37 Démarche experte

Le volume d'un ballon sonde peut être estimé à partir d'une mesure de son diamètre moyen sur le document 1 et de la relation $V = \frac{4}{3}\pi \cdot r^3$.

AN : Sur le document 1, on peut estimer la taille de la personne de 0,25 cm de hauteur à 1,8 m. Ainsi, le diamètre du ballon, de 1,4 cm sur le document, correspond en réalité à environ 10 m.

$$V = \frac{4}{3}\pi \times 5{,}0^3 = 5{,}2 \times 10^2 \text{ m}^3$$

L'enveloppe élastique du ballon ne peut pas dépasser un volume $V_{max} = 6V$ soit :

$$V_{max} = 3{,}1 \times 10^3 \text{ m}^3$$

Les couches supérieures de la couche d'ozone (situées à partir d'environ 40 km d'altitude) sont caractérisées par une pression et une température d'environ P = 3 hPa et $\theta = -5°$ C.

La quantité de matière d'hélium dans le ballon est constante lors de l'ascension et vaut :

$$n = \frac{P \cdot V}{\mathrm{R} \cdot T}.$$

AN : $n = \frac{1{,}0 \times 10^5 \times 5{,}2 \times 10^2}{8{,}314 \times (273{,}15 + 20)} = 2{,}1 \times 10^4 \text{ mol}$

On calcule le volume du ballon dans les couches supérieures de la couche d'ozone :

$$V = \frac{n \cdot \mathrm{R} \cdot T}{P}$$

AN : $V = \frac{2{,}1 \times 10^4 \times 8{,}314 \times 268{,}15}{3 \times 10^2} = 1{,}6 \times 10^5 \text{ m}^3$

Ce ballon ne pourra pas atteindre les couches supérieures de la couche d'ozone situées à environ 40 km d'altitude. En revanche, il pourra atteindre les couches inférieures situées à des altitudes légèrement supérieures à 10 km d'altitude où il règne une température d'environ –56 °C et une pression d'environ 200 hPa car, dans ces conditions, $V = \frac{n \cdot \mathrm{R} \cdot T}{P}$.

AN : $V = \frac{2{,}1 \times 10^4 \times 8{,}314 \times (273{,}15 - 56)}{2 \times 10^4} = 1{,}9 \times 10^3 \text{ m}^3 < V_{max}$

Démarche avancée

1. a. Le volume d'un ballon sonde peut être estimé à partir d'une mesure de son diamètre moyen sur le document 1 et de la relation $V = \frac{4}{3}\pi \cdot r^3$.

D'après l'équation d'état du gaz parfait, la quantité de matière d'hélium dans le ballon vaut : $n = \frac{P \cdot V}{T \cdot \mathrm{R}}$.

AN : Sur le document 1, on peut estimer la taille de la personne de 0,25 cm de hauteur à 1,8 m. Ainsi, le diamètre du ballon, de 1,4 cm sur le document, correspond en réalité à environ 10 m.

$$V = \frac{4}{3}\pi \times 5{,}0^3 = 5{,}2 \times 10^2 \text{ m}^3$$

$$n = \frac{1{,}0 \times 10^5 \times 5{,}2 \times 10^2}{8{,}314 \times (273{,}15 + 20)} = 2{,}1 \times 10^4 \text{ mol}$$

b. Les couches supérieures de la couche d'ozone sont caractérisées par une pression et une température d'environ $P = 3$ hPa et $\theta = -5°$ C.

On calcule le volume du ballon dans les couches supérieures de la couche d'ozone :

$$V = \frac{n \cdot \mathrm{R} \cdot T}{P}$$

AN : $V = \dfrac{2{,}1 \times 10^4 \times 8{,}314 \times 268{,}15}{3 \times 10^2} = 1{,}6 \times 10^5 \text{ m}^3$

Ce ballon ne pourra pas atteindre les couches supérieures de la couche d'ozone situées à environ 40 km d'altitude car l'enveloppe élastique du ballon ne peut pas dépasser un volume $V_{max} = 6V$ soit $V_{max} = 3{,}1 \times 10^3$ m^3.

2. Lorsque le ballon éclate, $V_{max} = 3{,}1 \times 10^3$ m^3

$$P = \frac{n \cdot \mathrm{R} \cdot T}{V}$$

AN : À – 56 °C, $P = \dfrac{2{,}1 \times 10^4 \times 8{,}314 \times (273{,}15 - 56)}{3{,}1 \times 10^3} = 122 \text{ hPa} \approx 1{,}2 \times 10^2 \text{ hPa}$

À – 5 °C, $P = \dfrac{2{,}1 \times 10^4 \times 8{,}314 \times (273{,}15 - 5)}{3{,}1 \times 10^3} = 157 \text{ hPa} \approx 1{,}6 \times 10^2 \text{ hPa}$.

À environ 10 km d'altitude, la température est de – 56 °C et la pression atmosphérique vaut environ 200 hPa. Le ballon atteint cette altitude.

En revanche, à 50 km d'altitude, la température est de – 5 °C et la pression d'environ 3 hPa. Le ballon ne peut pas atteindre cette altitude.