

- Description des systèmes thermodynamiques -

Données pour l'ensemble des exercices :

- Masses molaires atomiques (voir tableau périodique)
- Constante des gaz parfaits : $R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$
- Conditions « normales » de température et de pression : $\theta = 0^\circ\text{C}$ et $P = 1,00 \text{ bar}$.
- Constante d'Avogadro : $N_A = 6,02.10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- Intensité de la pesanteur terrestre : $g = 9,80 \text{ N.kg}^{-1}$

• Exercice 01 :

Un verre cylindrique de hauteur $H = 6,00 \text{ cm}$ et de diamètre $D = 5,00 \text{ cm}$ est rempli à ras bord avec de l'eau. On pose une carte postale de masse négligeable sur la surface de l'eau et on retourne l'ensemble en maintenant la carte postale plaquée contre le verre. Puis on lâche la main (celle qui maintient la carte postale plaquée contre le verre, évidemment, pas celle qui tient le verre !). On constate que la carte postale tient toute seule ...

Donnée : Masse volumique de l'eau : $\rho_{\text{eau}} = 1,00.10^3 \text{ kg.m}^{-3}$.



- 1- Montrer que le poids de l'eau contenue dans le verre est légèrement supérieur à 1 N.
- 2- A quelle autre force est soumise la carte postale, justifiant le phénomène observé ? Calculer sa valeur et expliquer le résultat observé dans les conditions normales de pression.

• Exercice 02 :

- 1- Calculer la masse molaire de l'air sachant que sa composition molaire est de 78 % de diazote, 21 % de dioxygène et 1,0 % d'argon.
- 2- Quelle est la masse d'air contenue dans un ballon de baudruche de volume $V = 5,00 \text{ L}$ dans les conditions normales de température et de pression ?

• Exercice 03 :

Par une température $T_1 = 20,0^\circ\text{C}$, un cycliste règle la pression de ses pneus à $P_1 = 2,50 \text{ bar}$, pression préconisée par le constructeur. On supposera constant le volume des pneus du vélo.

- 1- Après avoir roulé longuement, la température de l'air dans les pneus atteint $T_2 = 50,0^\circ\text{C}$. Exprimer la pression P_2 de l'air atteinte dans le pneu en fonction de P_1 , T_1 et T_2 . Faire l'application numérique.

Avant de régler la pression des pneus, chacun contient un volume $V_1 = 40,0 \text{ L}$ d'air à la pression atmosphérique $P_0 = 1,00 \text{ bar}$ et à la température T_1 . Pour ajuster la pression du pneu à la valeur $P_1 = 2,50 \text{ bar}$, on utilise une pompe à vélo qui prélève un volume $V_p = 1,2 \text{ L}$ d'air extérieur à la pression atmosphérique P_0 et à la température T_1 : cet air est ensuite introduit dans le pneu, le volume de celui-ci restant constant.

- 2- En supposant que la température de l'air reste constante, exprimer la pression P_1' à l'intérieur du pneu en fonction de P_1 , P_0 , V_1 et V_p à l'issue du premier coup de pompe (aides à la résolution ci-dessous). Faire l'application numérique.

• Exprimer la quantité de matière n_1 d'air initialement présent dans le pneu et la quantité de matière n_p d'air prélevée avec la pompe en fonction des données.
• Exprimer la pression P_1' en fonction de n_p et de n_1 .

- 3- Combien de coups de pompes seront nécessaires pour arriver à $P_1 = 2,50 \text{ bar}$?

• Exercice 04 :

Deux ballons B_1 et B_2 de volumes constants $V_1 = 3,00 \text{ L}$ et $V_2 = 1,00 \text{ L}$ contiennent respectivement du dioxyde de carbone ($M_{\text{CO}_2} = 44,0 \text{ g.mol}^{-1}$) sous la pression $P_1 = 4,00 \text{ bar}$ et du dioxygène ($M_{\text{O}_2} = 32,0 \text{ g.mol}^{-1}$) sous la pression $P_2 = 6,00 \text{ bar}$. Ces deux gaz seront considérés comme parfaits et leur mélange également.

- 1- La température est $T_0 = 0^\circ\text{C}$. On relie B_1 et B_2 par un tube très fin. L'équilibre étant établi à la température T_0 , exprimer la pression totale P_{tot} du mélange en fonction de P_1 , V_1 , P_2 et V_2 . Faire l'application numérique.

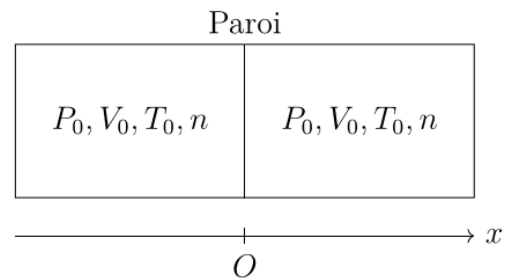
2- Exprimer la pression $P_{f,1}$ de dioxyde de carbone et celle $P_{f,2}$ en dioxygène dans le mélange en fonction de P_1 , P_2 , V_1 et V_2 (ces pressions sont appelées « pressions partielles ») puis faire l'application numérique. Quel lien existe-t-il entre P_{tot} , $P_{f,1}$ et $P_{f,2}$?

3- Exprimer la masse volumique ρ_0 de ce mélange en fonction de $P_{f,1}$, $P_{f,2}$, R , T_0 et des masses molaires M_{CO_2} et M_{O_2} . Faire l'application numérique.

• Exercice 05 :

On place dans les deux compartiments d'une enceinte la même quantité de matière n d'un gaz parfait. Ces deux compartiments sont séparés par une paroi mobile verticale de surface $S = 200 \text{ cm}^2$.

Initialement, les deux gaz ont même température $T_0 = 300 \text{ K}$, même volume $V_0 = 10,0 \text{ L}$ et même pression $P_0 = 10,0 \text{ bar}$, et le piston est au centre de l'enceinte, à l'abscisse $x = 0$.



1- Calculer la quantité de matière n de gaz dans chaque compartiment.

2- On élève la température du gaz du compartiment de gauche jusqu'à $T_F = 350 \text{ K}$, tout en maintenant la température du compartiment de droite à T_0 . Faire un schéma du nouvel état d'équilibre atteint puis exprimer l'abscisse x atteinte par le piston en fonction de T_0 , T_F , V_0 et S . Faire l'application numérique.

• Exercice 06 :

On introduit $V_{\text{eau}} = 100 \text{ mL}$ d'eau dans un calorimètre (enceinte aux parois parfaitement rigides et calorifugées), de l'air étant également présent dans celui-ci. Au bout de quelques minutes, on considère que l'équilibre thermique est établi et on relève la température à l'intérieur du calorimètre : on note $T_1 = 20,0 \text{ }^\circ\text{C}$ (température identique à l'extérieur du calorimètre).

On ouvre le calorimètre, on introduit dans l'eau une masse $m_{\text{Fe}} = 60,0 \text{ g}$ de fer préalablement chauffé à une température $T_2 = 80,0 \text{ }^\circ\text{C}$, puis on ferme le calorimètre. On considère qu'il y a un volume $V_{\text{air}} = 50,0 \text{ mL}$ d'air emprisonné dans le calorimètre sous une pression $P_{\text{air}} = 1013 \text{ hPa}$. Au bout de quelques minutes, on considère que l'équilibre thermique est établi et on relève la température à l'intérieur du calorimètre : on note $T_3 = 22,4 \text{ }^\circ\text{C}$.

Données :

- # Capacité thermique massique à volume constant de l'eau : $c_{\text{eau}} = 4,18 \text{ kJ.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$;
- # Capacité thermique massique à volume constant du fer : $c_{\text{fer}} = 449 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$;
- # Capacité thermique molaire à volume constant de l'air : $C_{V,m,\text{air}} = 5/2 R$;
- # Capacité thermique du calorimètre : $C_{\text{calo}} = 80 \text{ J.K}^{-1}$;
- # Masse volumique de l'eau : $\rho_{\text{eau}} = 1,00 \text{ kg.L}^{-1}$.

1- Calculer la variation d'énergie interne des systèmes suivants : {eau}, {air}, {fer}, {calorimètre}.

2- Calculer la variation d'énergie interne du système {eau + air + fer + calorimètre}. Commenter le résultat.

• Exercice 07 :

Dans un radiateur à bain d'huile, des conducteurs ohmiques chauffent l'huile qu'il contient. En refroidissant, cette huile transfère de l'énergie thermique à la pièce dans laquelle se trouve le radiateur. On considère dans la suite un radiateur contenant $V = 5,00 \text{ L}$ d'huile portée à une température de $50 \text{ }^\circ\text{C}$. On coupe l'alimentation du radiateur et on constate qu'au bout d'une durée Δt , l'huile est à la température de la pièce ; on estime alors qu'entre le moment où le radiateur est éteint et celui où l'huile est à la température de la pièce, l'énergie interne de l'huile a varié de $2,2 \cdot 10^2 \text{ kJ}$.

Données :

- # Capacité thermique massique à volume constant de l'huile : $c(\text{huile}) = 2,0 \cdot 10^3 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$.
- # Masse volumique de l'huile : $\rho(\text{huile}) = 0,81 \text{ g.mL}^{-1}$.

1- Quel est le signe de la variation d'énergie interne de l'huile pendant la durée Δt ?

2- Quelle est la température de la pièce au bout de la durée Δt ?