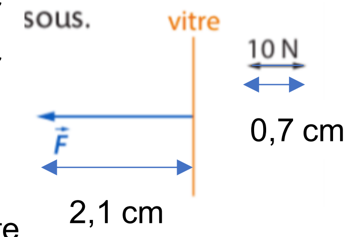
Chapitre 6. Description d'un fluide au repos

Exercice 1 : interpréter un schéma

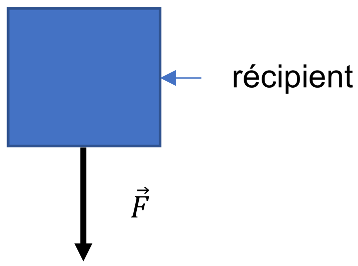
Le vecteur $\vec{F}$ représente la résultante de la force pressante exercée par l'eau sur la paroi latérale de l'aquarium.

Exercice 2 : étudier une force pressante

1. Le fluide exerçant la force pressante se trouve à droite de la vitre, d'après le sens du vecteur force pressante $\vec{F}$.
2. On mesure sur le schéma que 10 N est représenté par une longueur de 0,7 cm, et que la force pressante est représentée par un vecteur de longueur 2,1 cm. On en déduit que la valeur de la force pressante est de 30 N.



3. L'échelle choisie est 1 cm pour 10 N, donc le vecteur force pressante mesure 1,5 cm sur le schéma ci-contre.



Exercice 3 : calculer une pression

Pour calculer la pression atmosphérique P_{atm} en haut de la piste, on utilise la relation :

$$P_{atm} = \frac{F}{S}$$

Application numérique :

$$P_{atm} = \frac{1{,}2 \times 10^{3}}{1{,}3 \times 10^{-2}}$$

$$P_{atm} \approx 9{,}2 \times 10^{4}\ Pa$$

Exercice 4 : de la poudreuse

1. a. Force pressante exercée par le snowboarder équipé :

$$F = (m + m_{snowboard})g$$

Application numérique :

$$F = (80{,}0 + 3{,}8) \times 9{,}81$$

$$F \approx 8{,}2 \times 10^{2}\ N$$

b. Pression d'un fluide qui exercerait la même force pressante sur la même surface de neige :

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

Application numérique :

$$p = \frac{8,2 \times 10^2}{1,7 \times 0,27}$$

$$p \approx 1,8 \times 10^3 \ Pa$$

2. a. Force pressante exercée par le snowboarder équipé :

$$F = (m + m_{snowboard})g$$

Application numérique :

$$F = (80,0 + 3,8) \times 9,81$$

$$F \approx 8,2 \times 10^2 \ N$$

b. Pression d'un fluide qui exercerait la même force pressante sur la même surface de neige :

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

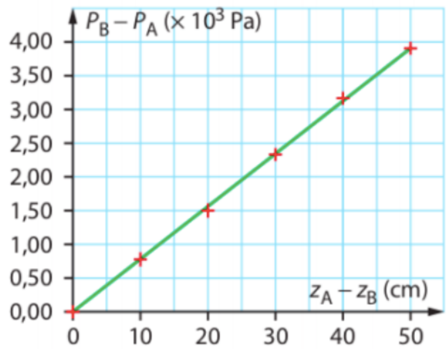
Application numérique (avec $S = 2 \times 270 \ cm^2$car le snowboarder a deux pieds et $1 \ cm^2 = 10^{-4} \ m^2$) :

$$p = \frac{8,2 \times 10^2}{2 \times 270 \times 10^{-4}}$$

$$p \approx 1,5 \times 10^4 \ Pa$$

3. Quand le snowboarder est déchaussé, la pression qu'il exerce sur la neige est 18 ($\frac{1,5\times10^4}{8,2\times10^2} \approx 18$) fois supérieure à celle qu'il exerce avec son snowboard, donc on comprend bien que lorsqu'il est déchaussé, il s'enfonce considérablement dans la neige, ce qui justifie la phrase écrite en gras.

<u>Exercice 5 : déterminer une différence de coordonnée verticale</u>



1. Sur le graphique, on lit que si $P_B - P_A = 2,70 \times 10^3 \ Pa$, alors $z_A - z_B = 35 \ cm$.
2. La courbe obtenue est cohérente avec la loi fondamentale de la statique des fluides car la représentation graphique de $P_B - P_A$ en fonction de $z_A - z_B$ est une droite qui passe par l'origine, ce qui signifie que $P_B - P_A$ et $z_A - z_B$ sont proportionnels. En l'occurrence, la constante de proportionnalité est ρg.
3. Les points ne sont pas parfaitement alignés car ils correspondent à des mesures expérimentales.

Exercice 6 : le baromètre de Torricelli

1. Les pressions aux points B et C sont les mêmes, car ces points sont situés à la même altitude (loi de l'hydrostatique des fluides). La pression à la surface du fluide est la pression atmosphérique, donc les points B et C sont à cette même pression.
2. Nous savons que : $P_B = P_{atm}$ et que $P_A = 0\ Pa$, donc :
$$P_B - P_A = P_{atm} - 0$$
$$P_B - P_A = P_{atm} = 1{,}013 \times 10^5\ Pa$$
3. En isolant $z_A - z_B$ dans la loi de l'hydrostatique des fluides, il vient :
$$z_A - z_B = \frac{P_B - P_A}{\rho g}$$
Application numérique :
$$z_A - z_B = \frac{1{,}013 \times 10^5}{1{,}35 \times 10^4 \times 9{,}81}$$
$$z_A - z_B \approx 7{,}65 \times 10^{-1}\ m$$
4. Si la pression atmosphérique baisse, alors la hauteur de mercure dans le baromètre va elle aussi baisser, puisque la hauteur de mercure ($z_A - z_B$) est proportionnelle à la pression atmosphérique ($P_B - P_A = P_{atm}$), d'après la loi de l'hydrostatique des fluides.

Exercice 7 : tension artérielle

1. $12\ cm\ Hg = 12 \times 1333 \approx 1{,}600 \times 10^4\ Pa$
$8\ cm\ Hg = 8 \times 1333 \approx 1{,}066 \times 10^4\ Pa$
2. D'après l'énoncé :
$$T = P_{sang} - P_{atm}$$
Donc :
$$P_{sang} = T + P_{atm}$$
Applications numériques :
Pour la pression maximale :
$$P_{sang} = 1{,}600 \times 10^4 + 1{,}013 \times 10^5 = 1{,}173 \times 10^5\ Pa$$
Pour la pression minimale :
$$P_{sang} = 1{,}066 \times 10^4 + 1{,}013 \times 10^5 = 1{,}120 \times 10^5\ Pa$$

Exercice 8 : lier pression d'un gaz et volume

Dans la bouteille de droite, la pression de dichlore sera deux fois plus faible que dans la bouteille de gauche, car comme il y a la même quantité de matière de gaz, si le volume de la bouteille est deux fois plus grand, alors la pression sera deux fois plus faible, d'après la loi de Boyle-Mariotte (rendons aussi hommage au physicien irlandais Boyle qui a découvert la loi en 1662 soit 14 ans avant Mariotte…).

La pression dans la bouteille de droite vaut donc : $0{,}5 \times 10^5\ Pa$.

Exercice 9 : calculer un volume

1. La loi de Boyle-Mariotte dit que, pour une quantité de matière de gaz donnée et pour une température déterminée, le produit de la pression du gaz par sa pression est constant.
2. D'après la loi de Boyle-Mariotte :

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

En isolant V_2, il vient :

$$V_2 = \frac{P_1 \times V_1}{P_2}$$

Application numérique :

$$V_2 = \frac{20 \times 10^5 \times 12}{1{,}0 \times 10^5}$$

$$V_2 = 240\ L$$

Exercice 10 : apnéiste en entraînement

1. Lorsque la profondeur est de 90 m, le graphique nous indique que la pression est de 1,02 MPa.
2. D'après la loi de l'hydrostatique des fluides :

$$P_B - P_0 = \rho g h$$

3. La courbe tracée sur le graphique représente la pression en fonction de la profondeur, donc elle représente P_B en fonction de h. L'équation de la courbe est donc :

$$P_B = P_0 + \rho g h$$

P_0 est l'ordonnée à l'origine de la courbe et ρg est le coefficient directeur (ou pente) de la droite. Calculons-le.

Graphiquement, nous lisons que pour $h\ =\ 90\ m$, $P_B = 1{,}2 \times 10^6\ Pa$ et que pour $h\ = 10\ m$, $P_B = 0{,}2 \times 10^6\ Pa$. Le coefficient directeur ρg se calcule donc selon :

$$\rho g = \frac{1{,}02 \times 10^6 - 0{,}2 \times 10^6}{90 - 10}$$

$$\rho g \approx 1{,}03 \times 10^4\ Pa.m^{-1}$$

Isolons la masse volumique de l'eau ρ, dans les conditions de l'entraînement :

$$\rho = \frac{1{,}03 \times 10^4}{g}$$

Application numérique :

$$\rho = \frac{1{,}03 \times 10^4}{9{,}81}$$

$$\rho \approx 1{,}04 \times 10^3\ kg.m^{-3}$$

4. Force pressante s'exerçant sur un tympan à 90 m de profondeur :

$$F = pS$$

Application numérique :

$$F = 1{,}02 \times 10^6 \times 6{,}0 \times 10^{-5}$$

$$F \approx 61\ N$$

Force pressante s'exerçant sur un tympan à la surface :

$$F = pS$$

Application numérique :

$$F = 0{,}1 \times 10^6 \times 6{,}0 \times 10^{-5}$$

$$F = 6\ N$$

5. Les douleurs aux tympans de l'apnéiste en eau profonde s'expliquent par la valeur de la force pressante qu'exerce l'eau sur les tympans. Cette force est près de 10 fois plus grande en eau profonde (à - 90 m) par rapport à la surface, d'où les douleurs ressenties par le plongeur.

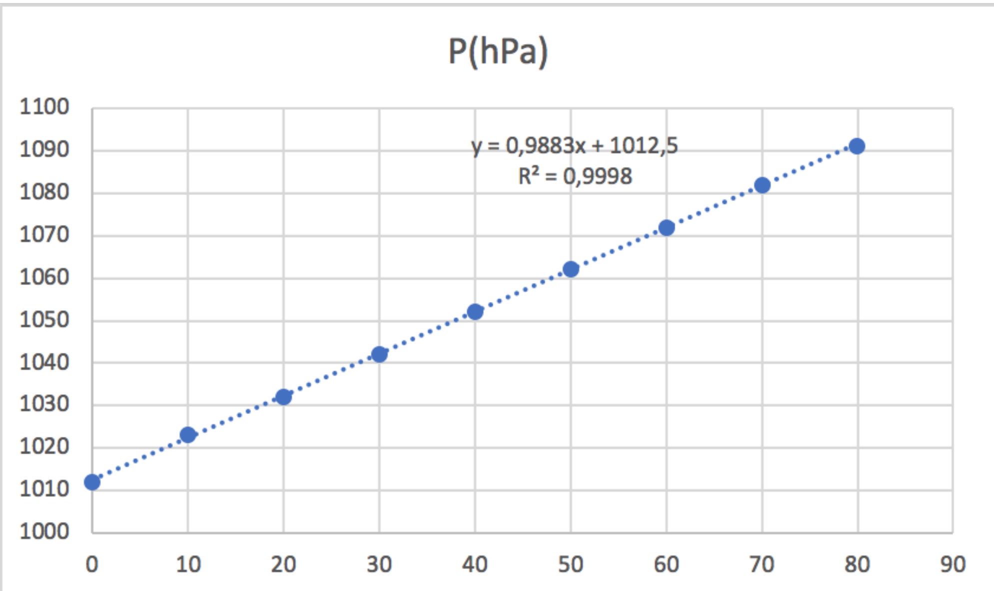
<u>Exercice 11 : plongée en eau douce</u>

1. La pression d'un fluide contre une paroi est due aux chocs des particules microscopiques qui composent le fluide (molécules) contre cette paroi. Plus la pression est importante, plus les chocs des molécules contre la paroi sont nombreux.
2. La loi fondamentale de la statique des fluides est donnée par :

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

Dans cette étude, $P_B = P$ est la pression mesurée avec le manomètre, $P_A = 1012\ hPa$ est la pression à la surface de l'eau, $z_A - z_B = h$.

Traçons $P = f(h)$. On obtient le graphe ci-contre. Cette courbe est caractéristique d'une fonction affine avec une ordonnée à l'origine positive, et un coefficient directeur positif, ce qui est normal, car l'équation de cette droite est :



$$P = P_A + \rho g h$$

P_A est l'ordonnée à l'origine et le coefficient directeur est ρg.

3. Pour calculer la valeur de la force pressante exercée par l'eau sur la surface du tympan d'un plongeur à 10 m de profondeur, il faut connaître la pression qui règne à 10 m de profondeur.

D’après la loi de l’hydrostatique des fluides :

$$P_B - P_A = \rho g h$$

Avec $P_A = 1013\ hPa$ la pression atmosphérique à la surface de l’eau, h la profondeur (10 m). ρ et g sont donnés dans l’énoncé, nous cherchons donc P_B :

$$P_B = P_A + \rho g h$$

Application numérique :

$$P_B = 1{,}013 \times 10^5 + 1000 \times 10 \times 10$$

$$P_B \approx 2{,}0 \times 10^5\ Pa$$

Force pressante correspondante à cette pression :

$$F = P_B S$$

Application numérique :

$$F = 2{,}0 \times 10^5 \times 6{,}0 \times 10^{-5}$$

$$F \approx 12\ N$$

4. Si le plongeur n’effectue pas une manœuvre de Valsalva, la différence de force pressante sur les faces internes et externes de ses tympans risque d’être trop importante.
   Déterminons la valeur de la force pressante qui s’exerce sur la face interne de son tympan sur laquelle on suppose que de l’air à la pression atmosphérique va s’appliquer :

$$F = PS$$

Application numérique :

$$F = 1{,}013 \times 10^5 \times 6{,}0 \times 10^{-5}$$

$$F \approx 6{,}0\ N$$

Calculons la différence de pression entre les deux faces des tympans : 12 – 6 = 6 N, ce qui est trois fois supérieur à 2 N, qui est la limite à laquelle on risque un barotraumatisme auriculaire. Le plongeur risque bien un barotraumatisme auriculaire s’il n’effectue pas une manœuvre de Valsalva pour plonger à 10 m.