermodynamique pour le système {fluide spécifique} entre l'état initial et l'état final, $\Delta U_{fluide} = Q + W$.

Or, le système {fluide spécifique} au repos macroscopique reçoit un travail électrique $W_{élec} > 0$, reçoit un transfert thermique $Q_1 > 0$, et cède un transfert thermique $Q_2 < 0$.

D'où $\Delta U_{fluide} = W_{élec} + Q_1 + Q_2$.

b. Puisque l'état initial est identique à l'état final au cours d'un cycle : $\Delta U_{fluide} = 0 \text{ J}$, donc $W_{élec} + Q_1 + Q_2 = 0$ soit $Q_1 = -Q_2 - W_{élec}$.

Ainsi $Q_1 = 145 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1} \times 4 \text{ h} \times 4{,}18 \times 10^3 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot{}^\circ\text{C}^{-1} \times (20\ {}^\circ\text{C} - 12\ {}^\circ\text{C}) - 4{,}82 \times 10^6 \text{ J}$

soit environ $Q_1 = 1 \times 10^7 \text{ J}$.

4. L'énergie utile donnée à l'eau est $-Q_2$ et l'énergie facturée est le travail électrique indispensable au fonctionnement du compresseur, donc le rapport est $\frac{-Q_2}{W_{élec}}$ avec :

$$\frac{-Q_2}{W_{élec}} = \frac{145 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1} \times 4 \text{ h} \times 4{,}18 \times 10^3 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot{}^\circ\text{C}^{-1} \times (20\ {}^\circ\text{C} - 12\ {}^\circ\text{C})}{4{,}82 \times 10^6 \text{ J}}$$

soit $\frac{-Q_2}{W_{élec}} = 4$.

La PAC restitue quatre fois plus d'énergie par transfert thermique qu'elle ne consomme de travail électrique.

Préparation à l'ECE

1. a. La glace est en excès et reste en fusion, donc à la température de fusion de 0 °C, constante. Le métal est en équilibre thermique avec la glace, donc à la température de fusion de 0 °C, car il n'y a plus aucun transfert d'énergie entre les deux systèmes.

b. Pour le système {échantillon métallique} :

– état initial : température ambiante θ_i ;

– état final : température finale θ_f ;

– la variation d'énergie interne du système, incompressible, de l'état initial i à l'état final f, est : $\Delta U_1 = m_1 \times c_{\text{métal}} \times (\theta_f - \theta_i)$.

2. a. D'après le premier principe de la thermodynamique, pour le système {échantillon métallique}, entre l'état initial et l'état final, $\Delta U_1 = Q$, car $W = 0$ et le seul transfert d'énergie échangé par le système est le transfert thermique Q cédé à la glace plus froide (milieu extérieur). On néglige tout autre transfert thermique donc celui avec l'air ambiant.

b. Il faut essuyer le morceau de glace fondante afin d'enlever la couche superficielle d'eau pour que le métal soit en contact uniquement avec la glace ; on pèsera ensuite la bonne quantité d'eau formée par fusion de la glace due au transfert thermique issu du métal. Et cela, rapidement, pour limiter les échanges avec l'air qui provoque aussi la fusion de la glace.

c. D'après la formule fournie : $c = -\dfrac{m_2 \times L_{\text{fus}}}{m_1 \times (\theta_f - \theta_i)}$.

On a $c = -\dfrac{9{,}8 \times 10^{-3}\,\text{kg} \times 334 \times 10^3\ \text{J}\cdot\text{kg}^{-1}}{105 \times 10^{-3}\,\text{kg} \times (-81{,}0\ °\text{C})}$;

soit $c = 3{,}849 \times 10^2\ \text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot°\text{C}^{-1}$.

Ce résultat ne sera arrondi qu'après évaluation de l'incertitude-type.

3. a. On utilise la formule de l'incertitude-type :

$$u(c) = c \times \sqrt{\left(\frac{u(m_1)}{m_1}\right)^2 + \left(\frac{u(m_2)}{m_2}\right)^2 + \left(\frac{u(\Delta\theta)}{\Delta\theta}\right)^2}.$$

Ainsi : $$u(c) = -\frac{9{,}8 \times 10^{-3}\,\text{kg} \times 334 \times 10^3\ \text{J}\cdot\text{kg}^{-1}}{105 \times 10^{-3}\,\text{kg} \times (-81{,}0\ °\text{C})} \times \sqrt{\left(\frac{1\ \text{g}}{105\ \text{g}}\right)^2 + \left(\frac{0{,}1\ \text{g}}{9{,}8\ \text{g}}\right)^2 + \left(\frac{0{,}1\ °\text{C}}{81\ °\text{C}}\right)^2}.$$

$u(c) = 6\ \text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot°\text{C}^{-1}$.

Remarque : on arrondit à la valeur supérieure pour ne pas minorer l'incertitude-type (5,4 arrondi à 6).

On a alors : $c = (3{,}85 \pm 0{,}06) \times 10^2\ \ \text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot°\text{C}^{-1}$.

b. Il s'agit du cuivre de capacité $c = 385\ \text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot°\text{C}^{-1}$ compris dans l'intervalle déterminé précédemment :

$\left[379\ \text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot°\text{C}^{-1}\ ;\ 391\ \text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot°\text{C}^{-1}\right]$.