EXO1

1. Pression au point A :

$$P_A = \frac{F_A}{S_A} = \frac{100}{\pi \times (4{,}00 \times 10^{-3})^2}$$

$$= 1{,}99 \times 10^6 \, Pa.$$

2. Pression au point B. $z_A = z_B$ donc $P_A = P_B$.
d'après le principe fondamental de la statique des fluides.

3 $F_B = P_B \times S_B = 1{,}99 \times 10^6 \times \pi \times (60 \times 10^{-3})^2$
$= 22\ 500 \, N.$

Intérêt :
Appliquer une force supérieure à celle exercée au départ.

$T°C$ V_2 m P_2

Description d'un fluide au repos – Fiche de cours

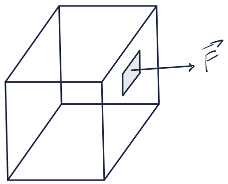
1. Les fluides

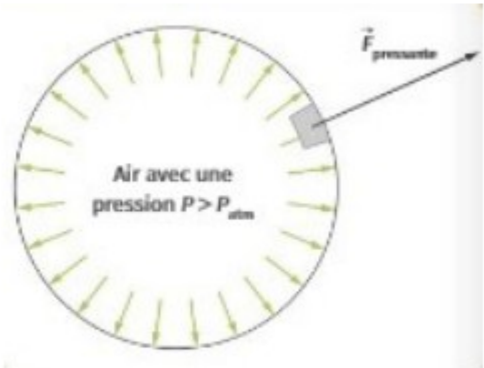
Un fluide désigne une substance en corps pur ou mélange qui se trouve dans l'état liquide ou gazeux.

2. Force pressante et pression

a. Force pressante

Les fluides exercent une action sur les parois / surfaces sur lesquelles ils sont en contact. La force pressante est perpendiculaire à la paroi et dans le sens du fluide vers la paroi / surface





b. Pression

Un fluide exerçant une force pressante F sur une surface S est lié à une pression : $P=\frac{F}{S}$ unités : F en (N) S en (m²) P en (Pa)

c. Loi de Boyle-Mariotte

Cette relation s'applique au cas des gaz uniquement ; à température constante : PV =constante

3. Modèle microscopique des fluides

a. Echelle microscopique

- pour un liquide les molécules sont au contact les unes des autres
- pour un gaz les molécules sont très espacées et séparées par du vide

b. Pression

La pression est une grandeur macroscopique car mesurable avec un manomètre

La pression s'explique microscopiquement par les chocs aléatoires sur les parois à l'origine de la force pressante

c. Température

La température est une grandeur macroscopique car mesurable avec un thermomètre

La température s'explique microscopiquement par la vitesse d'agitation thermique des molécules

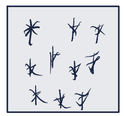
L'unité du système international de la température est le Kelvin (K)

T=θ +273,15 unité : T en K θ en°C

d. Masse volumique

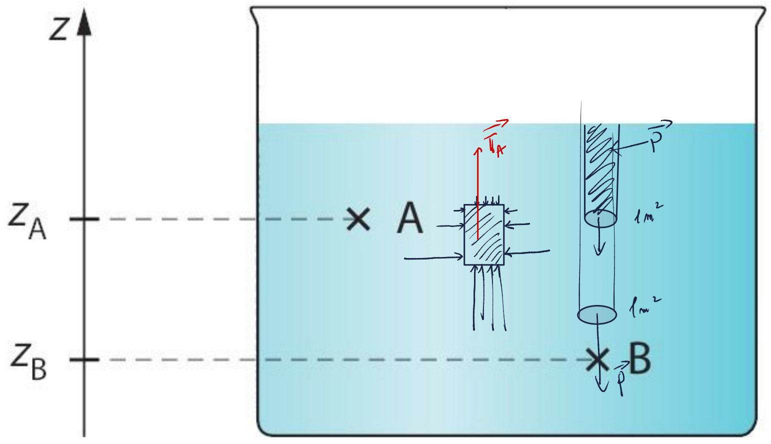
- les liquides sont incompressibles leur masse volumique est constante
- les gaz sont compressibles et leur masse volumique varie

$$\rho(A) = \frac{m(A)}{V(A)}$$



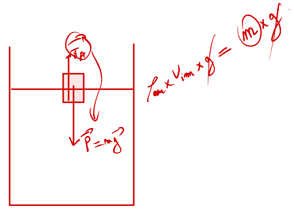
4. Loi fondamentale de la statique des fluides

Pour un fluide incompressible de masse volumique ρ dans un champ de pesanteur uniforme g, pour 2 points A et B d'altitudes respectives z_A et z_B :



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

$$\vec{\Pi}_A = -\rho_{fluide} \times V_{im} \times \vec{g}$$



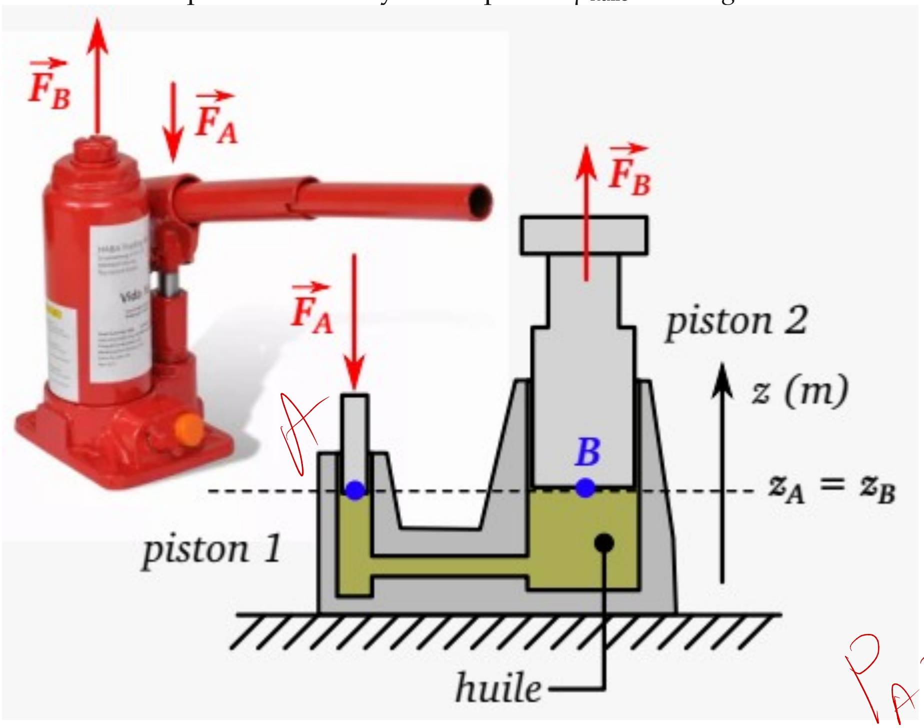
Description d'un fluide au repos – Exercices – Devoirs

Exercice 1 corrigé disponible

Un cric hydraulique est un dispositif qui permet de soulever une charge lourde (piston 2) en actionnant une pompe à main.

Une force de norme $F_A = 100\ N$ est exercée sur le piston 1 dont le diamètre est de 8, 00 mm. Le piston 2 a un diamètre de 120 mm.

La masse volumique de l'huile hydraulique est $\rho_{\text{huile}} = 800\ kg.m^{-3}$.



$P_A = P_B =$

$P_A = P_B$

a. Déterminer la pression de l'huile au point A.

b. Déterminer la pression de l'huile au point B, et justifier votre réponse.

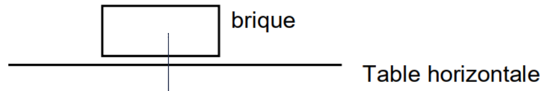
c. En déduire la norme de la force F_B et expliquer l'intérêt du dispositif.

Exercice 2 corrigé disponible

Données : g = 10 N/kg ; ρ_{eau} = 1000 kg/m^3 ; p_{atm} = 1x10^5 Pa.

1. Une brique parallélépipédique de poids P = 10N et de centre de gravité G est posée sur une table horizontale. La surface de la brique en contact avec la table est S = 75 cm^2 (1 cm^2 = 1x10^{-4} m^2)

   1.1. Sur le schéma, représenter le poids $\vec{P}$ de la brique en utilisant l'échelle :1 cm = 5N



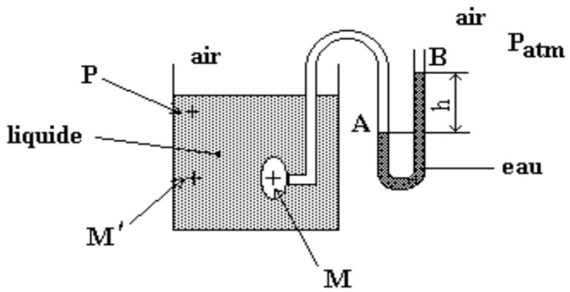
1.2. Donner l'expression de la pression **p** exercée par une force de valeur **F** s'exerçant perpendiculairement sur une surface d'aire **S**. Indiquer les unités de chacun des termes employés.

Pa $\rightarrow p = \frac{F}{S}$ ← N, m^2

$p = \frac{P}{S} = \frac{10}{75\times10^{-4}} = 1,3\times10^{3}$ Pa

1.3. En déduire la pression **p** exercée par la brique sur la table.

2. Une capsule manométrique reliée à un tube en U contenant de l'eau est plongée dans un récipient contenant un liquide :



On suppose que le fluide placé dans le tube en U est du mercure liquide de masse volumique $\rho = 13600\, kg/m^3$

2.1. La dénivellation dans le tube en U représenté sur le schéma ci-dessus vaut h = 5 cm. Calculer la pression p_A au point A sachant que $p_B = p_{atm} = 10^5$ Pa. Cette pression est celle qui règne également au point M.

2.2. On déplace la capsule manométrique au point M' situé dans le même plan horizontal que le point M. Comparer les pressions aux points M et M'. Justifier.

2.3. On déplace la capsule manométrique au point P. Comparer les pressions aux points M et P. Justifier.

Exercice 3 corrigé disponible

La descente du Terrible

DOCUMENT 1 - LE TERRIBLE, UN SOUS-MARIN FRANÇAIS

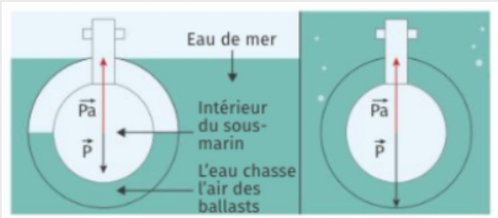
La France possède actuellement 10 sous-marins dont le Terrible, le dernier à avoir été mis en service le 20 septembre 2010. Celui-ci peut descendre à une profondeur de 400 m en emportant à son bord 111 hommes. Il fait 138 m de longueur et a une masse de 12 640 tonnes lorsqu'il est en surface. Il déplace $1{,}43\ .10^4\ m^3$ d'eau lorsqu'il est totalement immergé. Sa coque est fabriquée dans un acier pouvant supporter 1 000 N par mm^2.

DOCUMENT 2 - LA POUSSÉE D'ARCHIMÈDE

Un sous-marin au repos est soumis à deux forces verticales : son poids et la poussée d'Archimède. La poussée d'Archimède est une force orientée vers le haut, engendrée par la différence de pression de l'eau entre le bas et le haut du sous-marin. Son intensité Π est égale au produit de la masse d'eau déplacée par l'intensité de la pesanteur g : $\Pi = m_{eau\ deplacee} \cdot g$

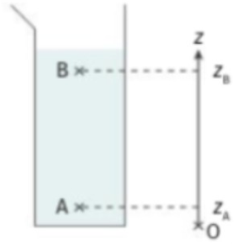
Un sous-marin peut modifier sa masse en introduisant de l'eau dans ses ballasts. Lorsque le sous-marin est immergé, il remplit ses ballasts pour que la poussée d'Archimède soit de même intensité que son poids, afin de ne pas couler directement au fond de l'eau. On dit qu'il flotte entre deux eaux.

Pour remonter, le sous-marin introduit de l'air dans les ballasts afin de chasser une partie de son eau. Sa masse diminue alors.



DOCUMENT 3 - LOI FONDAMENTALE DE LA STATIQUE DES FLUIDES

Dans un champ de pesanteur g uniforme, la différence de pression p entre deux points A et B vaut $p_A - p_B = \rho \cdot g \cdot (z_B - z_A)$ où la pression p est en pascal (Pa), la masse volumique du fluide ρ en $kg\,.\,m^{-3}$ et z en mètre m.



DONNÉES :

Pression atmosphérique : $p_{atm} = 1{,}000\ atm = 1013\ hPa = 1{,}00\ bar$

$\rho\,(CO_2) = 1{,}87\ kg\,.\,m^{-3}$

$\rho\,(eau\ de\ mer) = 1{,}0359\ kg\,.\,L^{-1}$

$g = 9{,}81\ m\,.\,s^{-2}$

A. Le Terrible au repos en profondeur

1. Représenter sur un schéma le poids du Terrible ainsi que la poussée d'Archimède qu'il subit lorsque ces deux forces se compensent.
2. Que peut-on dire du vecteur variation vitesse ?
3. Déterminer la masse d'eau de mer que le Terrible doit introduire dans ses ballasts pour que son poids soit de même intensité que la poussée d'Archimède qu'il subit.

B. Une terrible pression ?

1. A l'aide de la loi fondamentale de la statique des fluides, calculer la pression de l'eau entourant le sous-marin lorsque celui-ci est immergé à de profondeur de 350m de profondeur
2. Calculer l'intensité de la force de pression de l'eau agissant sur 1,5m² de la coque du sous-marin
3. Sachant que l'intérieur d'un sous-marin est laissé à la pression P_0, calculer l'intensité de la force de pression de l'air sur 1,5m² de sa coque
4. Représenter ces deux forces sur un schéma à l'échelle : 1cm ↔ 10^6 N
5. Calculer la résultante de ces forces
6. La coque supportera-t-elle cette force pressante ? Décrire le raisonnement.

Exercice 4 corrigé disponible

On effectue des mesures de la pression et du volume d'un échantillon de gaz maintenu à température constante.

Pression P (hPa)	1200	800
Volume V (L)	2,0	3,0

1. Avec quel appareil mesure-t-on la pression d'un gaz ?

2. Montrer que ce gaz suit la loi de Boyle-Mariotte.

3. Quel volume occuperait cette même quantité de gaz sous la pression de 600 hPa ?

4. Quel serait la pression si le volume était de 1,0 L ? Ne pas oublier de justifier.

Exercice 5 corrigé disponible

Pour finaliser sa formation de niveau 1, un plongeur descend progressivement au fond de la fosse de plongée située à La Teste-De-Buch. La profondeur est le principal critère qui distingue une fosse de plongée d'une simple piscine. Cette fosse est composée d'une colonne d'eau de 20 mètres hors-sol et de 6 m de diamètre. Cette fosse permet aux plongeurs de s'entraîner dans une eau à 28 °C tout au long de l'année, et ce quelle que soit la météo.

http://lepyla.com

La plongée sous-marine

[…] Toute personne qui a déjà plongé le sait : la pression ambiante augmente à mesure que l'on s'enfonce sous l'eau […]. À 20 mètres de profondeur, elle est ainsi le triple de la pression atmosphérique (c'est-à-dire la pression qui règne à la surface de l'eau plus la pression due à la couche d'eau). Les tissus mous de notre organisme sont peu compressibles et ne changent quasiment pas de volume au cours d'une plongée.
En revanche, le comportement de l'air contenu dans le système respiratoire est tout autre. Les gaz sont beaucoup plus compressibles que les liquides. Dès le milieu du XVII^{e} siècle, l'Irlandais R. Boyle et le Français E. Mariotte énoncèrent une loi pour décrire leur compressibilité […]

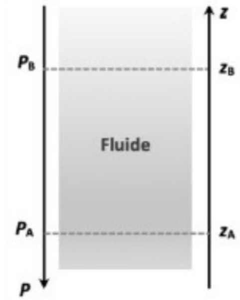
Roland Lehoucq et Jean-Michel Courty 01 septembre 2001 POUR LA SCIENCE N° 287

Données :

- pression atmosphérique : 1,013 bar ; 1,0 bar = 1,0 x 10^5 Pa ;
- masse volumique de l'eau : ρ = 1,0 x 10^3 kg.m^{-3} ;
- intensité du champ de pesanteur : g = 9,81 N.kg^{-1}.

1. Pression à une profondeur donnée

On s'intéresse dans cette partie à la loi fondamentale de la statique des fluides pour modéliser l'évolution de la pression atmosphérique en fonction de l'altitude. Cette loi précise que pour un fluide au repos incompressible de masse volumique ρ, la différence de pression entre deux points, A et B, s'exprime par la relation : $P_B - P_A = \rho \times g \times (z_A - z_B)$

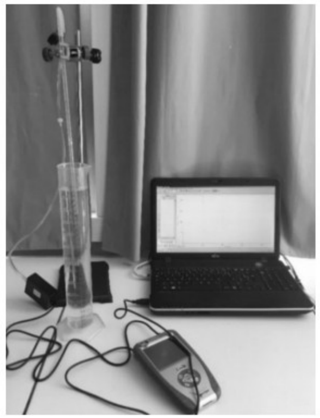


Dans cette relation :

- la masse volumique ρ s'exprime en kg · m^{-3} ;
- l'intensité de pesanteur g s'exprime en N · kg^{-1} ;
- les altitudes z_A *et* z_B s'expriment en m et sont repérées sur un axe vertical ascendant O*z*.

1.1. Décrire qualitativement comment la pression dans l'eau évolue lors de la descente du plongeur dans la fosse.
1.2. Justifier, à l'aide de la relation de la statique des fluides, la phrase : « *À 20 mètres de profondeur, elle est ainsi le triple de la pression atmosphérique (c'est-à-dire la pression qui règne à la surface de l'eau plus la pression due à la couche d'eau)*. »

Il est possible de vérifier la loi fondamentale de la statique des fluides au laboratoire.
Pour cela, on réalise une série de mesures de la pression *P* au sein d'un liquide en fonction de la profondeur *h* à l'aide du dispositif ci-contre.



Le protocole expérimental est le suivant :
- déplacer verticalement, dans une éprouvette contenant un liquide, un tube de verre relié à un tuyau souple branché à un capteur de pression lui-même relié à une interface d'acquisition. Ce capteur mesure la pression en kPa ;
- faire une première mesure de pression à la surface ;
- relever ensuite les valeurs de pression pour des profondeurs croissantes en descendant progressivement le tube en verre dans l'éprouvette ;
- les valeurs mesurées permettent de représenter le graphe *P* en fonction de *h* à l'aide d'un tableur. On obtient alors une droite modélisée par le tableur par l'équation mathématique suivante :

$P = 9{,}771 \times 10^3 \times h + 101{,}3 \times 10^3$; P est exprimée en Pa et h en m.

1.3. Que représente la valeur de la pression P_0 à la profondeur h = 0 m ?
1.4. Expliquer pourquoi les mesures expérimentales sont compatibles avec la loi fondamentale de la statique des fluides.
1.5. Citer des sources d'erreurs possibles dans ce protocole expérimental.

2. Autonomie d'un plongeur

Lors de la plongée en bouteille le détendeur permet au plongeur de respirer de l'air à la même pression que la pression à la profondeur où il se trouve. Mais toute plongée en bouteille s'effectue avec une quantité limitée d'air. Il est donc indispensable de savoir contrôler la consommation de cette quantité d'air au cours de la plongée afin de pouvoir effectuer une remontée et d'éventuels paliers. Cela passe par l'évaluation de son autonomie en air en fonction de la profondeur. Il existe différentes méthodes de calcul de l'autonomie, la plus simple consiste à calculer le volume d'air disponible à la profondeur donnée et de tenir compte de l'air consommé par minutes.
D'après www.cdp-plongee.com

2.1. On note V_1 le volume d'air disponible dans la bouteille de plongée lorsqu'elle est mise sous pression à la pression P_1 et V_2 celui d'air disponible pour le plongeur lorsque qu'il est à la pression P_2. Les températures sont supposées identiques dans les deux situations.
En utilisant la loi de Mariotte, écrire la relation liant V_1, P_1, V_2 et P_2.
2.2. En supposant que la consommation en volume d'air du plongeur reste toujours la même au cours de la plongée, expliquer sans calcul comment l'autonomie en air du plongeur évolue avec la profondeur.
2.3. Le plongeur dispose d'une bouteille de plongée d'une capacité de 12 litres mise sous pression à la pression initiale de 200 bars.

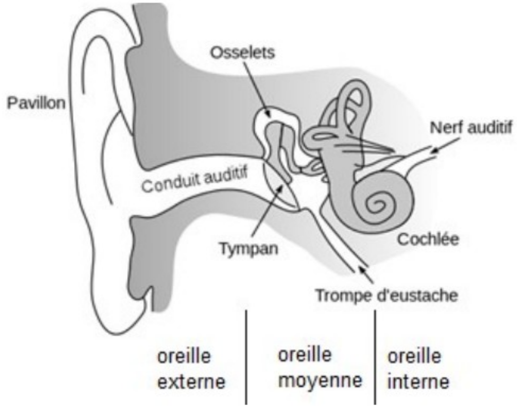
En utilisant la loi de Mariotte, calculer la durée durant laquelle le plongeur peut rester dans la fosse à 20 m de profondeur sachant qu'il consomme 15 litres d'air par minute.

En réalité le plongeur doit toujours calculer son autonomie en tenant compte d'une marge de sécurité. Pour remonter en surface en ayant conservé une pression de 50 bars dans sa bouteille : c'est ce qu'on appelle communément « la réserve ».
2.4. La prise en compte de cette réserve réduit-elle ou augmente-t-elle la durée de la plongée ? Justifier sans calcul.

3. La manœuvre de Valsalva

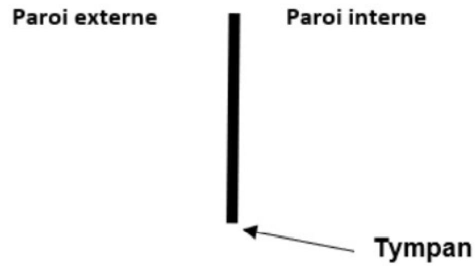
En plongée, la différence de pression de part et d'autre du tympan peut provoquer une vive douleur. La manœuvre de Vasalva consiste à souffler par le nez, bouche fermée et nez pincé afin de faire pénétrer de l'air dans l'oreille moyenne. L'air extérieur passe par la trompe d'Eustache.

https://fr.wikibooks.org



3.1. Rappeler la relation entre la pression P, la norme F de la force pressante et l'aire S de la surface sur laquelle elle s'exerce.
3.2. Évaluer la valeur de la norme de la force pressante F_1 exercée par l'air emprisonné dans l'oreille moyenne à la pression de 1,0 bar sur la paroi interne du tympan dont la surface est de 70 mm².
3.3. La valeur de la norme de la force pressante F_2 exercée par l'eau sur la paroi externe du tympan pour un plongeur situé à 20 m de profondeur est de 21 N.
3.4. Reproduire sur la copie et compléter le schéma ci-dessous, en représentant les forces pressantes exercées sur le tympan :
- $\vec{F}_1$ la force pressante exercée par l'air emprisonné dans l'oreille moyenne ;
- $\vec{F}_2$ la force pressante exercée par l'eau sur la paroi externe du tympan.

Échelle : 1 cm pour 7 N.



En déduire pourquoi le plongeur ressent une vive douleur lors de la descente.
3.5. Expliquer pourquoi la manœuvre de Vasalva permet de compenser la pression de l'eau introduite dans le conduit auditif.

Exercice 6 corrigé disponible

La loi 2 de l'International Football Association Board a fixé les caractéristiques d'un ballon utilisé pour les compétitions internationales : le ballon doit être sphérique, en cuir ou dans une autre matière adéquate, avoir un diamètre de 22 cm et la pression de l'air dans le ballon doit être comprise entre $1{,}6\times10^5$ Pa et $2{,}1\times10^5$ Pa.

D'après http://www.theifab.com/fr/laws/chapter/22/section/31/

L'objectif de cet exercice est d'étudier le gonflage d'un ballon et son utilisation dans des lieux de compétitions d'altitude différente. Nous nous intéresserons ainsi à deux lois liées à cette situation : la loi de Mariotte, qui permet d'étudier le gonflage et la loi de statique des fluides qui permet de réfléchir à l'influence de l'altitude sur le gonflage.

1. Étude expérimentale et utilisation de la loi de Mariotte.

Une expérience est menée au laboratoire pour tester la loi de Mariotte à l'aide d'un microcontrôleur et d'un capteur de pression.

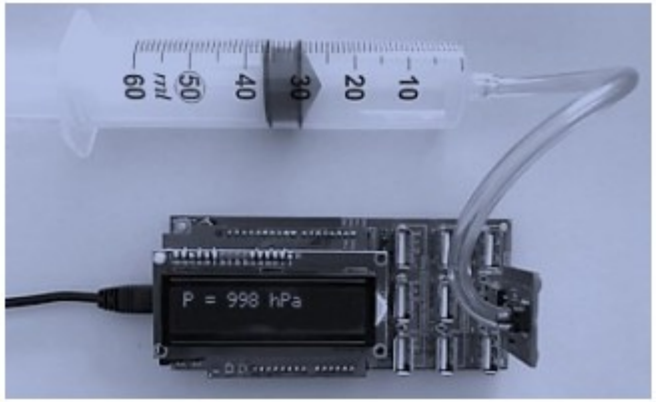
On suit le protocole expérimental suivant :

① remplir initialement une seringue avec 30 cm^3 d'air ;

② relier la seringue au capteur de pression connecté à un microcontrôleur ;

③ téléverser le programme « Mesure Pression » présenté ci-dessous dans le microcontrôleur ;

④ faire varier le volume du gaz dans la seringue et noter alors la valeur de la pression correspondante affichée sur l'écran LCD relié au microcontrôleur.



1.1. Adaptation du programme « Mesure Pression »

Un extrait du programme associé au pilotage du microcontrôleur dans le montage expérimental précédent est donné ci-dessous.

```
28 //Lisez la tension sur la broche analogique A9 puis calculer
29 //la pression en tenant compte des caractéristiques du capteur
30
31 float Pression = (analogRead(A9) * 38 / 1023 + 2.98) * 100 ;
32
33 //Paramétrage de l'écran LCD
34 lcd.clear();
35 lcd.setCursor(0, 0);
36
37 //Affichage de la pression P sur l'écran LCD
38 lcd.print("P = ");
39 lcd.print(Pression, 0);
40 lcd.print(" hPa");
41
42 //Délai d'affichage de 2 secondes entre 2 mesures
43 delay(2000);
44 }
```

1.1.1. Indiquer en quelle unité la pression mesurée par le capteur sera affichée sur l'écran.

1.1.2. Dans le programme, la valeur de la pression est affichée sans décimale. Expliquer comment modifier la ligne 39 du programme pour que la valeur de la pression soit affichée avec 2 décimales.

1.1.3. Expliquer comment modifier la ligne 43 pour que les mesures soient faites toutes les 3 secondes.

1.2. Traitement de mesures obtenues en faisant varier le volume du gaz

Pour chaque volume d'air choisi dans la seringue, le microcontrôleur indique des valeurs de pression toutes les 2 secondes. Ces valeurs sont très proches, mais fluctuent légèrement.

Le tableau ci-dessous rassemble les valeurs de la pression *P* affichée par l'écran LCD du microcontrôleur pour différents volumes du gaz dans la seringue :

V (cm^3)	20	25	30	35	40	50
P (hPa)	1505	1195	998	852	745	600

1.2.1. Énoncer la loi de Mariotte.

1.2.2. Exploiter ces mesures pour tester la loi de Mariotte. On explicitera précisément la méthode utilisée.

1.3. Gonflage d'un ballon de football

On utilise un gonfleur électronique de ballon ayant les caractéristiques suivantes :

- débit d'air à l'entrée du gonfleur : 4 litres par minute ;
- arrêt automatique quand la pression souhaitée est atteinte.

On souhaite gonfler, à l'aide de ce gonfleur, un ballon de football de compétition de diamètre égal à 22 cm pour obtenir une pression de l'air à l'intérieur du ballon de $2,1 \times 10^5$ Pa.
On admet qu'avant le gonflage le ballon est totalement dégonflé et que le volume d'air à l'intérieur est négligeable. On admet également que la température reste constante pendant le gonflage. On précise que l'air entrant dans le compresseur est à la pression atmosphérique.

1.3.1. On appelle V_0 le volume d'air à prélever dans le milieu extérieur pour le gonflage, V_1 et P_1 le volume d'air et la pression à l'intérieur du ballon une fois qu'il est gonflé.

Montrer que $V_0 = \frac{P_1 \times V_1}{P_0}$.

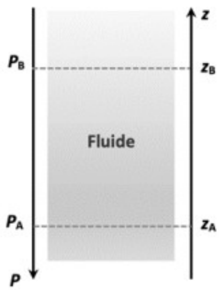
1.3.2. Montrer que la durée nécessaire au gonflage, à l'aide du gonfleur électronique, est voisine de 3 minutes.

➢ **Données :**

Pression atmosphérique	Volume d'une sphère de rayon R	Unités de volume
$P_0 = 1,013 \times 10^5$ Pa	$V = \frac{4}{3} \times \pi \times R^3$	1 litre correspond à 10^3 cm^3

2. Utilisation du ballon dans des lieux de compétitions d'altitudes différentes.

On s'intéresse dans cette partie à la loi fondamentale de la statique des fluides pour modéliser l'évolution de la pression atmosphérique en fonction de l'altitude. Cette loi précise que, pour un fluide au repos incompressible de masse volumique ρ, la différence de pression entre deux points, A et B, s'exprime par la relation :
$P_B - P_A = \rho \times g \times (z_A - z_B)$



Dans cette relation :

- la masse volumique ρ s'exprime en kg · m^{-3} ;
- l'intensité de pesanteur g s'exprime en N · kg^{-1} ;
- les altitudes z_A *et* z_B s'expriment en m et sont repérées sur un axe vertical ascendant Oz.

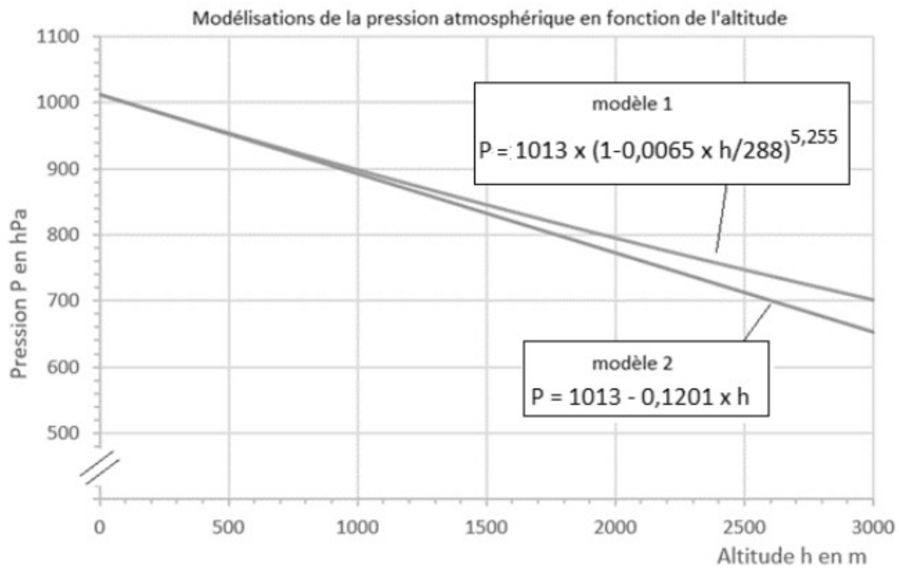
Les villes de Denver et de New York se sont portées candidates pour accueillir les matchs de la coupe du monde de football 2026 organisée conjointement par les États-Unis, le Canada et le Mexique.

2.1. Comparer qualitativement la valeur de la pression au point A à celle au point B.
2.2. Évaluer la différence de pression atmosphérique $P_{NY} - P_D$ entre les villes de New York située à 10 mètres d'altitude et de Denver située à 1600 mètres d'altitude. Pour les deux villes, on suppose que la masse volumique de l'air a pour valeur ρ = 1,1 kg · m^{-3} et et que l'intensité de la pesanteur a pour valeur g = 9,8 N · kg^{-1}.

2.3. Sur le site Planet-Terre de l'École Normale Supérieure de Lyon, différents modèles de l'atmosphère sont proposés.

- **Modèle 1 :** la masse volumique de l'air dépend de la pression et de la température. On suppose que la température varie selon une fonction affine décroissante de l'altitude.
- **Modèle 2 :** la masse volumique de l'air est constante, quelle que soit l'altitude.

Les graphes correspondants à chacun des deux modèles, et représentant l'évolution de la pression atmosphérique en fonction de l'altitude, sont donnés ci-dessous (par souci d'échelle l'axe vertical n'est pas gradué à partir de l'origine).



On considère que ces deux modèles sont équivalents quand les valeurs de pression qu'ils donnent diffèrent entre elles de moins de 5 %.

2.3.1. Auquel des modèles 1 ou 2 est liée la loi fondamentale de la statique des fluides ?
2.3.2. Au vu des graphiques ci-dessus, l'utilisation de cette loi pour répondre à la question **2.2** parait-elle justifiée ?