



Dans tous les exercices, on donnera la formule littérale puis on fera l'application numérique
 Dans tous les exercices, on donnera le nombre correct de chiffres significatifs

Données

- ☐ $\rho_{air} = 1,22 \text{ kg.m}^{-3}$
- ☐ $P_{atm}(\text{niveau mer}) = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$
- ☐ $g = 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$
- ☐ $\rho_{eau} = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$

**EXERCICES D'AUTOMATISATION EN AUTONOMIE****Ex 1 – Cinq minutes chrono !!****Recopier en complétant avec un ou plusieurs mots.**

Une augmentation de la température se traduit à l'échelle microscopique par une augmentation de l' **AGITATION DES ENTITES**

La phase fluide la plus dense est la phase **LIQUIDE**

Dans un liquide, la pression avec **AUGMENTE** la profondeur.

La force pressante exercée par un fluide sur une paroi plane est proportionnelle à la ... **PRESSION** du fluide et à l' de la paroi. **AIRE**

Quand le volume d'une quantité donnée de gaz à une température constante augmente, sa pression. **DIMINUE**

Indiquer la réponse exacte.

L'unité SI de la pression est :

- a. le bar (symbole bar).
- b. l'atmosphère (symbole atm).
- c. le pascal (symbole Pa)

La pression dans l'eau, en fonction de la profondeur :

- a. diminue d'environ 1 bar tous les 10 m.
- b. est la même quelle que soit la profondeur.
- c. augmente d'environ 1 bar tous les 10 m.

Quand l'aire de la surface de contact entre un fluide à la pression P et une paroi augmente, la force pressante :

- a. diminue.
- b. reste la même.
- c. augmente.

Pour une quantité de gaz donnée, à température fixée, la loi de Mariotte indique que :

- a. $P_2 - P_1 = \rho g (Z_1 - Z_2)$.
- b. $P \times V = \text{constante}$.
- c. $P \times V^2 = \text{constante}$.

D'après la loi de Mariotte, la pression d'un gaz est proportionnelle :

- a. au volume qu'il occupe.
- b. à l'inverse du volume qu'il occupe.
- c. à sa température.

Un gaz à la pression $P_i = 10 \text{ bar}$ de volume $V_i = 1,0 \text{ L}$ se détend et occupe le volume $V_f = 10 \text{ L}$, à la même température qu'initialement. La pression P_f vaut :

- a. $P_f = 1,0 \text{ bar}$.
- b. $P_f = 10 \text{ bar}$.
- c. $P_f = 100 \text{ bar}$.

Ex 2 – Pression

Un fluide exerce une pression de 800 Pa. Il est en contact avec une paroi de $S = 4 \text{ m}^2$.

Calculer l'intensité de la force pressante exercée sur cette paroi.

$$F = P \cdot S$$

$$F = 800 \times 4 = 3\,200 \text{ N} = 3 \text{ kN}$$

Ex 3 – Pression

Une paroi de 30 m^2 subit une force pressante de $3 \times 10^6 \text{ N}$.

Calculer la valeur de cette pression.

$$P = \frac{F}{S}$$

$$P = \frac{3 \times 10^6}{30} = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$$

Ex 4 – Calculer une force pressante

La vitre de surface $S = 1,0 \text{ m}^2$ d'une porte vitrée subit une force pressante de l'air ambiant

1. Quelle est la valeur de l'intensité de la force pressante F de l'air sur la vitre ?
2. Pourquoi la vitre ne risque pas de casser ou de se desceller sous l'effet de cette force pressante ?

Conseil : faire un schéma bilan des forces s'exerçant sur la vitre

1. $F = P \cdot S$
 $F = 101\,325 \times 1 = 1,0 \times 10^5 \text{ N}$
2. La pression est la même des deux côtés de la vitre, donc les deux forces pressantes exercées par l'air sur la vitre se compensent, empêchant celle-ci de se casser.

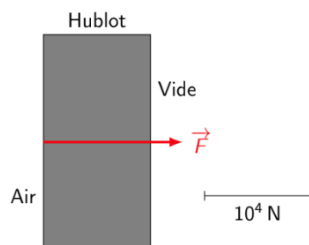
Ex 5 – Calculer une force pressante...dans l'espace !!

La station internationale ISS est dotée de hublots.

Le plus grand a une surface de $0,13 \text{ m}^2$ environ

1. **Faire** un schéma représentant la résultante des forces pressantes sur le hublot.
Préciser les échelles choisies
2. Le hublot doit-il être plus robuste que si on était sur Terre ? **Justifier**.

1. Schéma



$$F = P \cdot S$$
$$F = 101\,325 \times 0,13 = 1,3 \times 10^4 \text{ N}$$

La force pressante peut être tracée avec une échelle de 1 cm pour 10^4 N .

2. On suppose que la pression est nulle à l'extérieure de la station, et qu'elle est égale à la pression atmosphérique P_0 dans la station.

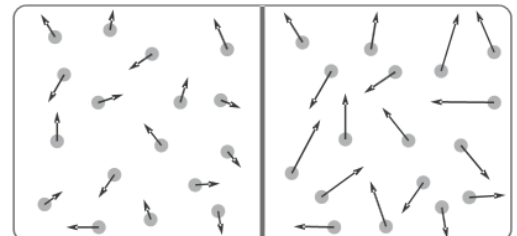
La seule force pressante s'exerce donc de l'intérieur de la station vers l'extérieur, perpendiculairement à la surface de la fenêtre.

Le hublot doit donc être plus robuste que si on était sur Terre.

Ex 6 – Modéliser un gaz

La modélisation microscopique de deux volumes identiques d'un même gaz formé de molécules identiques est représentée ci-contre :

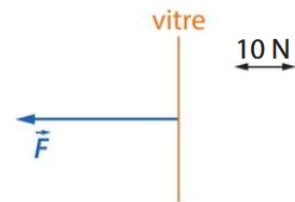
Dans quel volume la pression est-elle la plus forte ? **Justifier**.



Les volumes sont identiques, le nombre de molécules est le même dans les deux cas.
La seule différence est la vitesse des molécules qui est plus grande dans le volume de droite.
La pression est donc plus élevée car les chocs sur les parois sont plus nombreux.

Ex 7 – Etudier une force pressante

Une force pressante $\vec{F}$ exercée par un fluide au repos sur une vitre est représentée ci-contre :



1. De quel côté de la vitre se trouve le fluide exerçant cette force ?
2. **Calculer** l'intensité de cette force F

1. La force pressante s'exerce du fluide vers la paroi, donc le fluide se trouve à droite de la paroi sur le schéma.

2. On utilise l'échelle fournie : 0,55 cm sur le schéma représente 10 N. Le vecteur force pressante a pour longueur 1,5 cm.

$$\text{Ainsi, } F = 1,5 \text{ cm} \times \frac{10 \text{ N}}{0,55 \text{ cm}} = 27 \text{ N}$$

La force pressante exercée par un fluide au repos sur la vitre a pour valeur 27 N.

Ex 8 – Coté maths

La relation entre la valeur de la force pressante F, la pression P et la surface S de contact 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 ?

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.

Ex 9 – Calculer une pression

Une skieuse se trouve en haut de la piste de ski lors des Jeux Olympiques 2018.

Elle porte un masque de surface $S = 1,3 \times 10^{-2} \text{ m}^2$.

La force pressante exercée par l'air extérieur sur le masque vaut $F = 1,2 \times 10^3 \text{ N}$.

Exprimer puis **calculer** la pression atmosphérique P_{atm} en haut de la piste.

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

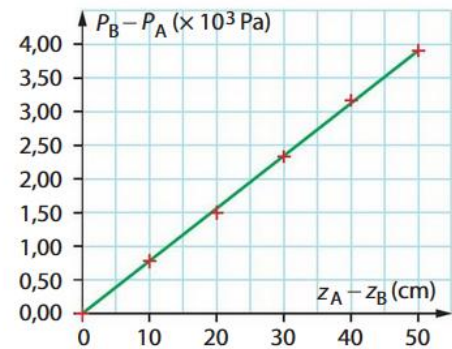
$$\text{Il vient : } P_{\text{atm}} = \frac{F}{S} \text{ soit } P_{\text{atm}} = \frac{1,210^3 \text{ N}}{1,310^{-2} \text{ m}^2} = 9,2 \times 10^5 \text{ Pa}$$

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

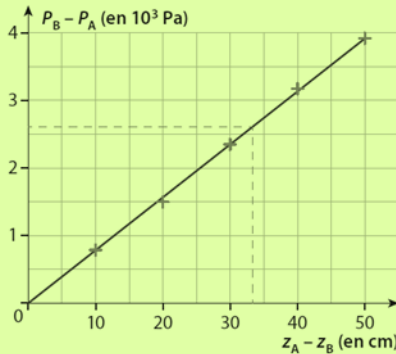
Ex 10 – Déterminer une différence de coordonnées verticales

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 $2,70 \times 10^3 \text{ Pa}$
2. **Montrer** que la courbe obtenue est cohérente avec la loi fondamentale de la statique des fluides
3. Pourquoi les points ne sont-ils pas parfaitement alignés ?



1. On réalise une lecture graphique :



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

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 $k = g = \text{constante}$. $y = k \times x$ 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.

Ex 11 – Lier pression d'un gaz et volume

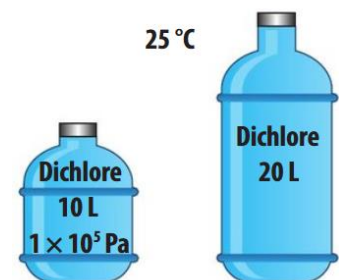
Les deux bouteilles ci-contre contiennent la même quantité de matière d'un gaz. Quelle est la pression du gaz dichlore dans la bouteille de droite ?

Soit P_1 et V_1 et la pression et le volume de diazote et P_2 et V_2 la pression et le volume du dichlore.

On applique la loi de MARIOTTE :

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$$

$$\text{Donc } P_2 = \frac{P_1 \times V_1}{V_2} = \frac{1 \times 10^5 \text{ Pa} \times 10 \text{ L}}{25 \text{ L}} = 0,410^5 \text{ Pa} = 4 \times 10^4 \text{ Pa}$$



Ex 12 – Calculer une pression

1. **Enoncer** la loi de Mariotte.
2. Un volume d'air $V_1 = 7,5 \text{ L}$ contenue dans une bouteille hermétique est à la pression $P_1 = 1,0 \times 10^5 \text{ Pa}$. **Calculer** la pression P_2 de cet air lorsque le volume est $V_2 = 3,2 \text{ L}$ en considérant que la température reste constante

1. Loi de MARIOTTE s'énonce ainsi : À température constante, et à quantité de matière constante, le produit $P \times V = \text{constante}$.

2. La quantité de matière est constante car la bouteille est hermétique ; la température est supposée constante. On applique donc la loi de MARIOTTE : $P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$

$$\text{Il vient : } P_2 = \frac{P_1 \times V_1}{V_2} \text{ soit } P_2 = \frac{1 \times 10^5 \text{ Pa} \times 7,5 \text{ L}}{3,2 \text{ L}} = 2,3 \times 10^5 \text{ Pa}$$

En supposant une température constante, la pression de ce gaz est $2,3 \times 10^5 \text{ Pa}$ lorsque le volume est $3,2 \text{ L}$.

Ex 13 – Calculer un volume

La pression de l'air contenue dans une bouteille hermétique de volume $V_1 = 12,0\text{L}$ est $P_1 = 20 \times 10^5 \text{ Pa}$. En considérant que la loi de Mariotte est applicable dans ces conditions, exprimer et calculer le volume V_2 qu'occuperait l'air si on portait la pression à $P_2 = 1,0 \times 10^5 \text{ Pa}$

1. Loi de MARIOTTE s'énonce ainsi : À température constante, et à quantité de matière constante, le produit $P \times V = \text{constante}$.

2. On applique la loi de MARIOTTE : $P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$

$$\text{Il vient : } V_2 = \frac{P_1 \times V_1}{P_2} \text{ soit } V_2 = \frac{20 \times 10^5 \text{ Pa} \times 12 \text{ L}}{1 \times 10^5 \text{ Pa}} = 240 \text{ L}$$

Le volume de ce gaz serait 240 litres si la pression était $1,0 \times 10^5 \text{ Pa}$.

EXERCICES D'ANALYSE



Ex 14 – Tension artérielle

On appelle tension (ou pression) artérielle T la différence entre la pression du sang et la pression atmosphérique :

$$T = P_{\text{sang}} - P_{\text{atm}}$$

Lors d'un examen médical, le médecin annonce deux valeurs de la tension artérielle :

- ☐ La pression maximale (ou pression systolique) qui correspond à la pression du sang au moment de la contraction du cœur
- ☐ La pression minimale (ou pression diastolique) qui correspond au relâchement du cœur

Ces valeurs sont données dans une unité particulière qui est le centimètre de mercure (cm Hg).

Pendant un contrôle médical, un médecin annonce à un sportif une tension de « 12 - 8 »

1. Exprimer les deux tensions en pascal
2. Calculer la pression du cœur pour ces deux valeurs

Données : 1cm Hg correspond à 1 333 Pa et $P_{\text{atm}} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$

1. La pression systolique vaut $T_{\text{max}} = 12 \text{ cm Hg}$,
soit $T_{\text{max}} = 12 \text{ cm Hg} \times 1333 \text{ Pa} \cdot \text{cm Hg}^{-1} = 1,6 \times 10^4 \text{ Pa}$

La pression diastolique vaut $T_{\text{min}} = 8 \text{ cm Hg}$,
soit $T_{\text{min}} = 8 \text{ cm Hg} \times 1333 \text{ Pa} \cdot \text{cm Hg}^{-1} = 1 \times 10^4 \text{ Pa}$

2. $T = P_{\text{sang}} - P_{\text{atm}}$ d'où : $P_{\text{sang}} = T + P_{\text{atm}}$

On en déduit la pression du sang pour la valeur de la pression artérielle :

La pression maximale du sang est :

$$P_{\text{sang max}} = T_{\text{max}} + P_{\text{atm}} = 1,6 \times 10^4 \text{ Pa} + 1,013 \times 10^5 \text{ Pa} = 1,173 \times 10^5 \text{ Pa}$$

La pression minimale du sang est :

$$P_{\text{sang min}} = T_{\text{min}} + P_{\text{atm}} = 1 \times 10^4 \text{ Pa} + 1,013 \times 10^5 \text{ Pa} = 1,113 \times 10^5 \text{ Pa}$$

Ex 15 – Pression en plein vol

La pression à l'intérieur d'un avion, initialement égale à la pression atmosphérique au niveau du sol, diminue petit à petit lors de la montée pour se stabiliser à 800hPa lorsque l'altitude de l'avion est supérieure à 2 000m.

On étudie un avion volant à l'altitude constante de 10 000m.

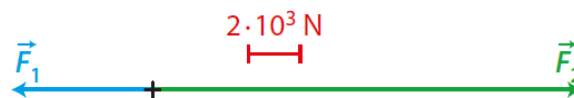
A cette altitude la pression atmosphérique est 264 hPa.

1. **Calculer** la force F_1 de la force pressante exercée par l'air extérieur sur une surface S de l'avion de $0,20 \text{ m}^2$
2. **Calculer** la valeur F_2 de la force pressante exercée par l'air intérieur sur la même surface S
3. On supposera que la surface S est plane.

Représenter à l'échelle $1\text{cm} \leftrightarrow 2 \times 10^3 \text{ N}$, les forces $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$

4. **Expliquer** pourquoi la carlingue d'un avion doit-elle être rigide ?

1. On convertit la pression en pascal : $P_1 = 264 \text{ hPa} = 2,64 \times 10^4 \text{ Pa}$
On calcule la force pressante en appliquant la relation :
 $F_1 = P_1 \times S = 2,64 \times 10^4 \text{ Pa} \times 0,20 \text{ m}^2 = 5,3 \times 10^3 \text{ N}$
La force pressante $\vec{F}_1$ a pour valeur $5,3 \times 10^3 \text{ N}$.
2. On convertit la pression en pascal : $P_2 = 800 \text{ hPa} = 8,00 \times 10^4 \text{ Pa}$
On calcule la force pressante en appliquant la relation :
 $F_2 = P_2 \times S = 8,00 \times 10^4 \text{ Pa} \times 0,20 \text{ m}^2 = 1,6 \times 10^4 \text{ N}$
La force pressante $\vec{F}_2$ a pour valeur $1,6 \times 10^4 \text{ N}$.
3. Le vecteur $\vec{F}_1$ mesure 2,6 cm et le vecteur $\vec{F}_2$ mesure 8 cm.



4. La force exercée par l'air intérieur de l'avion sur la carlingue est supérieure à la force exercée par l'air extérieur sur la carlingue. La carlingue doit pouvoir supporter cette différence de force et pour cela nécessite d'être rigide.

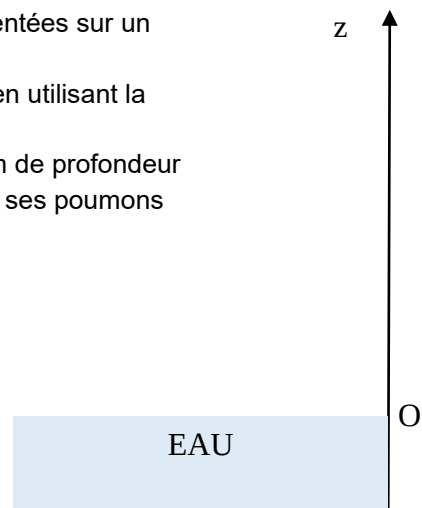
Ex 16 – Calculer une pression et un volume

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 $V_0 = 6,0 \text{ L}$ et la pression de l'air a pour valeur celle de la pression atmosphérique $P_{atm} = 1,01 \times 10^5 \text{ Pa}$.

On supposera que la pression de l'air dans les poumons est égale à la pression de l'eau qui l'entoure.

1. Les coordonnées verticales de positions de l'apnéiste sont représentées 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.
2. **Calculer** la pression P_1 de l'eau lorsque l'apnéiste se trouve à 15m de profondeur
3. En **déduire** à 15m de profondeur la pression de l'air contenu dans ses poumons
4. **Calculer** le volume V_1 occupé par cet air à 15m de profondeur



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 : $V_1 = \frac{P_0 \times V_0}{P_1}$ soit $V_1 = \frac{1,0 \times 10^5 \text{ Pa} \times 6,0 \text{ L}}{2,5 \times 10^5 \text{ Pa}} = 2,4 \text{ L}$
Le volume occupé par cet air gaz est 2,4 L à 15 m de profondeur.

Ex 17 – De la poudreuse !!

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 $m_{\text{snowboard}} = 3,8$ 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.

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 ;

1. **Calculer** la valeur de cette force lorsque le snowboarder est équipé de son snowboard.
2. Quelle serait la pression d'un fluide qui exercerait la même force pressante sur la même surface de neige ?
3. **Répondre** aux mêmes questions après que le snowboarder ait déchaussé (la surface d'un pied est 270 cm^2)
4. **Justifier** alors la phrase en gras

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

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 : $P_1 = \frac{F}{S}$ soit $P_1 = \frac{8,22 \times 10^2 \text{ N}}{4,6 \times 10^{-1} \text{ m}^2} = 1,8 \times 10^3 \text{ Pa}$
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 :
 $P_{\text{non équipé}} = m \times g$
soit $P_{\text{non équipé}} = 80 \text{ kg} \times 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1} = 7,85 \times 10^2 \text{ N}$
La force pressante étant égale au poids du snowboarder, elle vaut $7,85 \times 10^2 \text{ N}$. Cette force pressante a une valeur proche de celle du skieur avec son snowboarder 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 :

$$P_2 = \frac{F}{S} \text{ soit } P_2 = \frac{7,85 \times 10^2 \text{ N}}{2,70 \times 10^{-2} \text{ m}^2} = 2,9 \times 10^4 \text{ Pa}$$

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.

Ex 18 – Pression et sous marin

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. **Exprimer** la différence de pression entre la surface et une profondeur $z_1 = 10\,898\text{ m}$ à partir de la loi fondamentale de la statique des fluides
2. **Exprimer** puis **calculer** la pression P_1 de l'eau salée à la profondeur z_1
3. **Exprimer** puis **calculer** la pression P_2 au fond de la fosse des Mariannes
4. Les tests indiquent que le sous-marin est capable d'évoluer dans des eaux de pression maximale $P_{\max} = 1,59 \times 10^8 \text{ Pa}$.
Expliquer si Deepsea Challenger pourrait-il naviguer au fond de la fosse.

Données : $\rho_{\text{eau de mer}} = 1,025 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

1. a. La profondeur 10 898 m correspond à la coordonnée verticale $z_1 = -10\,898 \text{ m}$.

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 $z = 0 \text{ m}$, est la pression atmosphérique P_{atm} .

D'après la loi fondamentale de la statique des fluides :

$$P_1 - P_{\text{atm}} = \rho \times g(0 - z_1).$$

b. On déduit de la question précédente : $P_1 = P_{\text{atm}} - \rho \times g \times z_1$.

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 $z_2 = -11\,033 \text{ m}$.

On calcule la pression P_2 :

$$P_2 = P_{\text{atm}} - \rho \times g \times z_2$$

Ainsi,

$$P_2 = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa} - 1,025 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \times 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}(-11\,033 \text{ m}) = 1,11 \times 10^8 \text{ Pa}$$

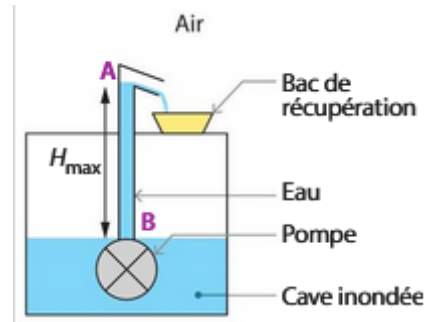
La pression est égale à $1,11 \times 10^8 \text{ Pa}$ à 11 033 m de profondeur.

3. $1,59 \times 10^8 \text{ Pa} > 1,11 \times 10^8 \text{ Pa}$: 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.

Ex 19 – Pompe vide-cave

Une pompe vide-cave est posée au niveau du sol pour pomper l'eau d'une cave et la refouler à l'extérieur par l'intermédiaire d'un tuyau. La situation est schématisée ci-contre.

La hauteur d'eau dans le tuyau ne peut pas dépasser une hauteur maximale notée $H_{\max}$ repérée par la position A. Lorsque cette pompe fonctionne la pression P_B à l'extrémité B du tuyau est égale à $1,5 \times 10^5 \text{ Pa}$



On supposera que la loi de la statique des fluides est applicable dans la suite de l'exercice. Les coordonnées verticales des positions sont repérées sur un axe Oz orienté vers le haut et dont l'origine est la surface de l'eau

1. **Indiquer** la pression à l'extrémité supérieure A du tuyau lorsque H est égal à $H_{\max}$ comme représenté sur le schéma
2. **Exprimer** la pression P_B à la position B en fonction de la hauteur maximale $H_{\max}$ en utilisant la loi fondamentale de la statique des fluides
3. **Calculer** la hauteur maximale $H_{\max}$ à laquelle la pompe peut refouler l'eau de la cave
4. La notice de la pompe indique une profondeur maximale de pompage de 4,5m.
Comparer la valeur calculée et la valeur donnée par le constructeur.
Emettre une hypothèse pour expliquer la différence

1. Lorsque H est à $H_{\max}$, l'eau est pratiquement immobile en la position A : la pression de l'eau en A est égale à la pression atmosphérique $P_{\text{atm}} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$.

2. Soit P la pression pour une hauteur H , avec $H = z_A - z_B$. La loi fondamentale de la statique des fluides permet d'écrire :
$$P_B - P_{\text{atm}} = \rho \times g \times (z_A - z_B)$$

$$P_B - P_{\text{atm}} = \rho \times g \times H_{\max}, \text{ il vient : } P_B = P_{\text{atm}} + \rho \times g \times H_{\max}$$

3.
$$H_{\max} = \frac{P_B - P_{\text{atm}}}{\rho \times g} \text{ soit } H_{\max} = \frac{1,5 \times 10^5 \text{ Pa} - 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}}{1,0 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \times 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}}$$

$$H_{\max} = 5,0 \text{ m}$$

La hauteur maximale à laquelle la pompe peut refouler l'eau est 5,0 m.

4. La valeur donnée par le constructeur est inférieure à la valeur calculée. On peut supposer que le constructeur a pris une marge de sécurité pour assurer la hauteur maximale annoncée.

Ex 20 – La statique des fluides spatiaux en QCM

Sur la Lune ($g_{\text{Lune}} = 1,62 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$) à l'intérieur d'une station remplie d'air terrestre, se trouve un réservoir d'eau de 3 mètres de haut. Une vanne de vidange se trouve au fond du réservoir.

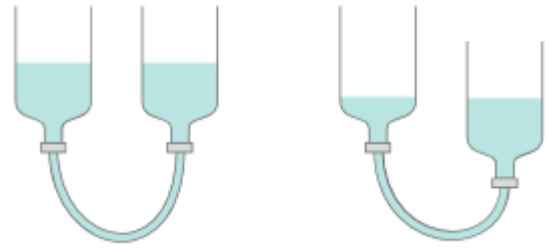
Comparer cette situation avec ce qu'il se passerait sur Terre en **cochant** les bonnes réponses

1. Le poids de l'eau serait
 - ☐ Plus intense
 - ☒ Moins intense
 - ☐ Identique
2. La pression de l'eau au fond du réservoir :
 - ☐ Serait plus grande que sur la Terre
 - ☐ Aurait la même valeur que sur Terre
 - ☒ Serait moins grande que sur Terre
3. Dans une zone de l'espace où l'intensité de pesanteur est supposée nulle :
 - ☐ L'eau s'écoulerait avec le même débit que sur la Terre
 - ☐ L'eau s'écoulerait avec un débit plus faible que sur la Terre
 - ☒ L'eau ne s'écoulerait pas du tout

Ex 21 – Deux récipients remplis

Deux récipients sont partiellement remplis par un liquide et reliés par un tuyau

A l'aide du principe fondamental de la statique des fluides **expliquer** pourquoi la surface libre du liquide reste au même niveau dans les deux récipients même lorsqu'ils ne sont pas à la même hauteur



Deux points, A et B, sont situés à la surface du liquide de deux bouteilles ouvertes dont la pression du liquide à leur surface est donc égale à la pression P de l'atmosphère. Le principe fondamental de l'hydrostatique s'écrit alors :

$$P_A - P_B = \rho \cdot g \cdot (z_B - z_A)$$

$P - P = 0 = \rho \cdot g \cdot h$ avec h la différence de hauteur entre A et B.

ρ et g ont des valeurs non nulles or $\rho \cdot g \cdot h = 0$, donc $h = 0$. Les deux surfaces sont à la même altitude



Ex 22 – Le tonneau de Pascal

Soit un tonneau entièrement rempli d'eau. On y insère un tube de 10 mètres de haut, que l'on remplit d'eau. Le tonneau se met à fuir puis casse



Fig. 61. — Paradoxe hydrostatique, crève-tonneau de Pascal.

HISTOIRE DES SCIENCES

Cette expérience, appelée « crève-tonneau », a été menée pour la première fois par Blaise Pascal (1623-1662) en 1646. Elle est représentée sur l'image ci-dessus. C'est Pascal qui a également exprimé le principe fondamental de l'hydrostatique. Il a donné son nom à l'unité de pression du système international d'unités (Pa).

1. A quelle pression est soumis le tonneau une fois le tube rempli ?
2. Pourquoi le tonneau a-t-il cédé ?
3. Quel doit être le diamètre du tube pour qu'un litre d'eau suffise à le remplir ?
4. Dans ce cas, le tonneau cède-t-il ?

Donnée :

Surpression maximale supportable par le tonneau $\Delta P = 5 \times 10^5 \text{ Pa}$

1. On applique le principe fondamental de l'hydrostatique entre le sommet du tube (B) et le bas du tube (A). Selon le principe fondamental de l'hydrostatique : $P_A - P_B = \rho \cdot g \cdot (z_B - z_A)$ donc $P_A = P_B + \rho \cdot g \cdot (z_B - z_A)$. Numériquement : $P_A = 101\,325 + 1\,000 \times 9,81 \times 10 = 1,99 \times 10^5 \text{ Pa}$. Le liquide dans le tonneau est soumis au minimum à une pression de $1,99 \times 10^5 \text{ Pa}$.

2. Le sommet du tonneau subit une surpression de $98\,000 \text{ Pa}$ environ. $9,8 \times 10^4 \text{ Pa} > 5 \times 10^4 \text{ Pa}$: la surpression est supérieure à ce que le tonneau peut supporter. Il cède donc à cause de la pression de la colonne d'eau dans le tube.

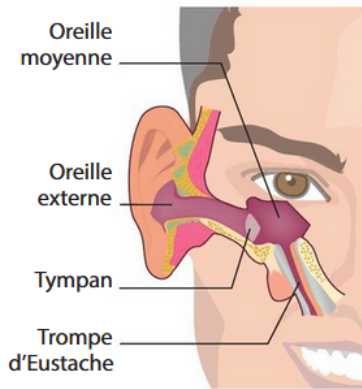
3. Ni la masse ni le volume d'eau dans le tube n'interviennent dans les calculs : la pression dépend de g , de ρ , et de la hauteur h du tube. Ainsi, quel que soit le diamètre du tube, le tonneau cédera.

Le volume d'un cylindre de diamètre r et de hauteur h est donnée par la formule : $V = \pi \cdot r^2 \cdot h$. Donc $r = \sqrt{\frac{V}{\pi \cdot h}}$
soit $r = \sqrt{\frac{10^{-3}}{\pi \cdot 10}} = 5,6 \times 10^{-3} \text{ m}$.

Le tube a donc un diamètre de $1,1 \text{ cm}$. On peut ainsi faire céder le tonneau avec un seul litre d'eau dans cette situation.

Ex 23 – La manœuvre de Valsalva

Lorsqu'on s'immerge, la pression de l'eau au niveau de l'oreille externe augmente. Elle devient supérieure à la pression de l'air dans l'oreille moyenne égale à la pression atmosphérique. Le tympan se déforme ce qui provoque une douleur vive. Pour pallier ce phénomène, il existe la manœuvre de VALSALVA. Elle consiste à souffler par le nez tout en le pinçant et en maintenant la bouche fermée. La trompe d'Eustache s'ouvre et de l'air entre dans l'oreille moyenne. Les pressions entre les oreilles externe et moyenne s'équilibrent. Les coordonnées verticales des positions sont repérées sur un axe Oz orienté vers le haut et dont l'origine est la surface de l'eau.



1. Un plongeur s'immerge en position B et se stabilise à une profondeur de 10 m.

Calculer la pression P_B à la position B en utilisant la loi fondamentale de la statique des fluides :

$$P_B - P_A = \rho \times g \times (z_A - z_B)$$

2. Calculer la valeur F de la force pressante exercée par l'eau sur le tympan du plongeur dont la surface est $S = 80 \text{ mm}^2$.

3. Représenter en indiquant l'échelle choisie la force pressante $\vec{F}$ qui s'exerce sur le tympan.

4. On suppose que la trompe d'Eustache du plongeur ne s'ouvre pas lors de son immersion.

a. Calculer la valeur F' de la force pressante exercée par l'air de l'oreille moyenne sur le tympan avant d'effectuer la manœuvre de VALSALVA.

b. Justifier la déformation du tympan à l'origine d'une vive douleur.

Données

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

- $P_{\text{atm}} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$

1. La loi fondamentale de la statique des fluides s'écrit :

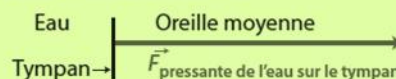
$$P_B - P_A = \rho \times g \times (z_A - z_B), \text{ soit}$$

$$P_B = \rho \times g \times (z_A - z_B) + P_A$$

Comme $z_B = -10 \text{ m}$, $P_B = 1,0 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \times 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1} \times (0 + 10) \text{ m} + 1,013 \times 10^5 \text{ Pa} = 2,0 \times 10^5 \text{ Pa}$.

2. La force pressante de l'eau sur le tympan est $F = P \times S$ soit $F = 2,0 \times 10^5 \text{ Pa} \times 80 \times 10^{-6} \text{ m}^2 = 1,6 \times 10^1 \text{ N}$.

3. Pour une échelle de $1 \text{ cm} \leftrightarrow 2 \text{ N}$; le segment fléché est 4,0 fois plus long que le segment d'échelle.



4. a. L'air de l'oreille moyenne est à la pression atmosphérique avant que la manœuvre ne soit effectuée. La force pressante de l'air de l'oreille moyenne sur le tympan est $F' = P_{\text{atm}} \times S$. Soit : $F' = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa} \times 80 \times 10^{-6} \text{ m}^2 = 8,0 \text{ N}$.

b. Les forces qui s'exercent sur le tympan ne se compensent pas. Le tympan n'est pas équilibré ; il est déformé par la force pressante de l'eau qui n'est qu'à moitié compensée par celle de l'air de l'oreille moyenne.

Ex 24 – Le parachute de palier

Un parachute de palier permet de signaler à la surface de l'eau la présence d'un groupe de plongeurs prêts à faire surface.

Il existe deux types de parachutes de palier.

- Les parachutes de palier sans soupape qui sont ouverts à une de leurs extrémités. Ceci permet au plongeur d'y injecter de l'air. Lorsque le parachute de palier remonte, le volume d'air qu'il contient augmente. Si ce volume est supérieur au volume maximal du parachute, une certaine quantité d'air s'évacue par l'ouverture du parachute.

Les coordonnées verticales des positions sont repérées sur un axe Oz orienté vers le haut et dont l'origine est la surface de l'eau.

- Les parachutes de palier avec soupape. Le principe est le même sauf que l'air injecté reste emprisonné dans le parachute de palier tant que la pression de cet air ne dépasse pas une certaine valeur. Si cette valeur est dépassée, la soupape s'ouvre afin de libérer une certaine quantité d'air.



La température de l'eau est considérée comme constante.

1. À 8,0 m de profondeur à la position B, un plongeur injecte un volume $V_B = 6,2$ L d'air dans le parachute de palier sans soupape et le laisse remonter à la surface. La pression de l'air dans le parachute de palier est égale à la pression de l'eau qui l'entoure.

a. 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 pression P_R à 8,0 m de profondeur.

b. En déduire la pression de l'air dans le parachute de palier à cette profondeur.

c. Calculer le volume V qu'occupe l'air injecté dans le parachute de palier lorsqu'il atteint la surface

2. Dans les mêmes conditions, le plongeur utilise un parachute de palier à soupape dont le volume peut atteindre au maximum une valeur $V' = 9,0$ L.

Calculer la pression de l'air contenu dans le parachute de palier à soupape lorsque la soupape s'ouvre.

3. Quelle est l'origine microscopique de la pression ?

Données

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

- $P_{\text{atm}} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$

- $\rho_{\text{eau}} = 1,0 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

1.a. La loi fondamentale de la statique des fluides permet d'écrire :

$$P_B = \rho \times g \times (z_A - z_B) + P_A$$

Comme $z_B = -8,0 \text{ m}$, le point A étant le point à la surface de l'eau à la pression atmosphérique,

$$P_B = 1,0 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \times 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1} \times (0 + 8,0) \text{ m} + 1,013 \times 10^5 \text{ Pa} = 1,80 \times 10^5 \text{ Pa}$$

(le résultat ne doit pas comporter plus de décimales que la donnée qui en comporte le moins dans une addition, fiche 3)

b. Dans le texte il est dit que la pression de l'air dans le parachute est égale à la pression de l'eau qui l'entoure donc $P_{\text{air}} = P_B = 1,80 \times 10^5 \text{ Pa}$.

c. La quantité d'air dans le parachute et la température restent constantes pendant la remontée (avant ouverture de la soupape); d'après la loi de MARIOTTE : $P_B \times V_B = P_{\text{surface}} \times V = \text{constante}$,

avec $P_{\text{surface}} = P_{\text{atm}}$ le volume d'air à la surface est donc :

$$V = \frac{P_B \times V_B}{P_{\text{atm}}} \quad \text{soit} \quad V = \frac{1,80 \times 10^5 \text{ Pa} \times 6,2 \text{ L}}{1,013 \times 10^5 \text{ Pa}} = 1,1 \times 10^1 \text{ L}$$

2. De même $P_B \times V_B = P' \times V' = \text{constante}$, la pression de l'air dans le parachute à l'instant où la soupape s'ouvre est :

$$P' = \frac{P_B \times V_B}{V'} \quad \text{soit} \quad P' = \frac{1,80 \times 10^5 \text{ Pa} \times 6,2 \text{ L}}{9,0 \text{ L}} = 1,2 \times 10^5 \text{ Pa}$$

3. La pression est la manifestation macroscopique des chocs entre molécules contenues dans l'air (N_2 , O_2 , etc.) au niveau microscopique.