

Corrigé : ascension d'un ballon sonde :

La force ascensionnelle est la résultante des forces exercées sur le système (ballon + gaz contenu), soit la somme de la poussée d'Archimède due à l'air, et des poids du ballon et de l'air.

On a donc $F = \rho_{\text{air}} \cdot V_0 \cdot g - m_0 g - m_{\text{He}} g$.

Avec $P_0 M_{\text{air}} = \rho_{\text{air}} R T_0$ et $P_0 V_0 = m_{\text{He}} R T_0 / M_{\text{He}}$.

On en déduit $F = - (m_0 + m_{\text{He}} (1 - M_{\text{air}} / M_{\text{He}})) g$.

b. Pour que le ballon décolle il faut que $F > 0$.

2.a. F ne dépend que de m_0 et M_{He} , constantes, donc F est constante.

Le mouvement du ballon est donc uniformément accéléré (si on ne tient pas compte des forces de frottement).

3. $V(z) = V_{\text{max}} = m_{\text{He}} R T(z) / (M_{\text{He}} P(z)) = \text{à la limite.}$

Corrigé : transformations dans un récipient :

Exercice dans lequel il faut bien choisir le système ; en particulier, noter que le gaz du compartiment 1 échange travail et transfert thermique (du à la résistance), celui du compartiment 2 n'échangeant **que du travail** avec le gaz du compartiment 1, et la somme des deux gaz n'échangeant que le transfert thermique du à la résistance avec l'extérieur.

Qualitativement, on peut penser que le gaz 1 va chauffer, et pousser le piston « vers la droite ».

a) Inutile d'utiliser le premier principe, car on voit qu'on demande ΔU à la question 2 !

On peut déjà écrire : $P_0 \cdot V_0 = n_0 \cdot R \cdot T_0$.

$$P_1 \cdot V_1 = 3 \cdot P_0 \cdot V_1 = n_0 \cdot R \cdot T_1 \text{ et } P_2 \cdot V_2 = n_0 \cdot R \cdot T_2 \text{ (1) et (2)}$$

L'énoncé précise que le piston est sans frottement, ainsi son mouvement est réversible : le gaz 2 subit donc une transformation **adiabatique réversible**.

On lui applique la loi de Laplace : $P_0 \cdot V_0^\gamma = P_2 \cdot V_2^\gamma$. (3)

De plus, à l'équilibre, on a (tjrs piston sans frottements) : $P_1 = P_2$ (4)

Enfin : $V_1 + V_2 = 2 \cdot V_0$ (5)

On déduit de ces 5 équations :

$$\mathbf{P_1 = P_2 = 3 \cdot P_0 = 3 \text{ bar ; } V_1 = V_0 (2 - 3^{-1/\gamma}) = 3,0 \text{ L ; } V_2 = V_0 \cdot 3^{-1/\gamma} = 1,0 \text{ L ; } T_1 = 3 \cdot T_0 (2 - 3^{-1/\gamma}) = 1228 \text{ K ; } T_2 = 3 \cdot T_0 \cdot 3^{-1/\gamma} = 424 \text{ K.}}$$

b) Pour l'ensemble des 2 compartiments : $\Delta U = n_0 \cdot c_v (T_1 - T_0) + n_0 \cdot c_v (T_2 - T_0)$ avec $c_v = R / (\gamma - 1)$

Le premier principe s'écrit : $\Delta U = W + Q$ avec $W = 0$ (parois indéformables)

D'où $Q = \Delta U$.

c) $\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2$ avec $\Delta S_2 = 0$ (adiabatique réversible).

$$dU = n_0 \cdot c_v \cdot dT ;$$

$$dU = T \cdot dS - P \cdot dV$$

$$P \cdot V = n_0 \cdot R \cdot T$$

On en déduit $\Delta S_1 = n_0 \cdot c_v \ln (T_1 / T_0) + n_0 \cdot R \cdot \ln (V_1 / V_0) > 0$.

Pour le système total, $S_{\text{échange}} = 0$, donc $\Delta S = S^{\text{créé}} > 0$; la transformation est irréversible.

Corrigé : échauffement d'une masse d'eau :

a) La température finale de l'eau est $T_f = T_{\text{thermostat}} = 373 \text{ K}$.

L'eau est une phase condensée pour laquelle $dV = 0$ et $dU = m.c.dT$.

On a donc $dS_{\text{eau}} = dU/T$ et $\Delta S_{\text{eau}} = m.c.\ln(T_f/T_0)$ $T_0 = T_{\text{initiale}} = 273 \text{ K}$.

Le thermostat échange de manière réversible, donc $dS_{\text{thermostat}} = \delta S^{\text{échange}} = \delta Q/T_{\text{thermostat}}$,

D'où $\Delta S_{\text{thermostat}} = m.c (T_f - T_0) / T_f$.

Et finalement : $\Delta S_{\text{total}} = \Delta S_{\text{eau}} + \Delta S_{\text{thermostat}} = m.c (\ln (T_f/T_0) + (1-T_0/T_f))$.

On peut vérifier que $\Delta S_{\text{total}} > 0$, et ce quelque soient T_0 et T_f .

b) Soit T_1 la température intermédiaire.

Les états initiaux et finaux de l'eau étant les mêmes, on a toujours :

$$\Delta S_{\text{eau}} = m.c.\ln(T_f/T_0).$$

Pour les deux thermostats, on a de manière similaire à a)

$$\Delta S'_{\text{thermostat}} = m.c (T_1 - T_0) / T_1 + m.c (T_f - T_1) / T_f.$$

On peut vérifier numériquement que $0 < \Delta S'_{\text{total}} < \Delta S_{\text{total}}$; la deuxième transformation est « plus réversible » que la première.

c) Le chauffage peut être rendu réversible en utilisant une infinité de thermostats, de températures infiniment proches (c'est complètement théorique bien sur).

On retiendra qu'**un transfert thermique ne peut être réversible que si le système échange avec une source à la même température que lui**, en particulier si la source est de température constante, le transfert thermique ne peut être réversible que sur une isotherme.