



Chapitre 12 : Description d'un fluide au repos.

I. Comment décrire un fluide au repos ?

Grandeurs macroscopiques de description d'un fluide au repos : masse volumique, pression, température.

- Expliquer qualitativement le lien entre les grandeurs macroscopiques de description d'un fluide et le comportement microscopique des entités qui le constituent.

II. Modèle de comportement d'un gaz : loi de Mariotte.

- Utiliser la loi de Mariotte.
- Tester la loi de Mariotte, par exemple en utilisant un dispositif comportant un microcontrôleur.

1. Un enfant gonfle un ballon de volume 0,30 L avec de l'hélium. La pression dans le ballon est égale à 120 kPa. Quelle pression aura l'hélium si le volume du ballon diminue à 0,22 L ?

On a $p_1 = 120 \text{ kPa} = 120000 \text{ Pa}$ et $V_1 = 0,30 \text{ L}$. On a $V_2 = 0,22 \text{ L}$

On utilise la loi de Boyle : $P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$

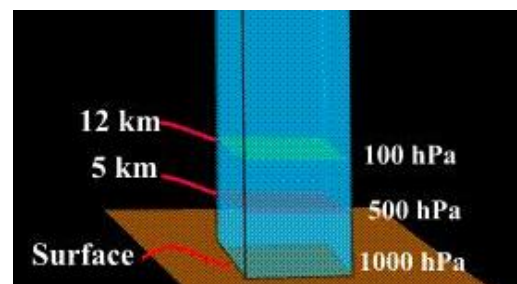
soit $P_2 = P_1 \times V_1 / V_2 = 120000 \times 0,30 / 0,22 = 1,6 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ou $1,6 \cdot 10^2 \text{ kPa}$.

2. A pression atmosphérique, (altitude 0m) on gonfle un grand sac plastique de volume 15,0 L avec de l'air. On grimpe en altitude avec ce ballon jusqu'à 2500m, au sommet d'une montagne. Calculer le volume du sac une fois monté en altitude.

La pression atmosphérique diminue avec l'altitude. Plus on s'élève dans l'atmosphère, moins il y a d'air au-dessus et donc moins le poids est grand. Il y a moins d'air au-dessus du niveau de 12 km qu'au-dessus du niveau de 5 km. La pression est donc plus grande au niveau de 5 km qu'à 12 km.

A +2500m, la pression de l'air vaut 750 hPa = 0,75 bar.

En appliquant la loi de Mariotte, on a : $P \cdot V (0\text{m}) = P \cdot V (2500\text{m})$ soit $1 \times 15 = 0,75 \times V$ Soit $V = 15 / 0,75 = 20 \text{ L}$.



III. Actions exercées par un fluide sur une surface : forces pressantes.

- Exploiter la relation $F = P \cdot S$ pour déterminer la force pressante exercée par un fluide sur une surface plane S soumise à la pression P .

1. Calculer la valeur de la force exercée par l'air intérieur sur le hublot circulaire central de la cupola dont le diamètre est de 80cm.

La pression intérieure correspond à la pression normale de 1013 hPa.

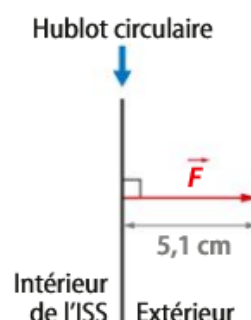
La norme de la force pressante F correspond au produit de la pression par la valeur de la surface pressée : $F = p \times S$.

Avec $p = 1013 \text{ hPa} = 101300 \text{ Pa}$
 $= 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$.

Et $S = \pi R^2 = \pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 = \pi \times \left(\frac{80 \times 10^{-2}}{2}\right)^2 = 0,50 \text{ m}^2$.

D'où $F = 1,013 \times 10^5 \times 0,50 = 5,1 \times 10^4 \text{ N}$.

La norme de la force pressante est donc de $5,1 \times 10^4 \text{ N}$.



Thème 2 : Interactions et mouvements.

2. Pour qu'un snowboarder ne s'enfonce pas dans la neige, la pression qu'il exerce sur la neige ne doit pas dépasser 2000 Pa. La masse du snowboarder et de son équipement est de 70,0 kg, l'intensité de pesanteur de 9,8 N.kg⁻¹. Quelle doit être la surface minimum du snowboard pour qu'il ne s'enfonce pas ?

La masse du snow et de son équipement est de 70,0 kg, l'intensité de pesanteur de 9,8 N.kg⁻¹.

Déterminons la force poids exercée par le snow : $F = m \times g = 70 \times 9,8 = 686 \text{ N} = 6,9 \cdot 10^2 \text{ N}$

Déterminons la surface des snows : $P = F / S$ soit $S = F / P = 686 / 2 \cdot 10^3 = 0,34 \text{ m}^2$

- 3) Une moto neige repose sur la neige par l'intermédiaire d'une chenille. La dimension de la partie de la chenille en contact avec la neige est : 500mm × 1950 mm.

La moto neige a une masse de 350 kg. La pression sur le sol ne doit pas dépasser 0,10 bar pour que la moto ne s'enfonce pas dans la neige. Quelle masse maximale peut-on mettre sur la moto ?

La surface des chenilles de la moto neige reposant sur le sol est : $S = 0,500 \times 1,950 = 0,975 \text{ m}^2$

La pression maximale $P = 0,20 \text{ bar} = 0,20 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.

La relation liant P à F est : $P = F / S$ soit $F = P \times S = 0,20 \cdot 10^5 \times 0,975 = 1,95 \cdot 10^4 \text{ N}$

Sachant que la force pressante correspond au poids : $F = m \times g$ soit $m = F / g = 1,95 \cdot 10^4 / 9,81 = 1994 \text{ kg}$.

La moto pesant 350 kg on peut ajouter 1644 kg.

IV. Loi fondamentale de la statique des fluides.

- Dans le cas d'un fluide incompressible au repos, utiliser la relation fournie exprimant la loi fondamentale de la statique des fluides : $P_2 - P_1 = \rho \cdot g(z_1 - z_2)$.

Solution commentée

Soit A, un point à la surface de l'eau et B un point, dans la mer, où la pression est de 3,7 bar.

On applique la loi fondamentale de la statique des fluides :

$$P_B - P_A = \rho \times g \times (z_A - z_B) \Leftrightarrow z_B = z_A - \frac{P_B - P_A}{\rho \times g}$$

A est un point à la surface de l'eau, d'où $z_A = 0$

$P_A = 1,0 \text{ bar} = 1,0 \times 10^5 \text{ Pa}$ et $P_B = 3,7 \text{ bar} = 3,7 \times 10^5 \text{ Pa}$

$$z_B = 0 - \frac{3,7 \times 10^5 - 1,0 \times 10^5}{1030 \times 9,8} \approx -27 \text{ m}$$

La pression est donc de 3,7 bar à 27 m de profondeur dans la mer.

Données

- $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$.
- $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$.
- $\rho = 1030 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

► Calculer à quelle profondeur dans la mer, la pression est de 3,7 bar, sachant que la pression à la surface de l'eau est de 1,0 bar.

Thème 2 : Interactions et mouvements.

Énoncé



Un pont élévateur hydraulique doit soulever une voiture. Il est composé d'un piston de surface S_1 dans lequel on peut faire varier la pression de l'air P_{air} à l'aide d'un compresseur. Le piston presse sur un fluide incompressible en contact avec le pont élévateur de surface S_2 .

1. À l'aide de la relation fondamentale de la statique des fluides, exprimer la pression P_{fluide} sur le pont en fonction de P_{air} .
2. Quelle valeur la force pressante exercée sur le pont élévateur $F_{\text{pressante/pont}}$ doit-elle atteindre pour qu'il puisse soulever la voiture ?
3. Quelle est alors la valeur de la force pressante $F_{\text{pressante/piston}}$?
4. En déduire la valeur minimale de P_{air} pour soulever voiture.

Solution rédigée

1. On écrit la relation fondamentale de la statique des fluides dans le réservoir de fluide, entre le piston et le pont élévateur :

$$P_{\text{fluide}} - P_{\text{air}} = \rho_{\text{fluide}} \cdot g \cdot (z_2 - z_1).$$

Le piston et le pont élévateur sont à la même altitude : $z_2 - z_1 = 0$ m.

On en déduit que $P_{\text{fluide}} - P_{\text{air}} = 0$ Pa, c'est-à-dire que $P_{\text{fluide}} = P_{\text{air}}$.

2. Pour que le pont élévateur puisse soulever la voiture, il faut que la force pressante $F_{\text{pressante/pont}}$ qui s'exerce sur lui soit au moins égale au poids de la voiture P_{voiture} .

$$\text{On a donc } F_{\text{pressante/pont}} = m_{\text{voiture}} \cdot g.$$

$$F_{\text{pressante/pont}} = 2,1 \times 10^3 \text{ kg} \times 9,81 \text{ N/kg} = 2,1 \times 10^4 \text{ N}.$$

3. $P_{\text{fluide}} = P_{\text{piston}}$. On exprime les pressions en fonction des forces pressantes et des surfaces : $\frac{F_{\text{pressante/piston}}}{S_1} = \frac{F_{\text{pressante/pont}}}{S_2}$.

$$\text{On en déduit } F_{\text{pressante/piston}} = \frac{F_{\text{pressante/pont}} \cdot S_1}{S_2}$$

$$F_{\text{pressante/piston}} = \frac{2,1 \times 10^4 \text{ N} \times 5,0 \times 10^{-4} \text{ m}^2}{1,2 \text{ m}^2}.$$

4. $P_{\text{air}} = \frac{F_{\text{pressante/piston}}}{S_1} = \frac{8,6 \text{ N}}{5,0 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 1,7 \times 10^3 \text{ N}.$