

Exercice 3 : L'oxygénothérapie (10 points)

Mots-clés : Loi des gaz parfaits, bilan de matière, débit.

La drépanocytose entraîne des crises douloureuses qui peuvent être atténuées par des médicaments antalgiques et une hydratation par voie intraveineuse mais si la douleur persiste, la médication peut être complétée par une oxygénothérapie.

L'oxygénothérapie consiste en un apport supplémentaire de dioxygène à l'organisme.

Document 1 : Utilisation des bouteilles de dioxygène

Le dioxygène est stocké à l'état gazeux comprimé à une pression initiale de 200 bar, dans des bouteilles spécialement conçues et de différents volumes selon leur utilisation. À la sortie des bouteilles, la pression du gaz est réduite par un manodétendeur pour la rendre acceptable par le patient. Au fur et à mesure que la bouteille se vide, la pression du gaz à l'intérieur diminue.

Un débitmètre permet de régler le débit de dioxygène suivant la prescription médicale.

D'après l'Association Nationale pour les Traitements à Domicile

Document 2 : Durée d'autonomie d'une bouteille de dioxygène B2

Les bouteilles B2 de volume 2,0 litres sont utilisées pour l'oxygénothérapie de déambulation. La masse totale moyenne de la bouteille pleine de dioxygène comprimé à 200 bar est de 5,8 kg.

La durée d'autonomie d'une bouteille B2 est donnée dans le tableau ci-dessous, pour différentes valeurs de la pression initiale de la bouteille et du débit de dioxygène délivré par le manodétendeur.

Pression dans la bouteille en bar	Débit de O ₂ à la sortie du manodétendeur			
	3 L·min ⁻¹	6 L·min ⁻¹	9 L·min ⁻¹	15 L·min ⁻¹
200	2 h 15 min	1 h 05 min	0 h 45 min	0 h 25 min
150	1 h 40 min	0 h 50 min	0 h 30 min	0 h 20 min
100	1 h 05 min	0 h 30 min	0 h 20 min	0 h 10 min
50	0 h 30 min	0 h 15 min	0 h 10 min	<10 min

D'après ansm.sante.fr pour les bouteilles d'Air liquide

Document 3 : La loi des gaz parfaits

$$P \times V = n \times R \times T$$

P : pression du gaz (Pa)

V : volume occupé par le gaz (m^3)

n : quantité de matière du gaz (mol)

R : constante des gaz parfaits où $R = 8,31 \text{ Pa}\cdot\text{m}^3\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$

T : température du gaz (K). On rappelle que $T(\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273$

Données : $1 \text{ L} = 10^{-3} \text{ m}^3$ et $1 \text{ m}^3 = 10^3 \text{ L}$.

$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$.

Pression atmosphérique normale : $P_{atm} = 1,01 \times 10^5 \text{ Pa}$.

Masse molaire moléculaire du dioxygène O_2 : $M_{\text{O}_2} = 32,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

1. La pression du dioxygène à l'intérieur d'une bouteille B2 neuve est égale à 200 bar. Convertir cette valeur en pascal.
2. Montrer alors qu'à 20°C , la quantité de matière de dioxygène contenue dans la bouteille B2 neuve est voisine de $n_{\text{O}_2} = 16,4 \text{ mol}$.
3. Calculer la masse m_{O_2} du dioxygène contenu à une pression de 200 bar dans la bouteille B2 neuve.
4. Montrer que la masse du gaz représente moins de 10 % de la masse totale de la bouteille pleine.
5. Vérifier que le volume de dioxygène à la pression atmosphérique, libérable par la bouteille B2 neuve à la température de 20°C est d'environ $0,4 \text{ m}^3$.
6. La bouteille B2 est initialement à la pression de 200 bar et le manodétendeur est réglé pour délivrer un débit $D = 3 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ de gaz à la pression atmosphérique. Vérifier que la durée d'autonomie est bien en accord avec celle indiquée dans le **document 2**.

On rappelle que le débit D d'écoulement d'un gaz ou d'un liquide est défini par :

$$D = \frac{\text{Volume écoulé}}{\text{durée de l'écoulement}} = \frac{V}{\Delta t}$$

7. Justifier qualitativement l'évolution de la durée d'autonomie en fonction du débit du gaz.
8. En exploitant la relation du **document 3**, expliquer pourquoi la pression dans la bouteille diminue au fil de l'utilisation à température constante.