DESCRIPTION D'UN FLUIDE AU REPOS

10 CORRIGÉ La relation entre la valeur de la force pressante F, la pression P et la surface de contact S du fluide sur la paroi est $F = P \times S$.

1. Pour une valeur de force fixée, comment varie la pression si la surface de contact est doublée ?

2. Pour une surface de contact fixée, comment varie la pression si la valeur de la force est doublée ?

3. Pour une surface de contact fixée, comment varie la valeur de la force si la pression diminue de moitié ?

10 CORRIGÉ Côté maths

1. D'après l'expression fournie, $P = \frac{F}{S}$. Pour une valeur de force fixée, la pression est divisée par deux si la surface de contact est doublée.

2. D'après l'expression fournie, $P = \frac{F}{S}$. Pour une surface de contact fixée, la pression double si la valeur de la force est doublée.

3. D'après l'expression fournie, $F = P \times S$, pour une surface de contact fixée, la valeur de la force diminue de moitié si la pression est divisée par deux.

12 Calculer une pression

| Effectuer des calculs.

Une skieuse se trouve en haut de la piste de ski lors des Jeux olympiques 2018 à Pyeongchang. Elle porte un masque de surface $S = 1{,}3 \times 10^{-2}$ m².
La force pressante exercée par l'air extérieur sur le masque vaut $F = 1{,}2 \times 10^3$ N.

- Calculer la pression atmosphérique P_{atm} en haut de la piste.

12 Calculer une pression

On applique la relation $F = P \times S$

Il vient : $P_{atm} = \frac{F}{S}$ soit $P_{atm} = \frac{1{,}2 10^3 \text{ N}}{1{,}3 10^{-2} \text{ m}^2} = 9{,}2 \times 10^5$ Pa

La pression atmosphérique en haut de la piste a pour valeur $9{,}2 \times 10^5$ Pa.

15 Calculer une différence de pression

CORRIGÉ | Effectuer des calculs.

Dans l'océan, un poisson passe d'une position A située à 10,0 m de profondeur à une position B située à 13,0 m de profondeur.

1. Donner la signification des grandeurs apparaissant dans la loi fondamentale de la statique des fluides : $P_B - P_A = \rho \times g \times (z_A - z_B)$.

2. Calculer la différence de pression entre A et B.

Utiliser le réflexe 1

Données

- $g = 9{,}81$ N·kg⁻¹
- $\rho_{\text{eau de mer}} = 1{,}04 \times 10^3$ kg·m⁻³

15 CORRIGÉ **Calculer une différence de pression**

1. La loi fondamentale de la statique des fluides s'écrit : $P_B - P_A = \rho \times g \times (z_A - z_B)$.

Dans cette relation :

z_A et z_B sont les cordonnées verticales des points considérés.
P_A et P_B correspondent aux pressions des points de coordonnées verticales z_A et z_B.
ρ est la masse volumique de l'eau.
g est l'intensité de la pesanteur.

2. La différence de pression se calcule en utilisant la loi fondamentale de la statique des fluides :

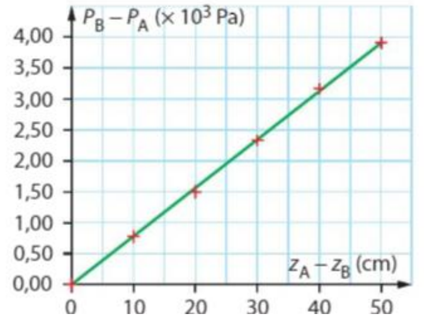
$$P_B - P_A = \rho \times g \times (z_A - z_B).$$
$$= 1{,}04 \times 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^3 \times 9{,}81 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1} \times (-10{,}0 \text{ m} - (-13{,}0 \text{ m}))$$
$$= 3{,}1 \times 10^4 \text{ Pa}$$

La différence de pression entre les points A et B est de $3{,}1 \times 10^4$ Pa.

16 Déterminer une différence de coordonnées verticales

| Exploiter un graphique.

On a représenté la différence de pression dans un liquide en fonction de la différence de coordonnées verticales à partir de mesures obtenues expérimentalement.



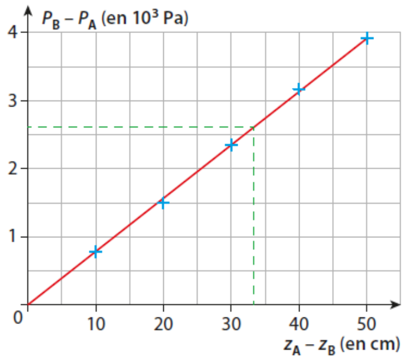
1. Déterminer graphiquement la différence $z_A - z_B$ pour laquelle la différence $P_B - P_A$ vaut $2{,}70 \times 10^3$ Pa.

2. Montrer que la courbe obtenue est cohérente avec la loi fondamentale de la statique des fluides : $P_B - P_A = \rho \times g \times (z_A - z_B)$.

3. Pourquoi les points ne sont-ils pas parfaitement alignés ?

16 Déterminer une différence de coordonnées verticales

1. On réalise une lecture graphique :



Pour $P_B - P_A = 2{,}7 \times 10^3$ Pa, la différence de coordonnées verticales est $z_A - z_B = 35$ cm.

2. La courbe donnant la différence de pression en fonction de la différence de coordonnées verticales est une droite qui passe par l'origine.
Si on note $y = P_B - P_A$ et $x = z_A - z_B$, la loi fondamentale de la statique des fluides devient :
$y = \rho \times g \times x$; soit $y = k \times x$ avec $k = g = constante$. $y = k \times x$ est donc une fonction linéaire de coefficient directeur $k = \rho \times g$.
La courbe obtenue est donc cohérente avec la loi.
3. La droite est issue de mesures expérimentales. Il existe donc une incertitude sur chaque mesure. Les points ne sont donc pas parfaitement alignés. La droite de tendance représentée en rouge sur le graphique est une droite linéaire conforme à la loi fondamentale de la statique des fluides.

24 Calculer une pression et un volume

CORRIGÉ

Mobiliser et organiser ses connaissances ; effectuer des calculs.

Un apnéiste, pour aller explorer les fonds marins, prend une inspiration importante lorsqu'il se trouve à la surface de l'eau puis bloque sa respiration.

Avant de s'immerger, le volume d'air contenu dans ses poumons est $V_0 = 6{,}0$ L et la pression de l'air a pour valeur celle de la pression atmosphérique $P_{atm} = 1{,}0 \times 10^5$ Pa. On supposera que la pression de l'air dans les poumons de l'apnéiste est égale à la pression de l'eau qui l'entoure.

1. Les coordonnées verticales des positions de l'apnéiste sont repérées sur un axe Oz orienté vers le haut et dont l'origine est la surface de l'eau.
Exprimer la pression P de l'eau pour une coordonnée verticale z, en utilisant la loi fondamentale de la statique des fluides : $P_B - P_A = \rho \times g \times (z_A - z_B)$.

2.a. Calculer la pression P_1 de l'eau lorsque l'apnéiste se trouve à 15 m de profondeur.

b. En déduire, à 15 m de profondeur, la pression de l'air contenu dans ses poumons.

3. Calculer le volume V_1 occupé par cet air à 15 m de profondeur.

Données
- $\rho_{eau} = 1{,}0 \times 10^3\ \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$
- $g = 9{,}81\ \text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$

24 Calculer une pression et un volume

CORRIGÉ

1. Soit P_1 la pression pour une coordonnée verticale de z_1. La pression de l'eau au niveau de la surface, soit pour une coordonnée verticale $z = 0$ m, est la pression atmosphérique P_{atm}
La loi fondamentale de la statique des fluides s'écrit :
$P_1 - P_{atm} = \rho \times g \times (0 - z)$.
Il vient : $P_1 = P_{atm} - \rho \times g \times z$.
2. a. Si la profondeur est 15 m, la coordonnée verticale correspondante est $z = -15$ m.
d'où :
$$P_1 = 1{,}0 \times 10^5\ \text{Pa} - 1{,}0 \times 10^3\ \text{kg} \cdot \text{m}^3 \times 9{,}81\ \text{N} \cdot \text{kg}^{-1} \times (-15)\ \text{m} = 2{,}5 \times 10^5\ \text{Pa}$$
La pression est $2{,}5 \times 10^5$ Pa à 15 m de profondeur.

b. La pression de l'air dans les poumons de l'apnéiste est égale à la pression de l'eau qui l'entoure, soit $2{,}5 \times 10^5$ Pa.
3. On applique la loi de MARIOTTE : $P_{atm} \times V_0 = P_1 \times V_1$
Il vient : $V_1 = \dfrac{P_0 \times V_0}{P_1}$ soit $V_1 = \dfrac{1{,}0 \times 10^5\ \text{Pa} \times 6{,}0\ \text{L}}{2{,}5 \times 10^5\ \text{Pa}} = 2{,}4$ L
Le volume occupé par cet air gaz est 2,4 L à 15 m de profondeur.

25 De la poudreuse !

Mobiliser et organiser ses connaissances ; effectuer des calculs.

Après une chute de neige importante sur une piste non damée, un snowboarder de masse $m = 80{,}0$ kg décide de surfer avec un snowboard assimilable à un rectangle de longueur $L = 170$ cm, de largeur $l = 27$ cm et de masse $m_{snowboard} = 3{,}8$ kg.
Au cours de sa session, il tombe et déchausse. **Il constate qu'il s'enfonce alors dans la neige considérablement plus qu'avec son snowboard.**

1. On considère que la valeur de la force pressante exercée par le système {snowboarder-snowboard} sur la neige est égale à la valeur de son poids.

a. Calculer la valeur de cette force lorsque le snowboarder est équipé.

b. Quelle serait la pression d'un fluide qui exercerait la même force pressante sur la même surface de neige ?

2. Répondre aux mêmes questions après que le snowboarder ait déchaussé (la surface d'un pied est 270 cm²).

3. Justifier alors la phrase en gras.

Donnée
- $g = 9{,}81\ \text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$

25 De la poudreuse !

1. a. La masse du snowboarder équipé est : $m = 80\ \text{kg} + 3{,}8\ \text{kg}$
$m = 83{,}8$ kg
On calcule le poids du snowboarder équipé : $P_{équipé} = mg$ soit
$P_{équipé} = 83{,}8\ \text{kg} \times 9{,}81\ \text{N} \cdot \text{kg}^{-1} = 8{,}22 \times 10^2\ \text{N}$
La valeur de la force pressante étant égale à celle du poids du snowboarder, elle vaut $8{,}22 \times 10^2$ N.

b. On calcule la surface du snowboard : $S = L \times l$ soit $S = 1{,}70\ \text{m} \times 0{,}27\ \text{m} = 4{,}610^{-1}\ \text{m}^2$
On applique la relation : $F = P_1 \times S$
D'où : $P_1 = \dfrac{F}{S}$ soit $P_1 = \dfrac{8{,}22 \times 10^2\ \text{N}}{4{,}6 \times 10^{-1}\ \text{m}^2} = 1{,}8 \times 10^3$ Pa
La pression d'un fluide qui exercerait la même force pressante sur la même surface de neige, serait $1{,}8 \times 10^3$ pascals.
2. On calcule le poids du snowboarder non équipé car il a déchaussé :
$P_{non\ équipé} = m \times g$
soit $P_{non\ équipé} = 80\ \text{kg} \times 9{,}81\ \text{N} \cdot \text{kg}^{-1} = 7{,}85 \times 10^2\ \text{N}$
La force pressante étant égale au poids du snowboarder, elle vaut $7{,}85 \times 10^2$ N. Cette force pressante a une valeur proche de celle du skieur avec son snowboard équipé.
On estime que le snowboarder, en déchaussant, est en appui sur un pied. On convertit la surface d'un pied en mètre carré :
$S = 270\ \text{cm}^2 = 2{,}70 \times 10^{-2}\ \text{m}^2$
On applique la relation : $F = P_2 \times S$, d'où :
$$P_2 = \frac{F}{S} \text{ soit } P_2 = \frac{7{,}8 \times 10^2\ \text{N}}{2{,}70 \times 10^{-2}\ \text{m}^2} = 2{,}9 \times 10^4\ \text{Pa}$$
La pression exercée par le snowboarder avec son pied est de $2{,}9 \times 10^4$ Pa.

3. À force pressante pratiquement équivalente, la pression exercée est plus importante si la surface de contact est plus faible : le snowboarder non équipé s'enfonce donc plus facilement dans la neige.

26 Pression et sous-marin

Mobiliser et organiser ses connaissances ; effectuer des calculs.

Près de l'île de Guam, dans le nord-est des Philippines, se trouve la fosse la plus profonde des océans : la fosse des Mariannes d'une profondeur de 11 033 mètres.
Elle a été découverte en 1875, lors de l'expédition d'un navire de la Royal Navy.
En 2010, James Cameron, le réalisateur du film *Abyss*, a atteint, dans son mini sous-marin Deepsea Challenger, une profondeur de 10 898 mètres.
Les coordonnées verticales des positions de Deepsea Challenger sont repérées sur un axe Oz orienté vers le haut et dont l'origine est la surface de l'eau.

1.a. Exprimer la différence de pression entre la surface et une profondeur $z_1 = 10\,898$ m à partir de la loi fondamentale de la statique des fluides : $P_B - P_A = \rho \times g \times (z_A - z_B)$.

b. Exprimer puis calculer la pression P_1 de l'eau salée à la profondeur z_1.

2. Quelle est au fond de la fosse des Mariannes la pression P_2 ?

3. Les tests indiquent que le sous-marin est capable d'évoluer dans des eaux de pression maximale $P_{max} = 1{,}59 \times 10^8$ Pa. Deepsea Challenger pourrait-il naviguer au fond de la fosse ?

Données
- $\rho_{eau\ de\ mer} = 1{,}025 \times 10^3\ kg \cdot m^{-3}$
- $P_{atm} = 1{,}013 \times 10^5$ Pa
- $g = 9{,}81\ N \cdot kg^{-1}$

26 Pression et sous-marin

1. a. La profondeur 10 898 m correspond à la coordonnée verticale $z_1 = -10\,898$ m.
Soit P_1 la pression pour une coordonnée verticale de z_1. La pression de l'eau au niveau de la surface, soit pour une coordonnée verticale $z = 0$ m, est la pression atmosphérique P_{atm}.
D'après la loi fondamentale de la statique des fluides :
$P_1 - P_{atm} = \rho \times g(0 - z_1)$.
b. On déduit de la question précédente : $P_1 = P_{atm} - \rho \times g \times z_1$.
Ainsi :
$$P_1 = 1{,}013 \times 10^5\ \text{Pa} - 1{,}025 \times 10^3\ \text{kg} \cdot \text{m}^{-3} \times 9{,}81\ \text{N} \cdot \text{kg}^{-1}(-10\,898\ \text{m}) = 1{,}10 \times 10^8\ \text{Pa}$$
La pression est égale à $1{,}10 \times 10^8$ pascal à 10 898 mètres de profondeur.
2. La profondeur 11 033 m correspond à la coordonnée verticale $z_2 = -11\,033$ m.
On calcule la pression P_2 :
$P_2 = P_{atm} - \rho \times g \times z_2$
Ainsi,
$$P_2 = 1{,}013 \times 10^5\ \text{Pa} - 1{,}025 \times 10^3\ \text{kg} \cdot \text{m}^{-3} \times 9{,}81\ \text{N} \cdot \text{kg}^{-1}(-11\,033\ \text{m}) = 1{,}11 \times 10^8\ \text{Pa}$$
La pression est égale à $1{,}11 \times 10^8$ Pa à 11 033 m de profondeur.
3. $1{,}59 \times 10^8$ Pa $> 1{,}11 \times 10^8$ Pa : La pression maximale supportée lors des tests n'est pas atteinte au point le plus bas de la fosse ; « Deepsea Challenger » pourrait donc naviguer au point de plus bas de la fosse.

28 Forage

Mobiliser et organiser ses connaissances ; effectuer des calculs.

Un forage est effectué à 2 000 m de profondeur. Le puits de forage est cylindrique de diamètre *D*. Au fond du puits, la tête de forage atteint une poche de pétrole dont la pression est $P_F = 2{,}1 \times 10^7$ Pa. Pour que le pétrole ne s'écoule pas, de la boue, que l'on considérera modélisable par un fluide, est injectée dans le puits de forage. Il est nécessaire que la pression de cette boue au fond du puits soit égale à la pression du pétrole dans la poche.

1. Déterminer la hauteur *H* de la colonne de boue qu'il est nécessaire d'injecter dans le trou de forage pour que le pétrole ne s'échappe pas.

2. Le diamètre *D* du puits de forage est 50 cm. Calculer le volume *V* de boue dans le puits de forage dans ces conditions.

3. En déduire la masse *m* de boue utilisée.

Données
- Loi fondamentale de la statique des fluides : $P_B - P_A = \rho \times g \times (z_A - z_B)$
- $\rho_{boue} = 1{,}9 \times 10^3\ kg \cdot m^{-3}$
- $P_{atm} = 1{,}013 \times 10^5$ Pa
- Volume d'un cylindre de hauteur *H*, de diamètre *D* :
$$V = \pi \times \frac{D^2}{4} \times H$$
- $g = 9{,}81\ N \cdot kg^{-1}$

28 Forage

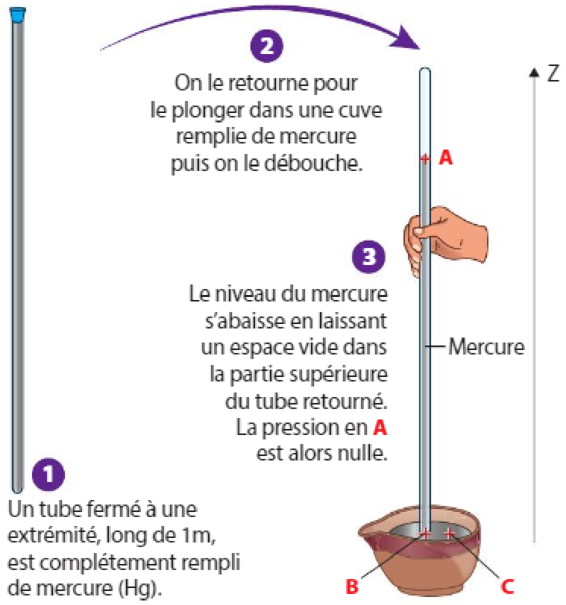
1. Au point le plus bas de la colonne de forage, la pression de la boue est égale à la pression du pétrole, soit $P_F = 2{,}1 \times 10^7$ Pa.
Au point le plus haut, la boue est en contact avec l'air : la pression est égale à la pression atmosphérique.
On applique la loi fondamentale de la statique des fluides :
$P_B - P_A = \rho \times g \times (z_A - z_B)$
soit ici : $P_F - P_{atm} = \rho \times g \times H$ où $H = z_A - z_B$
$$\text{Il vient : } H = \frac{P_F - P_{atm}}{\rho_{boue} \times g}$$
$$\text{soit } H = \frac{2{,}1 \times 10^7\ \text{Pa} - 1{,}013 \times 10^5\ \text{Pa}}{1{,}9 \times 10^3\ \text{kg} \cdot \text{m}^{-3} \times 9{,}81\ \text{N} \cdot \text{kg}^{-1}} = 1{,}1 \times 10^3\ \text{m}$$
La colonne de boue doit avoir une hauteur de $1{,}1 \times 10^3$ m.
2. Connaissant la hauteur de boue, on calcule le volume de boue contenue dans le cylindre d'injection :
$$V = \frac{\pi \times D^2}{4} \times H \text{ soit } V = \frac{\pi \times (0{,}5\ \text{m})^2}{4} \times 1{,}1 \times 10^3\ \text{m} = 220\ \text{m}^3$$
Il faut injecter 220 m³ de boues dans le puits.
3. On calcule la masse de la boue injectée :
$m = \rho \times V = 1{,}9 \times 10^3\ \text{kg} \cdot \text{m}^{-3} \times 220\ \text{m}^3 = 4{,}2 \times 10^5$ kg

36 Histoire des sciences

Le baromètre de TORRICELLI

| Extraire et organiser l'information.

Le premier baromètre a été inventé par Evangelista TORRICELLI en 1644. Le principe est le suivant :



1. Justifier que les pressions du mercure en B et C sont les mêmes et qu'elles valent P_{atm}.

2. Calculer la différence de pression du mercure entre les positions A et B : $P_B - P_A$.

3. À l'aide de la loi fondamentale de la statique des fluides $P_B - P_A = \rho \times g \times (z_A - z_B)$, calculer la différence de hauteur $z_A - z_B$ entre les points A et B.

4. En cas de baisse de la pression atmosphérique, comment évolue la hauteur de mercure dans le baromètre de TORRICELLI ?

Données
- $\rho_{Hg} = 1{,}35 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
- $g = 9{,}81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$
- $P_{atm} = 1{,}013 \times 10^5 \text{ Pa}$

36 Histoire des sciences

Le baromètre de TORRICELLI

1. Le point C est à la surface du liquide, donc au contact de l'air. La pression en ce point est donc égale à la pression atmosphérique. Le point B est à la même altitude z que le point C, donc à la même pression.

2. On calcule la différence de pression :
$P_B - P_A = 1{,}013 \times 10^5 \text{ Pa} - 0 \text{ Pa} = 1{,}013 \times 10^5 \text{ Pa}$.

3. D'après l'équation fondamentale de la statique des fluides :
$P_B - P_A = \rho \times g \times (z_A - z_B)$

Il vient : $z_A - z_B = \dfrac{P_B - P_A}{\rho \times g}$

soit $z_A - z_B = \dfrac{1{,}013 \times 10^5 \text{ Pa}}{1{,}35 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \times 9{,}81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}} = 7{,}65 \times 10^{-1} \text{ m}$

La hauteur de mercure dans le tube est égale à $7{,}65 \times 10^{-1}$ m.

4. Si la pression atmosphérique baisse, d'après la loi fondamentale de la statique des fluides, on peut dire que la hauteur de mercure dans le tube baisse également.