

Devoir bilan

Fluide au repos

Une base sur Mars, du dioxyde de carbone dans une seringue, le château d'eau

Durée : 1 h 30 · calculatrice autorisée · 3 exercices indépendants · barème sur 20

Nom : Prénom : Classe : Note : /20

★ CONSIGNES

Les trois exercices sont indépendants. Toute réponse doit être justifiée ; une expression littérale est attendue avant chaque application numérique, et les résultats sont donnés avec un nombre adapté de chiffres significatifs et leur unité. Toute démarche, même partielle, sera valorisée.

Exercice 1 Une base sur Mars

7 pts ●●●○

On étudie un projet de base habitée à la surface de Mars, planète de masse $M = 6,42 \times 10^{23} \text{ kg}$ et de rayon $R = 3\,390 \text{ km}$, supposée à répartition sphérique de masse. La pression de l'atmosphère martienne au sol vaut en moyenne $P_M = 610 \text{ Pa}$; l'air de la base est maintenu à la pression $P_i = 1,00 \times 10^5 \text{ Pa}$.

■ **DONNÉES** $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$ • sur Terre, $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ • eau : $\rho = 1,00 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ • $P_B - P_A = \rho g (z_A - z_B)$ (z vers le haut)

- 1.1 Établir l'expression de la valeur g_M du champ de pesanteur à la surface de Mars, assimilé au champ de gravitation, puis montrer que $g_M \approx 3,73 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$.
- 1.2 Une astronaute a, avec sa combinaison, une masse de 120 kg . Calculer son poids sur Mars et sur Terre.
- 1.3 Comparer P_M et P_i . Interpréter cet écart à l'échelle microscopique.
- 1.4 La base possède un hublot circulaire vertical de diamètre 40 cm . Calculer les valeurs des forces pressantes exercées sur le hublot par l'air intérieur et par l'atmosphère martienne. Représenter ces deux forces sur un schéma du hublot vu en coupe, avec l'échelle $1 \text{ cm} \leftrightarrow 5 \times 10^3 \text{ N}$ (si l'une d'elles est trop petite pour être tracée à cette échelle, le signaler). Quelle est la masse d'un objet dont le poids, sur Mars, aurait la valeur de la force pressante totale ?
- 1.5 Dans la base, une cuve contient de l'eau sur une hauteur de $2,0 \text{ m}$; la surface de l'eau est au contact de l'air de la base. Calculer la pression au fond de la cuve, puis la valeur qu'elle aurait sur Terre dans les mêmes conditions. Expliquer la différence.
- 1.6 Dans un baromètre de Torricelli, la pression atmosphérique est égale à $\rho g h$, où h est la hauteur de la colonne de liquide de masse volumique ρ surmontée de vide. Calculer la hauteur de la colonne d'un baromètre à mercure ($\rho = 13,6 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$) installé à l'extérieur de la base. Pourquoi lui préférerait-on une huile de masse volumique $970 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$? Calculer la hauteur correspondante. Sur Terre au contraire, on utilise le mercure : calculer la hauteur de la colonne d'un baromètre à eau pour une pression atmosphérique de $1\,013 \text{ hPa}$ et conclure.

Exercice 2 Du dioxyde de carbone dans une seringue

7 pts ●●●○

Une seringue de laboratoire, de diamètre intérieur 2,6 cm, contient $V_1 = 60,0 \text{ mL}$ de dioxyde de carbone CO_2 gazeux, à la pression $P_1 = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$ et à la température de 20°C . Dans ces conditions, le volume molaire des gaz vaut $V_m = 24,0 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$. La température reste constante dans tout l'exercice.

■ **DONNÉES** $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ • masses molaires atomiques : C $12,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; O $16,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

- 2.1 Calculer la quantité de matière n de dioxyde de carbone, le nombre N de molécules, puis la masse m du gaz. En déduire sa masse volumique en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Sachant que celle de l'air est $1,20 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, expliquer pourquoi ce gaz, produit lors de la fermentation du raisin, s'accumule au fond des cuves de vinification.
- 2.2 On bouche l'embout et on enfonce lentement le piston jusqu'à ce que le volume du gaz soit $V_2 = 20,0 \text{ mL}$. Calculer la pression P_2 . Que deviennent n , N , m et la masse volumique du gaz ?
- 2.3 Interpréter, à l'échelle microscopique, l'augmentation de la pression.
- 2.4 Calculer le rapport V_2/n . Comparer à V_m et commenter : le volume molaire d'un gaz est-il une grandeur fixe ?
- 2.5 L'air extérieur, à la pression P_1 , agit aussi sur le piston. Déterminer la valeur de la force qu'il faut exercer sur le piston pour le maintenir immobile lorsque le volume vaut V_2 (frottements négligés). Représenter, sans souci d'échelle, les forces qui s'exercent sur le piston.
- 2.6 On fait ensuite barboter la totalité du gaz dans 200 mL d'eau froide, où il se dissout entièrement sans changement de volume de la solution. Calculer la concentration en quantité de matière, puis la concentration en masse du dioxyde de carbone dissous.

Exercice 3 Le château d'eau

6 pts ●●●○

■ **DONNÉES** $g = 9,81 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$ • $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$ • eau : $\rho = 1,00 \times 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ • masses molaires atomiques : O $16,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; Cl $35,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ • $P_B - P_A = \rho g (z_A - z_B)$ (z vers le haut)

Un château d'eau, construit sur une colline, alimente un village (figure 1). La surface libre de l'eau du réservoir, en contact avec l'air, est à l'altitude $z_R = 58 \text{ m}$. Le robinet A d'une maison est à l'altitude $z_A = 20 \text{ m}$; le robinet C, au dernier étage d'un immeuble, est à l'altitude $z_C = 35 \text{ m}$. Les robinets sont fermés : l'eau des canalisations est au repos. On s'intéresse à la surpression $\Delta P = P - P_{\text{atm}}$ de l'eau.

- 3.1 Calculer ΔP au niveau des robinets A et C, en pascals puis en bars.
- 3.2 Pour qu'une douche fonctionne correctement, il faut $\Delta P \geq 1,0 \text{ bar}$. Quelle est l'altitude maximale d'une douche alimentée par ce château d'eau ?
- 3.3 Tracer l'allure de la courbe représentant ΔP en fonction de l'altitude z d'un robinet, pour z compris entre 0 m et z_R . Préciser les valeurs aux deux extrémités.
- 3.4 Le clapet du robinet A, fermé, est un disque de diamètre $1,2 \text{ cm}$. Calculer la force pressante supplémentaire exercée par l'eau sur ce clapet.
- 3.5 En fin de journée, le niveau de l'eau dans le réservoir a baissé de $4,0 \text{ m}$. Calculer la nouvelle valeur de ΔP en A. Pourquoi construit-on les châteaux d'eau sur des points hauts ?
- 3.6 Pour désinfecter l'eau, on veut que les $1\,200 \text{ m}^3$ d'eau du réservoir contiennent des ions hypochlorite ClO^- à la concentration en masse de $0,50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Calculer la masse puis la quantité de matière d'ions ClO^- nécessaires, et le volume de solution d'hypochlorite de sodium de concentration $2,0 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ à introduire dans le réservoir.

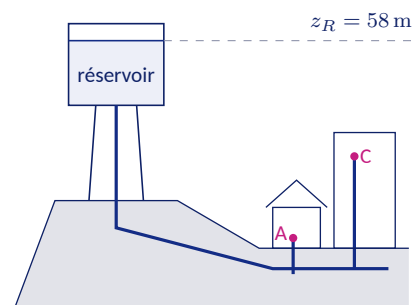


Figure 1 — Le château d'eau et le village (schéma sans échelle)