

# Avant d'aborder le chapitre EN AUTONOMIE

## LES ACQUIS INDISPENSABLES

- Description des états physiques de la matière :

	L'état solide :	L'état liquide :	L'état gazeux :
Propriétés macroscopiques	possède une forme et un volume propres.	n'a pas de forme propre mais possède un volume propre.	n'a ni forme propre ni volume propre. Il est compressible et expansible.
Description microscopique	les molécules sont très proches et liées.	les molécules sont très proches et bougent les unes par rapport aux autres.	les molécules sont éloignées et se déplacent.

- La **masse volumique** est reliée à la **masse** et au **volume** :

masse volumique en  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$  (parfois en  $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$  ou en  $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$ )

$$\rho = \frac{m}{V}$$

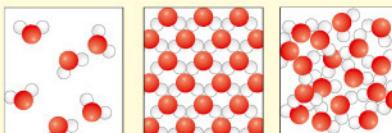
masse de l'espèce chimique en **kg** (parfois en **g**)  
volume de l'échantillon en  $\text{m}^3$  (parfois en  $\text{mL}$  ou en  $\text{L}$ )

- Une **force** modélise une **action mécanique** et est représentée par un vecteur  $\vec{F}$  qui en donne la direction, le sens et la valeur **F** en **newton (N)**.

## POUR VÉRIFIER LES ACQUIS

Pour chaque situation, rédiger une réponse qui explique en quelques lignes le raisonnement. → Vérifiez vos réponses en flashant la page ou sur le site [lycee.editions-bordas.fr](http://lycee.editions-bordas.fr)

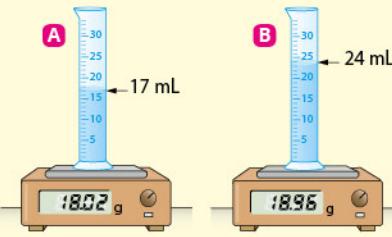
**SITUATION 1** Un fluide n'a pas de forme propre. Parmi les représentations microscopiques ci-contre, quelle(s) est (sont) celle(s) qui décrive(nt) un fluide ?



**SITUATION 2**  
Masses volumiques de quelques fluides.

	eau	éthanol	huile
$\rho$ (en $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ )	1 000	790	910

Laquelle des deux éprouvettes contient de l'éthanol ?



**SITUATION 3** Donnée :  $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$

Représenter, sur un schéma, le poids  $\vec{P}$  qui modélise l'action de la Terre sur le morceau de sucre en utilisant une échelle adaptée.



En 2012, avec un ballon similaire, gonflé avec 4 000 m<sup>3</sup> d'hélium, Felix Baumgartner a atteint une altitude de 39 km, multipliant son volume par 200. Comment expliquer, tant au niveau macroscopique que microscopique, cette augmentation de volume ?

► EXERCICE 38

### NOTIONS ET CONTENUS

- ▶ Grandeurmacroscopiques de description d'un fluide au repos : masse volumique, pression, température. Échelles de description.
- ▶ Actions exercées par un fluide sur une surface : forces pressantes.
- ▶ Modèle de comportement d'un gaz : loi de Mariotte.
- ▶ Loi fondamentale de la statique des fluides.

### CAPACITÉS EXPÉIMENTALES

- ▶ Tester la loi de Mariotte ➔ ACTIVITÉ 3
- ▶ Mesurer une pression dans un gaz ➔ ACTIVITÉ 3
- ▶ Mesurer et traiter un signal au moyen d'un microcontrôleur ➔ ACTIVITÉ 3
- ▶ Réaliser un dispositif expérimental pour mesurer la pression dans un liquide ➔ ACTIVITÉ 4
- ▶ Tester la loi fondamentale de la statique des fluides ➔ ACTIVITÉ 4

# 1. ACTIVITÉ DE DÉCOUVERTE

## CLASSE INVERSÉE

### COMPÉTENCES :

(RÉA) Utiliser un modèle

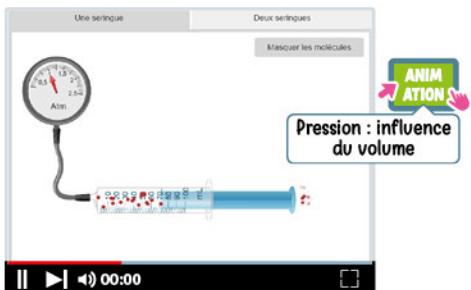
(APP) Rechercher et organiser l'information

# Les grandeurs de description d'un fluide

À l'échelle macroscopique, un fluide est décrit par trois grandeurs physiques : la masse volumique, la température et la pression. Que traduisent-elles du comportement microscopique des constituants du fluide ?

### DOC 1 Pression : influence du volume

Une certaine quantité de gaz, ici l'air, est enfermée dans une seringue graduée. Un manomètre mesure la pression. Le volume occupé par l'air emprisonné est ajustable.



### VOCABULAIRE

► **Fluide** : milieu n'ayant pas de forme propre qui regroupe les liquides (quasiment incompressibles) et les gaz (compressibles et expansibles).

► **Modèle microscopique du fluide** : représentation des constituants microscopiques du fluide (molécules, atomes ou ions) en mouvement incessant et désordonné.

### EXPLOITATION ET ANALYSE

Les animations des documents ci-dessus simulent le comportement d'un gaz à l'échelle microscopique.

- 1 Quel est l'effet d'une diminution du volume occupé par un gaz dans un récipient sur :
- la valeur de la pression ?
  - le nombre de chocs des particules sur les parois ?
  - le nombre de particules contenues dans le récipient ?
  - la masse volumique du gaz ?

- 2 a. Quelle est la conséquence d'une augmentation de la température sur le comportement microscopique des molécules ?

- b. Dans quel sens cette augmentation modifie-t-elle la valeur de la pression et/ou le nombre de chocs des particules sur les parois du récipient ?

- 3 Comment varient la pression d'un gaz et sa masse volumique lorsque la quantité de gaz emprisonné dans un récipient augmente ?

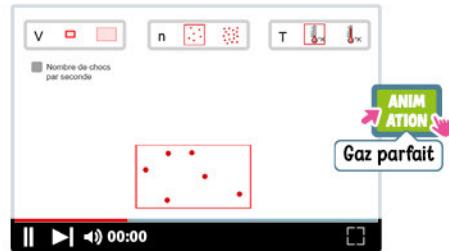
### DOC 2 Pression : influence de la température

Un mélange d'air et d'eau est enfermé dans une marmite. Lorsque l'on allume le système de chauffage, la température du mélange augmente. Un thermomètre et un manomètre mesurent la température et la pression.



### DOC 3 Modèle microscopique du gaz parfait

Un gaz est enfermé dans un récipient. La quantité de gaz emprisonné, le volume occupé et la température sont ajustables. Un compteur mesure le nombre de chocs des particules du gaz sur les parois du récipient.



### SYNTHÈSE

- 4 Indiquer, en justifiant, quelle grandeur de l'échelle macroscopique rend compte :
- de l'état de dispersion des constituants microscopiques du fluide (le nombre de ses particules par  $m^3$ ) ;
  - de l'état d'agitation des constituants du fluide ;
  - de la fréquence des chocs de ses particules contre une paroi.

### Je réussis si...

► J'identifie les changements dans le comportement des particules lors de la modification d'un paramètre.

► Je fais le lien entre les grandeurs macroscopiques de description d'un fluide et le comportement microscopiques de ses particules.

## 2. DÉMARCHE D'INVESTIGATION

### COMPÉTENCES :

(AN/RAI) Proposer une stratégie de résolution

(RÉA) Effectuer des procédures courantes  
(calculs, représentations)

# Force pressante

## SITUATION-PROBLÈME

Une simple feuille de papier suffit à faire tenir un liquide dans un verre la tête en bas.

**Comment expliquer que la feuille ne tombe pas sous l'effet du poids de l'eau dans le verre ?**

**HYPOTHÈSE** Proposer une hypothèse en la justifiant.

## DOC 1 Les hémisphères de Magdebourg

Otto von Guericke (1602-1686), physicien allemand, mène en 1654 une expérience avec deux hémisphères de cuivre assemblés et vidés de leur air. Il tente de faire casser la sphère par deux attelages de huit chevaux tirant de chaque côté : ne pouvant pas séparer les hémisphères, il prouve l'existence de la pression atmosphérique.

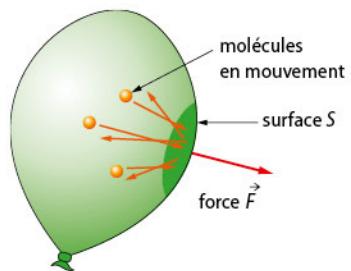


## DOC 2 Force pressante

L'action mécanique exercée par un fluide sur une surface d'aire  $S$  est modélisée par une force  $\vec{F}$  nommée force pressante :

$$F = P \cdot S$$

- $F$  est la valeur de la force pressante (en N) ;
- $S$  est l'aire de la surface (en  $m^2$ ) ;
- $P$  est la valeur de la pression (en Pa).



## DONNÉES

- Volume d'un cylindre de rayon  $R$  et de hauteur  $h$  :  $V = \pi \cdot R^2 \cdot h$
- Pression atmosphérique :  $P_{\text{atm}} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$
- Masse volumique de l'eau :  $\rho = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
- Intensité de pesanteur :  $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$

## POUR VISUALISER



Une animation pour montrer l'influence de la quantité de molécules sur la pression.

## PISTES DE RÉSOLUTION

1 Lister les actions mécaniques qui agissent sur la feuille de papier. Les représenter par des vecteurs sur un schéma.

2 Déterminer la valeur du poids du volume d'eau dans le verre.

## CONCLUSION

3 Comparer la valeur de la force pressante qui modélise l'action de l'air sur la surface de la feuille à la valeur du poids du volume d'eau dans le verre. Conclure.

## Je réussis si...

- Je sais représenter les actions mécaniques qui agissent sur un objet par des forces sur un schéma.
- Je parviens à évaluer approximativement les dimensions d'objets courants.
- Je sais calculer la valeur d'une force pressante qui modélise l'action d'un fluide.

### 3. DÉMARCHE EXPÉRIMENTALE

TP

#### COMPÉTENCES :

(RÉA) Mettre en œuvre un protocole expérimental en respectant des règles de sécurité

(VAL) Confronter un modèle à des résultats expérimentaux



## Loi de Mariotte

Les ballons sondes sont utilisés en météorologie pour mesurer des grandeurs physiques liées à l'atmosphère comme la température ou la pression par exemple.  
Comment expliquer qu'ils finissent par éclater à haute altitude ?

### DOC 1 Loi de Mariotte

À température constante et pour une quantité de gaz donnée, le produit de la pression  $P$  par le volume  $V$  d'un gaz est constant.

### DOC 3 Programmation

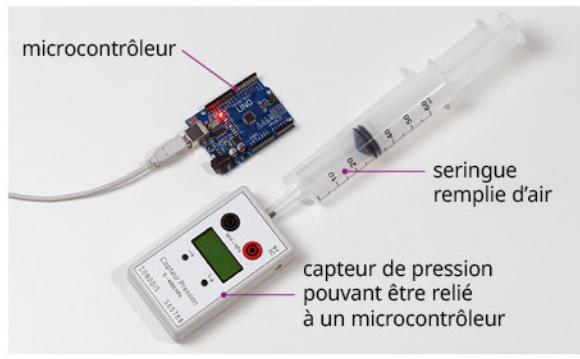
Avec un capteur de pression branché à un microcontrôleur et le programme ci-dessous, on peut mesurer la pression d'un gaz (FICHE PRATIQUE p. 370).

```
1 void setup() {  
2     Serial.begin(9600); //initialise la  
3     // communication avec le PC  
4 }  
5 void loop() { //Fonction loop(), appelée  
6     // continuellement en boucle tant que la carte  
7     // Arduino est alimentée  
8     int valeur = analogRead(A0); // Mesure la  
9     // tension sur la broche A0  
10    float tension = valeur * (5.0/1023.0);  
11    // Transforme la mesure en tension via un  
12    // produit en croix  
13    Serial.println(tension); // envoi la mesure  
14    // au PC pour affichage  
15    delay (1000); // on attend 1000 ms soit 1s  
16 }
```



### DOC 2 Dispositif expérimental de mesures de la pression de l'air dans une seringue

Le dispositif expérimental comprend une seringue, un microcontrôleur et un capteur de pression.



#### RESPECTER LES RÈGLES

- Les tensions injectées sur les entrées analogiques d'un **microcontrôleur** ne doivent pas dépasser une certaine valeur (souvent 5 V) ni être inférieures à 0 V.
- Le **capteur de pression** ne peut pas admettre une pression trop importante.

### MESURES ET ANALYSE

Enfermer un certain volume d'air dans le corps d'une seringue et relier son extrémité à un capteur de pression (doc. 2).

Mesurer, à l'aide d'un voltmètre, la tension délivrée par le capteur de pression pour l'air à pression atmosphérique dans la seringue ( $P_{\text{atm}} \approx 1,0 \text{ bar}$ ). (FICHE PRATIQUE p. 392)

La tension délivrée par le capteur de pression dépend directement de la pression mesurée (voir sa notice).

- 1 a. Dans le programme du microcontrôleur (doc. 3), ajouter une ligne de commande (comparable à la ligne 6) afin de transformer la tension mesurée en pression.
- b. Modifier la ligne 7 du programme afin de faire afficher la valeur de la pression mesurée.
- c. Brancher le microcontrôleur à l'ordinateur puis relier le capteur de pression aux bornes A0 et GND du microcontrôleur. Exécuter le programme.
- d. Mesurer le volume  $V$  d'air enfermé dans la seringue et la pression  $P$  correspondante grâce au microcontrôleur programmé.
- 2 a. Relever différents couples de valeurs ( $P, V$ ) dans un tableauur grapheur (FICHE PRATIQUE p. 372).

- b. Calculer le produit  $P \cdot V$  pour chaque mesure et représenter le graphe  $P \cdot V = f(V)$ .

### CONCLUSION

- 3 a. En tenant compte de l'existence d'une dispersion des mesures réalisées, indiquer si la loi de Mariotte est vérifiée.
- b. L'air se raréfiant en altitude, la pression atmosphérique n'est plus que de 12 hPa à 30 km d'altitude. Comment expliquer qu'à cette altitude un ballon sonde gonflé au sol avec  $3 \text{ m}^3$  d'hélium éclate ?

#### Je réussis si...

- Je sais mesurer une tension et un volume.
- Je sais utiliser un microcontrôleur programmé pour mesurer une pression.
- J'ai identifié la relation mathématique qui relie la pression et le volume d'un gaz.
- Je sais expliquer quantitativement comment évolue le volume d'un gaz avec la pression.

# Loi fondamentale de la statique des fluides

## SITUATION-PROBLÈME

En plongée, la pression exercée par l'eau s'accroît au fur et à mesure que la hauteur d'eau située au-dessus du plongeur augmente.

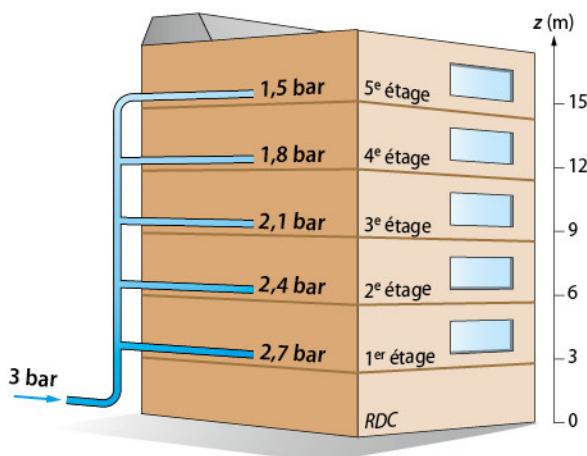
**Élaborer et mettre en œuvre un protocole expérimental permettant de vérifier, dans le cas de l'eau, la relation mathématique entre la variation de pression entre deux points d'un fluide et leur différence d'altitude.**

COUP DE POUCE ➔ p. 423

### DOC 1 Evolution de la pression de l'eau dans un immeuble

La pression de l'eau diminue au fur et à mesure que l'on s'élève dans les étages.

Ci-dessous se présente l'exemple d'une habitation de 5 étages alimentée par un réseau d'eau potable dont la pression est de 3 bars au bas du bâtiment.



## VOCABULAIRE

► **L'incertitude-type** traduit la dispersion de la mesure. Elle traduit le doute qui existe entre le résultat d'une mesure et la valeur vraie.

(FICHE MÉTHODE ➔ p. 399)

### DOC 2 Loi de la statique des fluides

La loi fondamentale de la statique des fluides est la relation entre la variation de pression ( $P_B - P_A$ ) entre deux points A et B d'un fluide et la différence d'altitude ( $z_A - z_B$ ) :

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

- $\rho$  est la masse volumique du fluide (en  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ) ;
- $\rho = 1\,000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  dans le cas de l'eau ;
- $g$  est l'intensité de pesanteur (en  $\text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) ;
- $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$  à la surface de la Terre.



### DOC 3 Du matériel utile

Le dispositif expérimental comprend une éprouvette graduée, un tube en verre, un mètre ruban, un ordinateur et un capteur de pression (FICHE PRATIQUE ➔ p. 392).



## Je réussis si...

- Je décris le protocole expérimental avec du texte et des schémas.
- Je sais réaliser le montage expérimental et les mesures nécessaires.
- Je traite les résultats à l'aide d'un tableur-grapheur en tenant compte de la dispersion des mesures.
- Je vérifie que la loi de la statique des fluides est validée.



# 1 Grandeur de description d'un fluide

À l'échelle macroscopique, un **fluide** est décrit par trois **grandes physiques** : la **masse volumique**, la **température** et la **pression**. Ces grandeurs rendent compte du **comportement microscopique des constituants** du fluide.

## ► Le modèle microscopique de la matière

Les constituants microscopiques d'un fluide sont des entités telles que des molécules, des atomes ou des ions. Ces entités sont en **mouvement incessant** et **désordonné**. Dans un gaz, elles sont dispersées et se déplacent en ligne droite entre deux chocs. Pour un liquide, elles sont proches et bougent les unes par rapport aux autres (FIG. 1).

## ► La masse volumique

À l'échelle macroscopique, la **masse volumique**  $\rho$  d'un fluide représente la masse d'une unité de volume du fluide. Son unité, dans le système international des unités, est le **kilogramme par mètre-cube** ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ).

À l'échelle microscopique, la masse volumique est liée à la masse de ses constituants, à leurs dimensions et à leur organisation au sein du fluide.

### EXEMPLE

Dans un liquide, les molécules sont proches les unes des autres. Ainsi, pour un volume donné, leur nombre est plus important que pour un gaz.

À la pression atmosphérique la masse volumique d'un liquide est environ 1 000 fois plus grande que celle d'un gaz (FIG. 2).

À l'échelle microscopique, la **masse volumique** d'un fluide traduit le nombre de ses particules par unité de volume. Elle rend compte de l'**état de dispersion (ou de la densité)** des constituants microscopiques du fluide.

## ► La température

La température d'un fluide est liée à la vitesse de ses constituants microscopiques. Plus la température est grande, plus leur vitesse est importante.

### EXEMPLE

À la température de 20 °C, la vitesse moyenne des molécules qui constituent l'air est d'environ  $500 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  ( $1\,800 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ). Elle atteint près  $600 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  à 100 °C.

La **température** rend compte de l'**état d'agitation** des constituants microscopiques d'un fluide. On parle d'agitation thermique. Plus les particules sont agitées, plus la température est élevée.

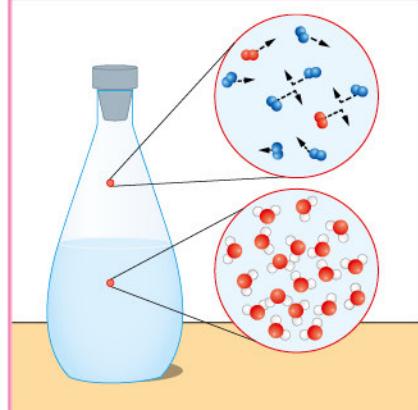
Le « zéro absolu » correspond à l'immobilité des particules et à une température théorique de -273,15 °C ou 0 **kelvin** (K). Il s'agit d'une température limite que l'on ne peut théoriquement pas atteindre. Le kelvin est l'unité de température du système international.

## ► La pression au niveau microscopique

Du fait de l'agitation thermique, les **particules** d'un fluide entrent constamment **en collision avec les parois** du récipient qui les contient. Ces chocs sont à l'origine d'une **action mécanique** exercée par le fluide sur la paroi. Cette action est responsable de la **pression** du fluide.

### VOCABULAIRE

► Un **fluide** est un milieu qui n'a pas de forme propre. Il regroupe les **liquides** qui sont quasiment **incompressibles** (on ne peut pas modifier leur volume) et les **gaz** qui sont **compressibles et expansibles**.



**FIG. 1** Modèles microscopiques du fluide : exemple du gaz air et de l'eau liquide.

Fluide	État physique	Masse volumique $\rho$ en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	Nombre de molécules par $\text{m}^3$
Eau	liquide	$1,0 \times 10^3$	$3,3 \times 10^{29}$
Eau	gaz	0,80	$2,7 \times 10^{25}$
Gaz air	gaz	1,3	$2,7 \times 10^{25}$

**FIG. 2** Masses volumiques et densité de particules de fluides.

### POUR VISUALISER



Une animation sur la modification de l'agitation thermique de l'eau par chauffage.



La **pression** d'un fluide rend compte de la **fréquence des chocs** de ses constituants microscopiques contre une paroi. Plus la fréquence de ces chocs est importante, plus la valeur de la pression exercée est grande.

L'unité de la pression, dans le système international des unités, est le **pascal** (**Pa**) mais l'hectopascal (**hPa**) ou le **bar** (**bar**) sont couramment utilisés (FIG. 3).

#### EXEMPLE

Au niveau de la mer, la pression atmosphérique vaut en moyenne  $1,013 \times 10^5 \text{ Pa} = 1\,013 \text{ hPa}$  soit environ **1 bar**.

Un baromètre mesure la pression atmosphérique ; un manomètre mesure la pression d'un fluide enfermé dans un récipient.

#### POUR VISUALISER



Une animation sur la pression d'un gaz à l'échelle microscopique.

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 10^3 \text{ hPa}$$

$$1 \text{ hPa} = 10^2 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ atm (atmosphère)} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$$

FIG. 3 Les unités de la pression.

## 2 Force pressante

L'action mécanique exercée par un fluide sur une paroi est modélisée par une force nommée **force pressante** (FIG. 4).

La **force pressante**  $\vec{F}$  d'un fluide sur une surface a :

- pour **direction**, la droite perpendiculaire à la surface pressée ;
- un **sens** qui va du fluide vers la surface pressée ;
- une **valeur  $F$**  définie par la relation :

$$\vec{F} = P \cdot S$$

valeur de la pression (en Pa)  
valeur de la force pressante (en N)       $\leftarrow$  aire de la surface (en  $\text{m}^2$ )

#### EXEMPLE

L'air atmosphérique à la pression  $P = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$  exerce sur une surface d'aire  $S = 20 \text{ cm}^2 = 2,0 \times 10^{-3} \text{ m}^2$  une action mécanique modélisée par une force pressante de valeur  $F = 1,013 \times 10^5 \times 2,0 \times 10^{-3} = 2,0 \times 10^2 \text{ N}$ .

*Remarque : la pression est définie par  $P = \frac{F}{S}$ . Ainsi  $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$ .*

#### Réalité



#### Modélisation

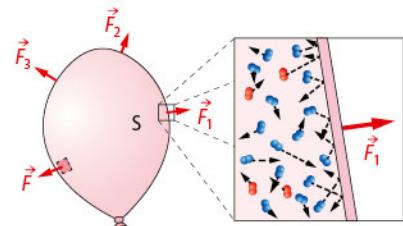


FIG. 4 Action mécanique exercée par l'air intérieur sur la surface  $S$  d'un ballon.

## 3 Loi de Mariotte

Un gaz est un fluide compressible et expansible : le volume qu'il occupe dépend de la pression.

La **loi de Mariotte** s'énonce ainsi : à température constante, le volume  $V$  occupé par un nombre donné de molécules d'un gaz est inversement proportionnel à la pression  $P$  de ce gaz. Le produit de la pression  $P$  du gaz par le volume  $V$  qu'il occupe est constant :

$$P \cdot V = \text{constante}$$

#### EXEMPLE

Un volume d'air  $V_1 = 3,0 \text{ m}^3$  soumis à une pression  $P_1 = 1,0 \text{ bar}$  au niveau du sol occupe, à une altitude d'environ  $10 \text{ km}$ , un volume  $V_2 = 10,0 \text{ m}^3$  à la pression  $P_2 = 0,3 \text{ bar}$  (FIG. 5). Lorsque la pression  $P$  est divisée par 3, le volume  $V$  est multiplié par 3 et on a bien :  $P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 = 3,0 \text{ bar} \cdot \text{m}^3$ .

La valeur de la constante égale à  $P \cdot V$  est indépendante de la nature du gaz. Cette loi est valable pour des pressions modérées (inférieures à 10 bar) et quelles que soient les unités de pression et de volume utilisées.

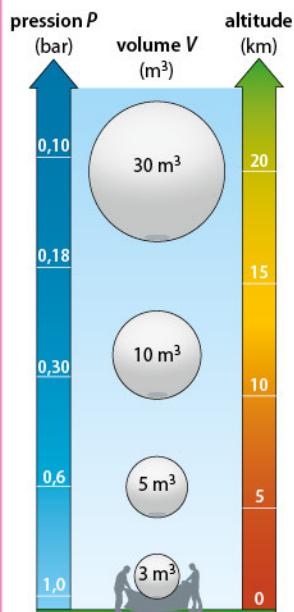


FIG. 5  
Évolution du volume  $V$  d'un ballon sonde à différentes altitudes dans l'atmosphère.



## 4 Loi fondamentale de la statique des fluides

### ► Pression dans un fluide incompressible

Tout corps immergé dans un fluide incompressible est soumis à une pression exercée par le volume de fluide situé au-dessus de lui.

La **loi fondamentale de la statique des fluides** s'énonce ainsi : la différence de pression  $\Delta P = P_B - P_A$  entre deux points A et B d'un liquide au repos est proportionnelle à la différence d'altitude (ou dénivellation)  $\Delta z = z_A - z_B$  entre ces deux points (FIG. 6) ; ainsi  $\Delta P = \rho \cdot g \cdot \Delta z$  ou encore :

$$\text{intensité de pesanteur (en N} \cdot \text{kg}^{-1}\text{)} (g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ à la surface de la Terre})$$

$$\text{pressions en pascal (en Pa)} \rightarrow P_B - P_A = \rho \cdot g \cdot (z_A - z_B)$$

altitudes (en m)

masse volumique du fluide (en kg · m<sup>-3</sup>)

#### EXEMPLE

Dans un fluide de masse volumique  $\rho = 800 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ , si la différence d'altitude  $\Delta z$  entre deux points vaut 15,0 cm, alors la différence de pression  $\Delta P$  entre ses deux points vaut  $\Delta P = 800 \times 9,81 \times 15,0 \times 10^{-2} = 1,18 \times 10^3 \text{ Pa}$ .

La variation de la pression entre deux points séparés d'une dénivellation  $\Delta z$  d'un liquide au repos dépend de la masse volumique  $\rho$  du liquide et de l'intensité de pesanteur  $g$ .

### ► Conséquences de la loi de la statique des fluides

Si  $z_A = z_B$  alors  $P_A = P_B$  : la pression d'un fluide est la même en tout point d'un même plan horizontal. (FIG. 7)

La mesure d'une dénivellation  $\Delta z$  permet d'accéder à une différence de pression  $\Delta P$  (et à une pression  $P$ ) et inversement.

#### EXEMPLE

Si un point A est à la surface de l'eau ( $\rho = 1\,000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ), alors  $P_A = P_{\text{atm}}$ . Ainsi, pour tout point B situé dans l'eau :

$$P_B = P_{\text{atm}} + \rho \cdot g \cdot \Delta z.$$

Pour une dénivellation  $\Delta z = 10 \text{ m}$  :  $P_B - P_{\text{atm}} = 1\,000 \times 9,81 \times 10 = 9,8 \times 10^4 \text{ Pa} \approx 1,0 \text{ bar}$  et  $P_B = 1,013 \times 10^5 + 1\,000 \times 9,81 \times 10 = 1,993 \times 10^5 \text{ Pa} \approx 2,0 \text{ bar}$ .

Inversement, dans l'eau, une différence de pression  $\Delta P = P_B - P_{\text{atm}}$  de 1,5 bar correspond à une dénivellation  $\Delta z$  donnée par  $\Delta z = \frac{P_B - P_{\text{atm}}}{\rho \cdot g}$  et égale à 15 m.

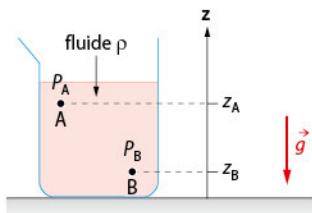
La pression  $P$  d'un fluide augmente avec la profondeur  $z$  (FIG. 8).

#### APPROFONDISSEMENT SCIENTIFIQUE

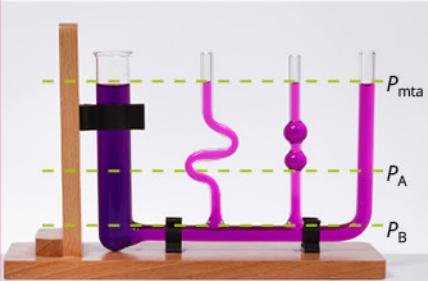
Dans le cas des fluides compressibles, les gaz comme l'air par exemple, la masse volumique dépend la pression. La variation de la pression de l'air avec l'altitude n'est ainsi pas « linéaire » et l'application de la loi fondamentale de la statique des fluides est limitée à de petites variations d'altitude (quelques mètres à quelques dizaines de mètres). Par ailleurs, la masse volumique des gaz étant inférieures à celle des liquides, les variations de la pression constatées sont bien plus faibles.

#### VOCABULAIRE

► La **statique des fluides** est l'étude des fluides au repos.



**FIG. 6** Variation de pression dans un fluide incompressible (un liquide).



**FIG. 7** Dans un liquide, tous les points situés à la même altitude ont la même pression.

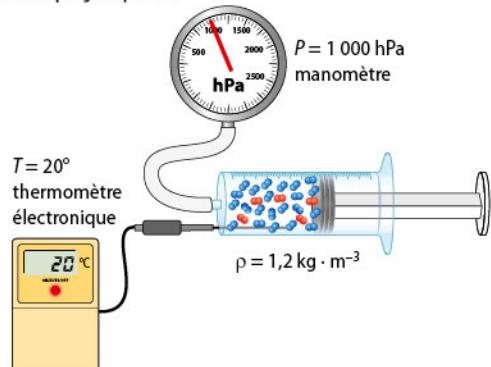


**FIG. 8** La manœuvre de Valsalva permet au plongeur de compenser l'augmentation de pression de l'eau sur les tympans lors de la descente.

## 1 Grandeurs de description d'un fluide

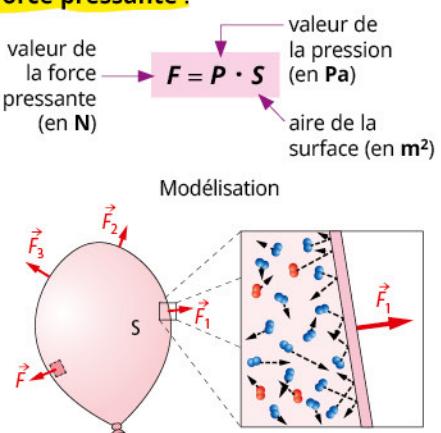
- À l'échelle microscopique, les **fluides** (les gaz et les liquides) sont constitués d'**entités** (des molécules, des atomes ou des ions) en mouvement incessant et désordonné.
- À l'échelle macroscopique, les **fluides** sont décrits par trois grandeurs physiques :

	Masse volumique	Température	Pression
<b>Unités et symboles à l'échelle macroscopique</b>	$\rho$ en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	$T$ en $^{\circ}\text{C}$ ou en K (Kelvin)	$P$ en Pa
<b>À l'échelle microscopique, la grandeur traduit :</b>	l'état de dispersion des particules c'est-à-dire leur nombre par unité de volume.	l'état d'agitation des particules : on parle d'agitation thermique.	la fréquence des chocs des particules contre les parois du récipient.



## 2 Force pressante

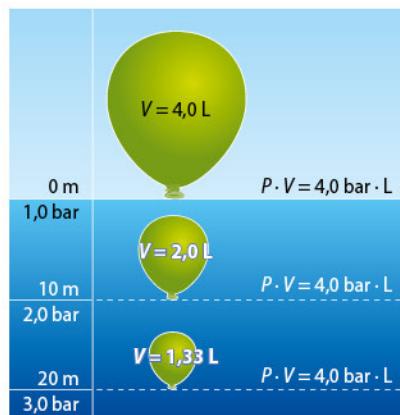
L'action mécanique exercée par un fluide sur une paroi est modélisée par une **force pressante**:



## 3 Loi de Mariotte

Le volume  $V$  occupé par un gaz dépend de la pression  $P$  de ce gaz. La **loi de Mariotte** indique que, à température constante, quelles que soient les unités de pression et de volume utilisées :

$$P \cdot V = \text{constante}$$



## 4 Loi fondamentale de la statique des fluides

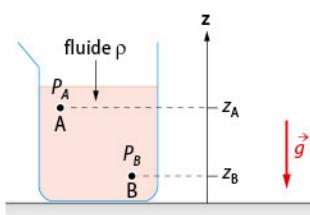
La loi fondamentale de la **statique des fluides** permet d'énoncer que la différence de pression  $\Delta P = (P_B - P_A)$  entre deux points A et B d'un liquide au repos est proportionnelle à la différence d'altitude (ou dénivellation)  $\Delta z = (z_A - z_B)$  entre ces deux points :  $\Delta P = \rho \cdot g \cdot \Delta z$ .

intensité de pesanteur (en  $\text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) ( $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$  à la surface de la Terre)

pressions en **pascal** (en Pa)  $\rightarrow P_B - P_A = \rho \cdot g \cdot (z_A - z_B)$

altitudes (en m)

masse volumique du fluide (en  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )



## Vérifier l'essentiel EN AUTONOMIE

Pour chaque question, choisir la ou les bonnes réponses. ➔ SOLUTIONS EN PAGE 423



## DONNÉES

► Masse volumique de l'eau en mer :  $\rho = 1\ 025 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ; intensité de pesanteur à la surface de la Terre :  $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ 

## 1 Grandeurs de description d'un fluide

	A	B	C
1 Dans le cas de molécules de même masse, le fluide de plus grande masse volumique est celui qui est représenté par :			
2 La pression d'un fluide dans un récipient est due :	aux chocs de ses particules sur les parois du récipient.	à la vitesse de ses particules.	au nombre de particules par unité de volume.
3 Une augmentation de l'agitation des particules d'un volume de fluide donné :	augmente sa masse volumique.	diminue sa pression.	augmente sa température.

## 2 Force pressante

	A	B	C
4 La force pressante $F$ exercée sur une surface d'aire $S = 0,25 \text{ m}^2$ par un fluide à la pression $P = 1,0 \times 10^5 \text{ Pa}$ est :	$F = 2,5 \times 10^{-6} \text{ N}$	$F = 4,0 \times 10^5 \text{ N}$	$F = 2,5 \times 10^4 \text{ N}$

## 3 Loi de Mariotte

	A	B	C
5 Une quantité donnée de gaz occupe un volume $V = 5,0 \text{ L}$ à la pression $P = 1,0 \text{ bar}$ . Si la pression est doublée, alors le volume de cette quantité de gaz :	reste toujours égal à 5,0 L.	vaut 10 L.	vaut 2,5 L.

## 4 Loi fondamentale de la statique des fluides

	A	B	C
6 Dans ce fluide, la différence de pression $P_B - P_A$ est :	$P_B - P_A = \rho \cdot g \cdot (z_B - z_A)$	$P_B - P_A = \rho \cdot g \cdot (z_A - z_B)$	$P_B - P_A = \rho \cdot g \cdot \Delta z$
7 En mer, un plongeur passant d'une profondeur $z_A = 1,5 \text{ m}$ à une profondeur $z_B = 5,0 \text{ m}$ subit :	une augmentation de pression $\Delta P = 5,0 \times 10^4 \text{ Pa}$ .	une diminution de pression $\Delta P = 3,5 \times 10^4 \text{ Pa}$ .	une augmentation de pression $\Delta P = 3,5 \times 10^4 \text{ Pa}$ .

# Acquérir les notions

## 1 Grandeur de description d'un fluide

### Notions du programme

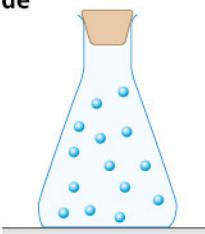
Échelles de description  
Grandeurs macroscopiques : masse volumique, température, pression  
→ EXERCICES 8 à 13

### Ce qu'on attend de moi

- Savoir décrire un fluide à l'échelle microscopique.
- Expliquer le lien entre les grandeurs macroscopiques de description d'un fluide et le comportement microscopique de ses entités.

## 8 Modèle microscopique du fluide

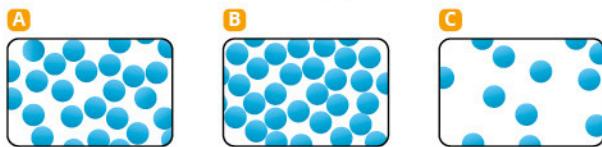
La figure ci-contre modélise par des sphères bleues les molécules d'eau contenues dans un erlenmeyer.



- Quel est l'état physique de l'eau dans l'rlenmeyer ? Justifier.
- Reproduire la figure ci-contre et rendre compte graphiquement de l'agitation thermique des molécules.
- On place quelques millilitres d'eau distillée au fond de l'rlenmeyer. Décrire le mouvement des molécules constituant le fluide ajouté.
- On retire le bouchon de l'rlenmeyer. Compléter la figure en montrant le chemin possible pour les molécules.

## 9 Masses volumiques à la loupe

- Rappeler l'unité de masse volumique du système international.
- Classer les trois échantillons A, B et C de fluides par ordre de masse volumique décroissante. Justifier la réponse en utilisant le modèle microscopique des fluides.



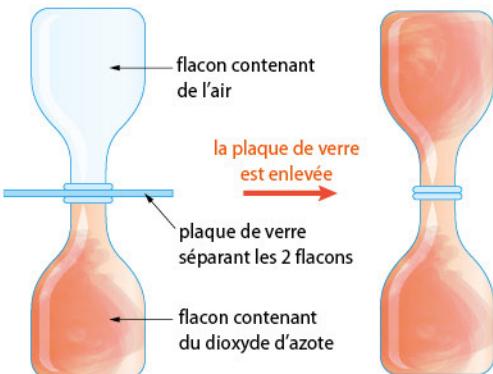
## 10 Température et pression à la loupe

Un ballon rempli d'air est plus « dur » après avoir été laissé plusieurs heures, l'été, au soleil.

- Décrire, au niveau microscopique, l'air enfermé dans le ballon.
- Comment se traduit au niveau microscopique l'augmentation de la température de l'air dans le ballon ?
- À notre échelle, à quelle grandeur physique correspondent les chocs des molécules sur les parois du ballon ?
- Le fait que le ballon soit plus « dur » permet de déduire que la pression d'un gaz dépend de la température. Expliquer.

## 11 Diffusion du dioxyde d'azote

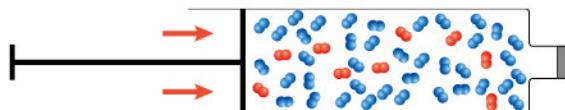
Le dioxyde d'azote  $\text{NO}_2$  est un gaz roux. On réalise l'expérience ci-dessous.



- Expliquer, au niveau microscopique, la présence de gaz roux dans les deux flacons en fin d'expérience.
- a. Que peut-on dire du nombre de molécules de dioxyde d'azote lors de l'expérience ?
- b. La masse volumique du gaz roux change-t-elle lors de l'expérience ? Si oui, dans quel sens ?

## 12 Air dans une seringue

On enferme une certaine quantité d'air dans une seringue. On appuie lentement sur le piston afin de réduire le volume occupé par l'air. On considère que la température de l'air reste constante au cours de l'expérience.



- a. Quelles grandeurs physiques macroscopiques permettent de décrire l'air dans la seringue ?
- b. Ces grandeurs physiques varient-elles au cours de l'expérience ? Si oui, dans quel sens ?
- a. Décrire les changements dans le comportement microscopique des molécules au cours de l'expérience.
- b. Sont-ils en accord avec les réponses apportées en 1. b ?

## 13 Densité moléculaire

Le diazote  $\text{N}_2(\text{g})$  est le principal constituant de l'air.

### Données :

Densités moléculaires :  
 $N_1 = 1,7 \times 10^{28} \text{ m}^{-3}$  ;  
 $N_2 = 3,3 \times 10^{28} \text{ m}^{-3}$  ;  
 $N_{\text{H}_2\text{O}} = 2,6 \times 10^{25} \text{ m}^{-3}$ .

Fluide	Masse volumique $\rho$ (en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )
$\text{N}_2(\text{g})$	1,2
$\text{N}_2(\ell)$	808
$\text{H}_2\text{O}(\ell)$	1 000

- En utilisant le modèle microscopique des fluides, expliquer la différence de masse volumique constatée entre le diazote gazeux et le diazote liquide ?
- a. Quelle densité moléculaire  $N$  est celle du diazote gazeux ? Justifier.
- b. Associer une densité moléculaire  $N$  à chaque liquide (on précise qu'une molécule de diazote est environ 1,5 fois plus lourde qu'une molécule d'eau).

## 2 Force pressante

### Notions du programme

Actions exercées par un fluide sur une surface : forces pressantes

→ EXERCICES 14 à 16

### Ce qu'on attend de moi

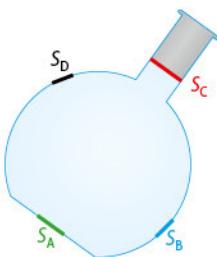
- Savoir modéliser l'action d'un fluide sur une surface par une force pressante.
- Savoir utiliser la relation  $F = P \cdot S$

### DONNÉES

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

## 14 Force pressante exercée par l'air atmosphérique

Même à pression atmosphérique, l'air contenu dans un ballon exerce une action mécanique sur les parois et le bouchon.



1. Quelle est l'origine microscopique de cette action ?

2. Représenter sans souci d'échelle par des vecteurs les forces pressantes  $\vec{F}_A$ ,  $\vec{F}_B$ ,  $\vec{F}_C$  et  $\vec{F}_D$  qui modélisent les actions exercées par l'air du ballon sur les surfaces  $S_A$ ,  $S_B$ ,  $S_C$  et  $S_D$ .

## 15 Calcul de force pressante

1. Donner la relation définissant la valeur de la force pressante  $F$  exercée par un fluide sur une surface d'aire  $S$ . Préciser les unités à utiliser.

2. La valeur  $F$  d'une force pressante change-t-elle si :

- l'aire  $S$  de la surface est doublée ?
- la pression  $P$  est réduite de moitié ?

Si oui, préciser le sens et la valeur de cette variation.

3. Au sol, la plus haute pression atmosphérique a été mesurée le 31 décembre 1968 en Sibérie :  $P_{\text{atm}} = 1\,083,8 \text{ hPa}$ . Calculer la valeur  $F$  de la force pressante exercée par l'air atmosphérique lors du record atteint sur la surface de la peau estimée à  $1,5 \text{ m}^2$ .

## 16 Des grandeurs interdépendantes

Pour compléter chaque ligne du tableau ci-dessous :

- indiquer l'expression littérale à utiliser ;
- effectuer les conversions d'unités éventuellement nécessaires ;
- réaliser les applications numériques.

	$F$	$P$	$S$
Expression littérale			
Cas n° 1		1,013 bar	2,0 cm <sup>2</sup>
Cas n° 2	4,5 kN		2,5 dm <sup>2</sup>
Cas n° 3	$9,0 \times 10^2 \text{ N}$	$3,6 \times 10^2 \text{ hPa}$	

## 3 Loi de Mariotte

### Notions du programme

Modèle de comportement d'un gaz : loi de Mariotte

→ EXERCICES 17  
18 et 19

### Ce qu'on attend de moi

- Connaitre l'énoncé de la loi de Mariotte.
- Utiliser la loi de Mariotte pour déterminer une pression  $P$  ou un volume  $V$ .
- Tester la loi de Mariotte.

## 17 Variation de volume en plongée

### CALCUL MENTAL

À une certaine profondeur, à la pression  $P_c = 4,0 \text{ bar}$ , on enferme un volume d'air  $V_c = 1,0 \text{ L}$  dans un ballon.

1. a. D'après la loi de Mariotte, à température constante, le volume  $V$  d'une quantité de gaz donnée est-il proportionnel ou inversement proportionnel à sa pression  $P$  ?

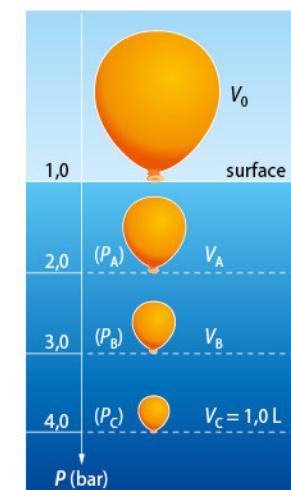
b. En déduire le volume  $V_A$  de l'air dans le ballon à la pression  $P_A$ .

2. a. D'après la loi de Mariotte, quelle relation peut-on écrire entre les grandeurs  $V_c$ ,  $P_c$ ,  $V_B$  et  $P_B$  ?

b. En déduire le volume  $V_B$  de l'air dans le ballon.

3. En surface, à pression atmosphérique, l'air enfermé dans un ballon occupe un volume  $V_0$ . Calculer sa valeur.

4. Expliquer pourquoi il est très dangereux pour un plongeur de remonter vers la surface en bloquant sa respiration.



## 18 De la mousse expansive

Un bêcher contenant de la mousse à raser sous pression atmosphérique est placé sous une cloche à vide A. On fait le vide en retirant l'air présent sous la cloche B.



1. Expliquer le phénomène observé.

2. À quelle valeur faut-il ajuster la pression de l'air sous la cloche pour tripler le volume de la mousse ?

## 19 Modéliser le comportement d'un gaz

Le tableau ci-dessous donne les valeurs de la pression  $P$  d'une quantité d'air maintenue à température constante dans une seringue et les valeurs du volume  $V$  occupé.

$P$ (en hPa)	697	859	996	1 157	1 370	1 695	1 983
$V$ (en mL)	50	40	35	30	25	20	17

Le comportement de l'air suit-il la loi de Mariotte ? On pourra justifier par le tracé d'un graphique.

## 4 Loi fondamentale de la statique des fluides

### Notions du programme

Loi fondamentale de la statique des fluides

EXERCICES 20 21 22  
23 et 24

### Ce qu'on attend de moi

- Utiliser la relation  $P_B - P_A = \rho g (z_A - z_B)$  pour déterminer une altitude  $z$  ou une pression  $P$  (ou la masse volumique  $\rho$  d'un fluide).
- Tester la loi fondamentale de la statique des fluides.

#### DONNÉES

$$\begin{aligned} P_{\text{atm}} &= 1,013 \times 10^5 \text{ Pa} ; 1 \text{ hPa} = 10^2 \text{ Pa} ; g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1} ; \\ \rho_{\text{eau}} &= 1,00 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} ; \\ \rho_{\text{eau de mer}} &= 1,025 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} ; \rho_{\text{Hg}} = 1,36 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \end{aligned}$$

### 20 Utiliser la loi de la statique des fluides

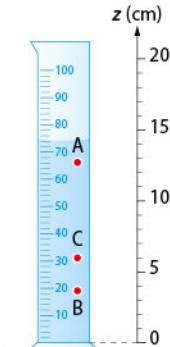
Une éprouvette graduée de 100 mL est remplie d'eau.

1. Classer les pressions aux points A, B et C par ordre croissant.

2. a. Écrire la loi qui établit la relation entre la différence de pression entre les points A et B et leur différence d'altitude  $z$ . Préciser l'unité à utiliser pour chaque grandeur.

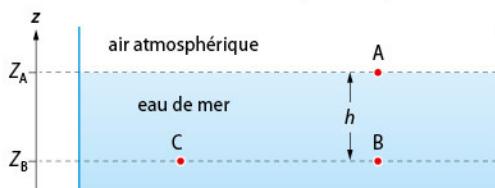
b. En déduire la valeur de la différence de pression ( $P_B - P_A$ ) entre A et B.

3. Calculer la différence de pression entre les points A et C. Le résultat valide-t-il la réponse donnée en 1 ?



### 21 Statique des fluides dans l'eau de mer

On considère la situation suivante pour laquelle  $h = 3,0 \text{ m}$ .



1. a. En appliquant la loi de la statique des fluides, montrer que la différence de pression entre les points A et B vaut  $\Delta P = 3,0 \times 10^3 \text{ Pa}$ .

b. En déduire la valeur de la pression  $P_B$  en B.

2. a. Donner la valeur de la pression  $P_C$  au point C situé sur le même plan horizontal que le point B. Justifier.

b. Où doit-on placer le point C pour que  $P_C > P_B$  ?

### 22 Tester une loi

Le tableau ci-dessous récapitule les résultats de mesures de variation de pression  $\Delta P = P_B - P_A$  entre deux points A et B d'un fluide en fonction de leur différence d'altitude  $\Delta z = z_A - z_B$ .

$\Delta z$ (en cm)	0	5	10	17	25	32	40
$\Delta P$ (en kPa)	0	6,67	13,3	22,7	33,4	42,7	53,4

1. Tracer le graphique représentant l'évolution de  $\Delta P$  (en Pa) en fonction de  $\Delta z$  (en m).

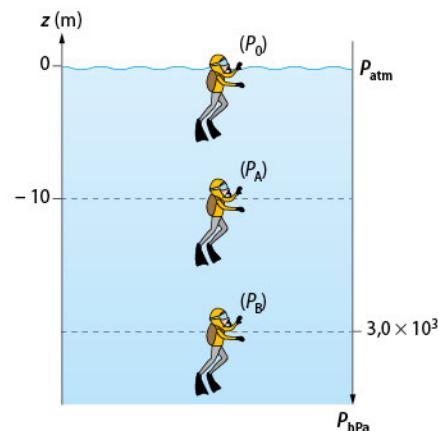
2. a. Justifier, à partir du tracé d'un graphique, que la différence de pression  $\Delta P$  entre deux points d'un liquide est proportionnelle à la différence d'altitude  $\Delta z$  entre ces deux points.

b. Déterminer le coefficient de proportionnalité.

c. En déduire, à l'aide de la loi fondamentale de la statique des fluides, la valeur de la masse volumique du fluide étudié. De quel fluide s'agit-il ?

### 23 Variation de pression en plongée

En surface, à l'altitude  $z_0 = 0 \text{ m}$ , un plongeur est soumis à la pression atmosphérique  $P_0 = P_{\text{atm}}$ . À une certaine profondeur  $z_A$ , la pression augmente et vaut  $P_A$ .



1. a. Écrire la relation liant  $P_{\text{atm}}$ ,  $P_A$ ,  $z_A$  et  $z_0$ .

b. Comment nomme-t-on cette relation ? Préciser les unités à utiliser pour chaque grandeur.

c. En déduire la valeur de la pression  $P_A$ .

2. a. Écrire la relation liant  $P_A$ ,  $P_B$ ,  $z_A$  et  $z_B$ .

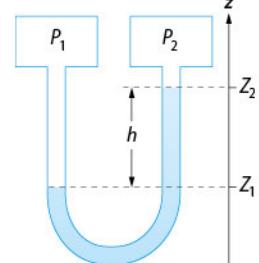
b. En déduire la valeur de la profondeur  $z_B$  sachant que  $P_B = 3,0 \times 10^3 \text{ hPa}$ .

### 24 Principe du baromètre à liquide

Le principe du baromètre à liquide est basé sur la mesure d'une dénivellation qui permet d'accéder à une différence de pressions.

1. a. Exprimer la loi fondamentale de la statique des fluides en fonction de la dénivellation  $h$ .

b. La valeur de  $h$  varie-t-elle lorsque la pression  $P_1$  augmente ? Si oui, préciser le sens de cette variation.



2. On souhaite mesurer des différences de pression  $(P_1 - P_2)$  de l'ordre de la pression atmosphérique  $P_{\text{atm}}$ . Quelle est la valeur de la dénivellation  $h$  correspondante dans le cas où le liquide est :

a. l'eau ?

b. le mercure Hg ?

## Exercice résolu EN AUTONOMIE

### 25 Le ballon-sonde en météorologie

Des ballons-sondes permettent de suivre l'évolution des grandeurs physiques décrivant l'air atmosphérique. Gonflé à l'hélium et lâché au niveau du sol, un ballon de volume initial  $V_0 = 3,8 \text{ m}^3$  s'élève progressivement dans l'atmosphère. À haute altitude, lorsqu'il atteint 5,0 m de diamètre, le ballon éclate.

#### Données :

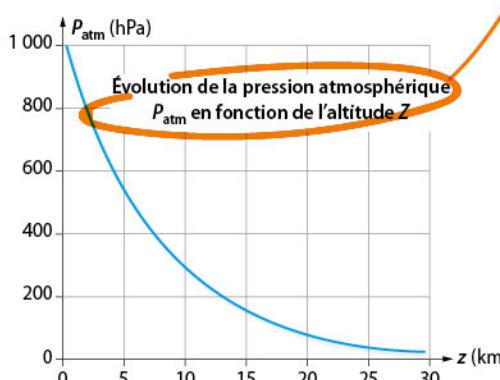
Pression atmosphérique au niveau du sol :  
 $P_0 = 1,0 \text{ bar} = 1,0 \times 10^3 \text{ hPa}$ ; volume d'une sphère de rayon  $R$ :  $V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3$

**1. a.** Nommer les trois grandeurs physiques décrivant l'air atmosphérique.

**b.** Justifier que le volume du ballon augmente lors de son ascension dans l'atmosphère.

**2. a.** Quelle est la valeur maximale  $V_1$  du volume du ballon avant d'éclater ?

**b.** En déduire l'altitude maximale atteinte par le ballon-sonde.



#### EXEMPLE DE RÉDACTION

- L'air est un fluide décrit par sa masse volumique, sa pression et sa température.
- On peut déduire du graphique  $P_{\text{atm}} = f(z)$  que la pression de l'hélium du ballon diminue avec l'altitude. D'après la loi de Mariotte, la pression  $P$  et le volume  $V$  d'un gaz sont inversement proportionnels : si  $P$  diminue alors  $V$  augmente.

**2. a.** Pour un diamètre de 5,0 m,  $R = 2,5 \text{ m}$  et  $V_1 = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot (2,5)^3 = 6,5 \times 10^1 \text{ m}^3$ .

**b.** D'après la loi de Mariotte :  $P \cdot V = \text{constante}$  donc  $P_0 \cdot V_0 = P_1 \cdot V_1$ .

Ainsi :  $P_1 = \frac{P_0 \cdot V_0}{V_1}$  soit  $P_1 = \frac{1,0 \times 3,8}{6,4 \times 10^1} = 5,8 \times 10^{-2} \text{ bar}$  soit **58 hPa**.

Par lecture graphique  $P_{\text{atm}} = 58 \text{ hPa}$  pour une altitude  $z = 22 \text{ km}$ .

#### LES CLÉS DE L'ÉNONCÉ

- Les données rappellent la formule du **volume d'une sphère**.
- Le graphique permet de faire le lien entre la **pression atmosphérique et l'altitude**.

#### LES QUESTIONS À LA LOUPE

**Définir :** désigner quelque chose par un nom, un terme en lien avec le contexte.

**Justifier :** montrer par un raisonnement qu'une affirmation ou qu'un résultat est correct.

**En déduire :** intégrer le résultat précédent pour répondre.

#### QUELQUES CONSEILS

**1. b.** La loi de Mariotte permet de relier l'évolution de la pression  $P$  d'un gaz à celle de son volume  $V$ .

**2. a.** On veillera à ne pas confondre diamètre et rayon d'une sphère.

**b.** On pensera à donner l'expression littérale de  $P_1$  avant son calcul puis à convertir le résultat en hPa.

#### EXERCICE SIMILAIRE

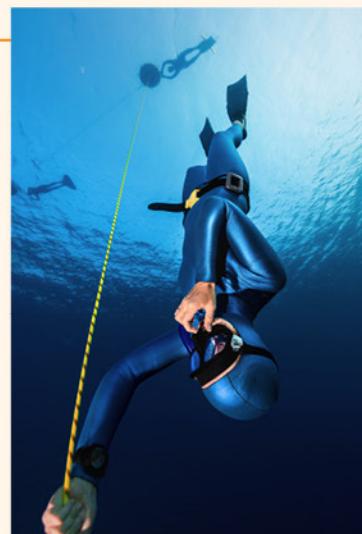
### 26 Effet de la pression en plongée

Lors d'une plongée en apnée, un plongeur inspire, en surface, un volume d'air dans ses poumons égal à 6,0 L. Au cours de la descente, la loi fondamentale de la statique des fluides permet de relier la pression  $P$  de l'eau à la profondeur  $z$  d'immersion :

$$P - P_{\text{atm}} = \rho \cdot g \cdot z \quad \text{avec } P \text{ en Pa}, z \text{ en m et } \rho \text{ en } \text{kg} \cdot \text{m}^{-3} \text{ et } g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$$

**Données :** En surface  $z = 0 \text{ m}$  et  $P_{\text{atm}} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$ . Lors de la descente, la pression de l'air dans les poumons d'un plongeur est égale à la pression de l'eau à l'extérieur. Le volume  $V$  d'une sphère de rayon  $R$  est :  $V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3$ .  $\rho_{\text{eau de mer}} = 1,03 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .

- Le volume de l'air dans les poumons du plongeur augmente-t-il ou diminue-t-il au cours de sa descente ? Justifier la réponse.
- On veut déterminer la profondeur à laquelle le volume occupé par l'air dans les poumons du plongeur a la taille d'une orange.
  - Estimer en litre le volume moyen d'une orange (de 10 cm de diamètre).
  - En déduire la profondeur évoquée.



## Exercice résolu EN AUTONOMIE

### 27 La manœuvre de Valsalva

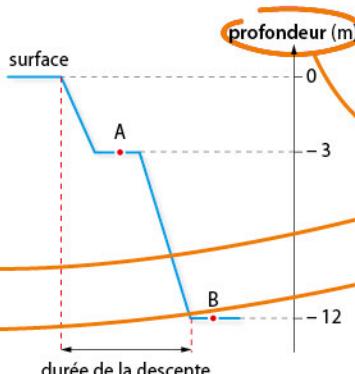
En plongée, pour éviter des douleurs aux oreilles lors de la descente, les plongeurs soufflent d'une manière particulière afin d'équilibrer les pressions de part et d'autre des tympans.

On considère le profil de descente ci-contre. Une pause de quelques minutes est effectuée à la profondeur de 3,0 m où règne une pression  $P_A = 1,3 \text{ bar}$ .

**Données**  $1,0 \text{ bar} = 1,0 \times 10^5 \text{ Pa}$ ;  $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$

$\rho_{\text{eau de mer}} = 1,03 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ;

Surface moyenne d'un tympan :  $S = 0,70 \text{ cm}^2$



#### LES CLÉS DE L'ÉNONCÉ

- La **profondeur** des points A et B apparaît sur le graphique.
- La **valeur de la pression** en A est donnée dans l'énoncé.
- Une relation est donnée qui relie des **unités de pression**.

1. a. Écrire la loi fondamentale de statique des fluides entre les points A et B.

b. En déduire la valeur de la pression au point B.

2. a. Écrire la relation permettant de déterminer la valeur  $F_B$  de la force pressante modélisant l'action mécanique exercée par l'eau sur la surface du tympan. Calculer sa valeur et la comparer à celle exercée en A (notée  $F_A$ ).

b. Des grandeurs sont-elles modifiées lors de la manœuvre de Valsalva ? Si oui, indiquer le sens de la variation.



#### LES QUESTIONS À LA LOUPE

► **En déduire** : utiliser le résultat précédent pour répondre.

► **Calculer** : effectuer des opérations mathématiques avec les valeurs identifiées et exprimées dans les bonnes unités.

► **Comparer** : mettre en regard deux valeurs.

#### EXEMPLE DE RÉDACTION

1. a. La loi fondamentale de statique des fluides permet d'écrire :  $(P_B - P_A) = \rho \cdot g \cdot (z_A - z_B)$

b. On en déduit :  $P_B = P_A + \rho \cdot g \cdot (z_A - z_B)$ . Ici  $z_A = -3,0 \text{ m}$  et  $z_B = -12 \text{ m}$  soit  $P_B = 1,3 \times 10^5 + 1,03 \times 10^3 \times 9,8 \times (-3,0 - (-12)) = 2,2 \times 10^5 \text{ Pa} = 2,2 \text{ bar}$

2. a. La valeur de la force pressante  $F_B$  est donnée par :  $F_B = P_B \cdot S$

$F_B = 2,2 \times 10^5 \times 0,70 \times 10^{-4} = 15 \text{ N}$ .  $F_B > F_A$  car  $P_B > P_A$  (2,2 bar > 1,3 bar).

b. La manœuvre de Valsalva consiste à augmenter la pression de l'air situé derrière le tympan jusqu'à une valeur égale à  $P_B$  (par exemple pour un plongeur situé à la profondeur  $z_B$ ). L'action de l'air intérieur sur le tympan modélisée par une force pressante  $F$  compense alors l'action de l'eau modélisée par la force pressante  $F_B$ .

#### POINTS DE VIGILANCE

1. a. La loi fondamentale de la statique des fluides établit la relation entre  $P_B$ ,  $P_A$ ,  $z_B$  et  $z_A$ .

1. b. On veillera, pour les altitudes, à respecter le signe utilisé dans l'énoncé et à exprimer la pression en Pa.

2. a. On raisonnera à partir de la relation  $F = P \cdot S$ .

#### EXERCICE SIMILAIRE

### 28 Les limites de la plongée

Depuis 2012, le record du monde d'apnée No Limit est détenu par H. Nitsch, surnommé *The flying fish*, avec une profondeur de 253 m. Il subit à la profondeur maximale une pression 25 fois supérieure à celle de la surface.

**Données** :  $P_{\text{atm}} = 1013 \text{ hPa}$ ;  $1,0 \text{ bar} = 1,0 \times 10^5 \text{ Pa}$ ;  $\rho_{\text{eau de mer}} = 1,03 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ;  $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ ; surface des lunettes de plongée :  $S = 1,4 \times 10^{-1} \text{ dm}^2$

1. a. Utiliser la loi fondamentale de statique des fluides pour déterminer la variation de pression entre la surface et la profondeur atteinte lors de ce record. En déduire la pression à 253 m de profondeur.

b. Montrer que, dans l'eau de mer, la pression augmente d'un bar tous les 10 m.

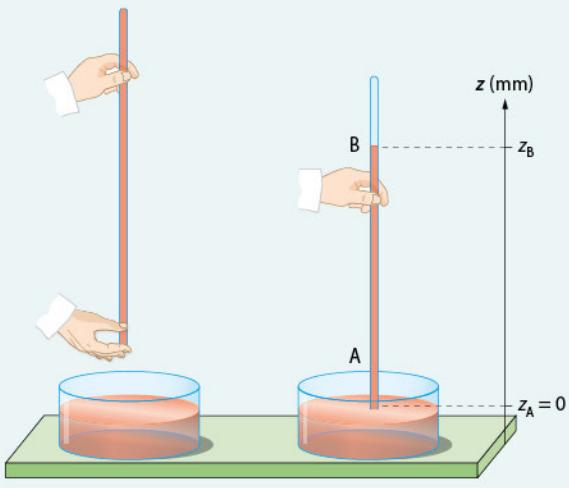
2. Calculer la valeur maximale de la force pressante modélisant l'action mécanique exercée par l'eau sur la surface des lunettes. La comparer à celle exercée en surface.



## Croiser les notions

### 29 Le baromètre de Torricelli HISTOIRE DES SCIENCES

En 1643, l'italien Evangelista Torricelli (1608-1647) réalise une expérience fondamentale sur la statique des fluides. Il a l'idée de remplir un long tube de vif-argent (mercure), de le boucher et de le retourner dans une cuve remplie du même liquide. Il observe que le liquide descend dans le tube en laissant un espace vide au-dessus de lui mais ne s'écoule pas complètement dans la cuve : il en reste toujours environ 760 mm dans le tube, quelle que soit la hauteur de celui-ci. Il prouve ainsi l'existence de la pression atmosphérique. Ce dispositif constitue le premier baromètre de l'histoire.



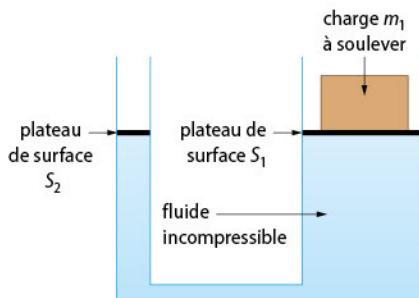
**Données :**  $P_{atm} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$ ;  $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ ;  
 $\rho_{Hg} = 13,6 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

1. D'après les observations d'Evangelista Torricelli, quelle valeur faut-il attribuer à l'altitude  $z_B$  du point B sur la figure ci-dessus ?
2. a. Quelle action mécanique explique la hauteur de liquide restant dans le tube ?  
 b. En déduire la valeur de la pression  $P_A$  du fluide dans le tube au point A.
3. a. Exprimer, à l'aide de la loi fondamentale de la statique des fluides, la pression  $P_B$  du fluide en B en fonction de  $P_A$ ,  $z_A$ ,  $z_B$ ,  $\rho_{Hg}$  (la masse volumique du mercure, Hg) et  $g$  (l'intensité de pesanteur).  
 b. En déduire la valeur de la pression  $P_B$ .  
 c. Cette valeur est-elle cohérente d'après les observations de Torricelli ? Proposer une explication en utilisant le modèle microscopique du fluide.
4. a. Quelles sont les actions qui agissent sur la colonne de mercure ? Que peut-on en dire ?  
 b. Calculer la valeur du poids  $P$  d'une colonne de mercure de surface  $1,0 \text{ m}^2$  et de hauteur 760 mm.
5. a. La pression atmosphérique diminue de 10 hPa. La position du point B varie-t-elle ? Si oui, donner le sens de cette variation et calculer sa valeur.  
 b. Le millimètre de mercure est une unité de pression. Cela paraît-il justifié ?

### 30 Principe du vérin hydraulique

Un vérin hydraulique est une machine industrielle capable de produire des actions mécaniques importantes.

Une lourde charge de masse  $m_1 = 10 \text{ t}$  (tonnes) est placée sur le plateau de surface  $S_1$  d'un vérin hydraulique. On souhaite soulever cette charge en exerçant une force pressante  $F_2$  sur le plateau de surface  $S_2$ .



**Données :**  $1 \text{ t} = 10^3 \text{ kg}$ ; les surfaces  $S_1$  et  $S_2$  sont des disques d'aires :  $S_1 = 2,0 \text{ m}^2$  et  $S_2 = 1,0 \text{ dm}^2$ ; l'intensité de pesanteur vaut  $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

1. a. Calculer la valeur de la force pressante  $F_1$  modélisant l'action mécanique exercée par la charge en  $S_1$ . La représenter, sur une figure, par un vecteur.  
 b. En déduire la valeur de la pression  $P_1$  exercée sur la surface  $S_1$ .
2. Le fluide étant incompressible, on a  $P_1 = P_2$  (où  $P_2$  est la pression exercée sur la surface  $S_2$ ). Déterminer la valeur de la force pressante  $F_2$  modélisant l'action mécanique exercée par le fluide en  $S_2$ . La représenter sur la figure précédente.
3. Quelle masse minimale faut-il placer en  $S_2$  pour soulever la charge ?
4. Donner l'expression littérale liant  $F_2$ ,  $S_2$ ,  $F_1$  et  $S_1$ . Que peut-on conclure ?

#### JE VÉRIFIE QUE J'AI...

- appliqué la relation  $F = P \cdot S$ ;
- modélisé une action par une force pressante.

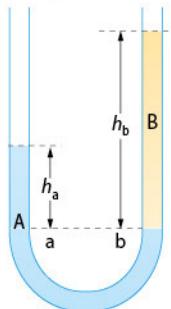
### 31 Tester une loi par analyse dimensionnelle

Du point de vue des unités, une relation d'égalité du type  $P = m \cdot g$  est cohérente à la condition suivante : l'unité du membre de droite doit être la même que l'unité du membre de gauche.

1. On note  $\Delta P$  la différence de pression entre deux points d'un fluide incompressible et  $\Delta z$  la dénivellation qui les sépare. Écrire la loi fondamentale de la statique des fluides en utilisant les notations proposées. Donner les unités de chaque grandeur.
2. a. Justifier l'égalité entre les unités suivantes :  $\text{Pa} = \text{N} \cdot \text{m}^{-2}$ .  
 b. On donne la relation entre les unités suivantes :  $\text{N} = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ . Montrer que l'un des membres de l'égalité de la loi fondamentale de la statique des fluides peut s'exprimer en  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$ .
3. On donne l'intensité de pesanteur  $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1} = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ . Chercher l'unité de l'autre membre de l'égalité de la loi fondamentale de la statique des fluides.
4. Conclure quant à la validité dimensionnelle de la relation.

### 32 Mélange de deux liquides DÉMARCHES DIFFÉRENCIÉES

On verse dans un tube en U un volume  $V$  identique de deux liquides A et B non miscibles de masses volumiques  $\rho_A$  et  $\rho_B$ . Au repos, on constate une dénivellation  $\Delta h = h_b - h_a$  entre les surfaces libres des deux liquides.



**Données :** A est l'eau et  $\rho_{eau} = 1,00 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ; B est de l'huile de masse volumique  $\rho_B = \rho_{huile} = 8,00 \times 10^2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ;  $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ ;  $P_{atm} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$ ; le diamètre du tube vaut  $d = 2,0 \text{ cm}$ ,  $V = 40 \text{ mL}$ . Pour un cylindre de volume  $V$ , de rayon  $R$  et de hauteur  $h$ :  $V = S \cdot h$  avec  $S = \pi R^2$

#### DÉMARCHE EXPÉRTE

Proposer une méthode pour déterminer la valeur de la dénivellation  $\Delta h$  et identifier la grandeur dont elle dépend.

#### DÉMARCHE AVANCÉE

Utiliser la loi fondamentale de la statique des fluides pour établir une relation entre  $h_a$ ,  $h_b$ ,  $\rho_{eau}$  et  $\rho_{huile}$ . En déduire la valeur de  $\Delta h$  et préciser la grandeur physique qui est à l'origine de cette dénivellation.

#### DÉMARCHE ÉLÉMENTAIRE

- Quelle est la valeur de la pression au niveau de la surface de chaque liquide ?
- Écrire la loi fondamentale de la statique des fluides appliquée à la hauteur :
  - $h_a$  du liquide A ;
  - $h_b$  du liquide B.
- a. Que peut-on dire des valeurs de pression  $P_a$  et  $P_b$  aux niveaux des points a et b ?
  - En déduire une relation entre  $h_a$ ,  $h_b$ ,  $\rho_{eau}$  et  $\rho_{huile}$ .
- a. Calculer la hauteur  $h_b$  de liquide B à partir de son volume et du diamètre du tube.
  - En déduire  $h_a$  puis la valeur de  $\Delta h$ .
  - Quelle est la grandeur physique à l'origine de cette dénivellation ?

### 33 Rôle du gilet en plongée

Pour une plongée en mer, un plongeur s'équipe en surface ( $P_{atm} = 1,0 \text{ bar}$ ) d'un gilet d'une capacité de 6,0 L et d'une bouteille de 12 L d'air comprimé à 200 bar.

1. a. En surface, quel volume d'air à pression atmosphérique est nécessaire pour remplir la bouteille prévue pour la plongée ?

b. La masse volumique de l'air est-elle la même dans et à l'extérieur de la bouteille ? Justifier.

c. Le comportement des constituants microscopiques de l'air est-il le même dans et à l'extérieur de la bouteille ? Justifier.

2. Calculer la variation de pression subit par le plongeur lors d'une plongée à une profondeur de 15 m.

3. À 15 m de profondeur, le plongeur gonfle son gilet à l'aide de l'air contenu dans sa bouteille pour remonter plus facilement. Quel volume d'air sera prélevé dans la bouteille de plongée ?

Comparer au volume total de la bouteille.

#### JE VÉRIFIÉ QUE J'AI...

- correctement manipulé la loi de Mariotte ;
- utilisé des unités cohérentes.

### 34 Principe de la perfusion

**Données :**  $\rho_{eau \text{ glucosée}} = 1,03 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ;  $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ ;  $P_{atm} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ mm Hg}$

La perfusion consiste à introduire de façon lente et progressive par une veine une solution aqueuse dans l'organisme d'un patient. Pour ce faire et éviter tout retour sanguin, la pression de la solution au niveau du cathéter doit être au moins égale à la tension artérielle  $T$  du patient. La tension artérielle  $T$  correspond à la différence entre la pression sanguine et la pression atmosphérique.

Une poche de perfusion contenant une solution de réhydratation glucosée est placée à une hauteur  $h$  au-dessus du bras d'un patient dont la tension artérielle vaut  $T = 10,8 \text{ kPa}$ .

1. Écrire la relation de la statique des fluides liant la différence de pression entre les points A et B et la hauteur  $h$  de la perfusion.

2. a. Exprimer  $T$  en fonction de la pression sanguine  $P_s$  et de la pression atmosphérique  $P_{atm}$ .

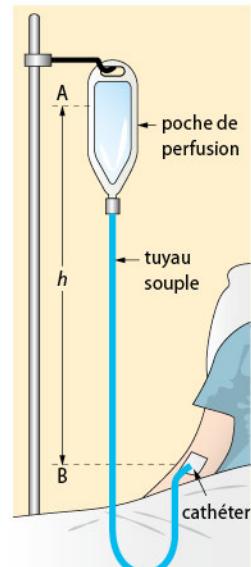
b. En déduire l'expression de la tension artérielle  $T$  en fonction de la hauteur  $h$  de la poche de perfusion.

3. Calculer la hauteur  $h$  minimale à laquelle doit être placée la poche de perfusion.

4. a. Quelle est la valeur de la pression sanguine  $P_s$  correspondant à la tension artérielle  $T = 10,8 \text{ kPa}$  ?

b. Quel phénomène peut se produire si la poche est placée à une hauteur  $h$  inférieure ? Justifier.

5. La mesure de la tension artérielle  $T$  s'exprime en cm de mercure Hg par deux valeurs (les tensions systolique et diastolique) séparées d'un point. Calculer la hauteur minimale  $h$  pour une tension artérielle de « 12.8 ». On prendra une valeur égale à la moyenne des tensions systolique et diastolique.



## 35 The suit of Baumgartner



On October 14, 2012, Felix Baumgartner made a jump of 39 km in altitude. Without his suit pressurized to  $6 \times 10^4$  Pa, his body fluids would have boiled because at this altitude the atmospheric pressure is only 300 Pa.

- Calculate the value of the pressing force  $F_1$  that models the action of air exerted on the outer wall visor of his helmet whose surface is  $S = 400 \text{ cm}^2$ .
- Calculate the value of the pressing force  $F_2$  that models the action of air exerted on the inside wall visor of his helmet.
- Represent on a diagram, regardless of scale, the  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$ . What can we conclude?

## 36 La capsule manométrique

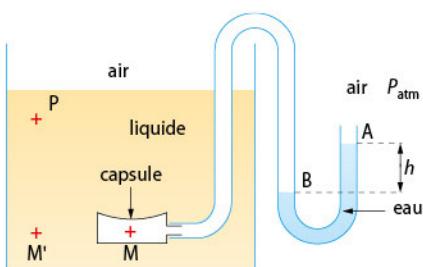
On dispose des trois liquides suivant :

Liquide	Eau $H_2O$	Alcool $C_2H_5O$	Glycérine $C_3H_8O_3$
$\rho$ (en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )	1 000	790	1 250

- Déterminer la densité de particules (le nombre de molécules par  $\text{m}^{-3}$ ) de chaque fluide.

On donne :  $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ;  $M(H) = 1,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;  $M(O) = 16,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;  $M(C) = 12,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

Une capsule manométrique est plongée dans un récipient contenant l'un de ces liquides.



La dénivellation dans le tube en U vaut  $h = 10 \text{ cm}$  lorsque la capsule est placée au point M situé à  $8,0 \text{ cm}$  sous la surface. La pression en B est celle qui règne également au point M.

- Déterminer la nature du liquide dans le récipient.

- On déplace la capsule au point M' puis au point P. La dénivellation  $h$  varie-t-elle ? Si oui, préciser son sens de variation.

### JE VÉRIFIE QUE J'AI...

- utilisé la définition de la masse volumique ;
- correctement manipulé la loi fondamentale de la statique des fluides.

## À L'ORAL

### 37 Obtenir de la pression au robinet

Préparer un exposé oral permettant d'expliquer les informations sur les documents ci-dessous.

« Au premier abord, on se dit qu'il y a sans doute une pompe (ou circulateur) qui met en permanence tout notre réseau d'eau intérieur sous pression. Vous aurez beau chercher cette pompe partout dans votre maison, vous ne la trouverez pas puisqu'elle n'existe pas ! La pression de l'eau du robinet provient en réalité de la différence d'altitude entre le château d'eau qui vous alimente en eau et votre maison. Il faut rappeler que 10 m de colonne d'eau sont équivalents à une pression de 1 bar. [...] Les robinets et autres éléments de tuyauterie fonctionnent de façon optimale pour une pression de 3 bar à la sortie. Si la pression est sensiblement supérieure ( $> 4$  bar), il sera mis en place un détendeur en tête des installations sanitaires pour limiter la pression. »

D'après <http://conseils-thermiques.org>



Cet exposé de quelques minutes devra expliquer :

- pourquoi « 10 m de colonne d'eau sont équivalents à une pression de 1 bar » ;
- quelle doit être la hauteur minimale du château d'eau pour alimenter de façon optimale tous les étages de l'immeuble (on supposera 1 étage = 3 mètres) ;
- à quels habitants recommandera-t-on l'installation de détendeurs.

Ce court exposé devra pouvoir être réalisé sans note écrite.

### 38 RETOUR SUR LA PAGE D'OUVERTURE

En octobre 2012, c'est un ballon gonflé avec  $4\,000 \text{ m}^3$  d'hélium qui a permis à Felix Baumgartner d'atteindre une altitude de 39 km. À cette altitude, le volume du ballon était 200 fois plus grand qu'à la surface de la Terre.



Préparer un exposé oral expliquant, tant au niveau macroscopique que microscopique, pourquoi le volume du ballon d'hélium a considérablement augmenté lors de son ascension dans l'atmosphère.

# Acquérir des compétences

## 39 Voyage à New York DÉMARCHES DIFFÉRENCIÉES

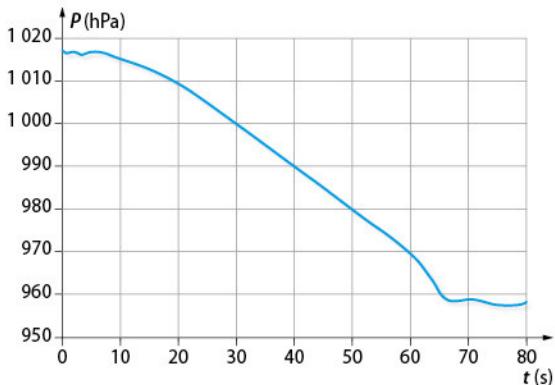
**RÉA** Mettre en œuvre les étapes d'une démarche

Lors d'un voyage à New York, un élève a enregistré avec son smartphone les variations de la pression au cours de sa montée par ascenseur jusqu'au sommet de l'un des plus hauts gratte-ciel de la ville.

### DOC 1 Loi fondamentale de la statique des fluides

Dans le cas d'un fluide compressible, comme l'air, la variation de la pression avec l'altitude n'est pas affine. Néanmoins, pour des variations d'altitude de quelques centaines de mètres, la loi fondamentale de la statique des fluides reste un modèle mathématique assez réaliste.

### DOC 2 Enregistrement effectué au cours de la visite



#### DONNÉES

- $T(\text{en K}) = T(\text{en } ^\circ\text{C}) + 273,15$  ;
- $M_O = 16,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  et  $M_N = 14,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

#### DÉMARCHE EXPERTE

Mettre en œuvre une stratégie pour déterminer quel a été le gratte-ciel visité.

#### DÉMARCHE AVANCÉE

1. a. Calculer la masse molaire de l'air en considérant qu'il est constitué à 80 % de diazote et à 20 % de dioxygène.
- b. En déduire la masse volumique de l'air le jour de la visite.
2. a. Utiliser la loi fondamentale de la statique des fluides pour calculer la différence d'altitude correspondant à la variation de pression mesurée.
- b. En déduire le gratte-ciel visité.

### DOC 3 Masse volumique de l'air

D'après la loi des gaz parfaits, la masse volumique de l'air peut s'écrire :

$$\rho = \frac{P \cdot M}{R \cdot T}$$

- $P$  est la pression de l'air (en Pa) ;
- $\rho$  la masse volumique (en  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ) ;
- $M$  la masse molaire (en  $\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ ) ;
- $R$  une constante égale à 8,314 USI ;
- $T$  la température (en K).

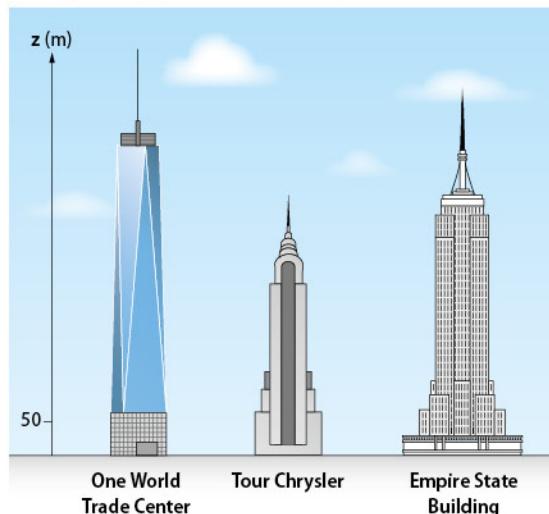
### DOC 4 Météo du jour de la visite



$T = 17^\circ\text{C}$

$P_{\text{atm}} = 1,017 \text{ bar}$

### DOC 5 Trois gratte-ciel new-yorkais



**40** Aviation et pression

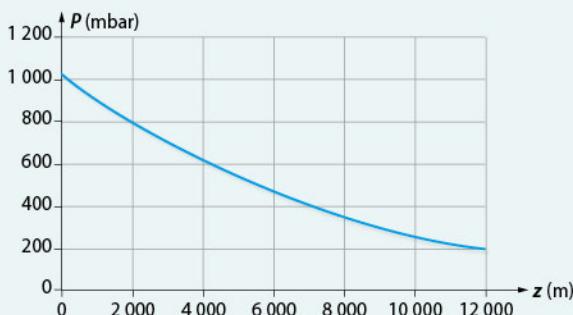
## RÉSOLUTION DE PROBLÈME

**COM** Présenter une démarche de manière argumentée, synthétique et cohérente

*Le règlement aéronautique impose une pressurisation des avions de transport public.*

**DOC 1** La pressurisation en aviation

Lorsqu'un avion vole, la pression diminue du fait de l'augmentation de l'altitude et de la diminution de la masse volumique de l'air. Les compagnies sont tenues de maintenir une pression dans la cabine au moins égale à la pression de l'air extérieur de l'avion à une altitude de 2 400 mètres.

**DOC 2** Pression et altitude**DONNÉES**

- 1 bar =  $10^5$  Pa. Pour un cylindre de rayon  $R$  et de longueur  $l$ :  $V = S \cdot l$  avec  $S = \pi R^2$ .

**QUESTIONS PRÉLIMINAIRES**

- Au sol, à quelles actions mécaniques exercées par l'air le hublot d'un avion est-il soumis ?
- Quelle doit être la valeur minimale de la pression de l'air à l'intérieur d'un avion en vol de croisière ?
- Quel volume occupe la quantité d'air enfermé dans l'avion pressurisé ?

**DOC 3** Caractéristiques de l'A320

Altitude maximale : 12,5 km  
Nombre de passagers maximal : 180  
Altitude en vol de croisière : 10 km  
Vitesse de croisière :  $950 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

**LE PROBLÈME À RÉSOUDRE**

**En vol de croisière, comment expliquer que la structure de l'avion est soumise à des contraintes mécaniques particulièrement importantes ?**

**41** Mesurer une altitude avec son smartphone

## DÉMARCHE EXPÉRIMENTALE

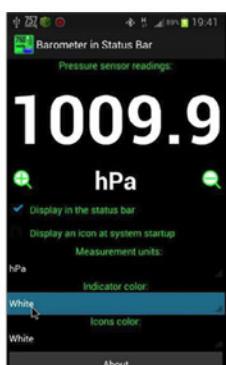
ECE

**RÉA** Utiliser un modèle**DONNÉE**

- La masse volumique de l'air est voisine de  $1,3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .

- De nombreuses applications utilisant les capteurs intégrés aux smartphones permettent de réaliser des mesures de grandeurs comme, par exemple, la pression atmosphérique. (**FICHES PRATIQUES** p. 376 et 392)

Proposer un protocole expérimental pour déterminer une valeur approchée de la hauteur d'un étage du lycée. Exprimer le résultat de la mesure et l'incertitude-type associée. (**FICHE PRATIQUE** p. 399)



- Voici le tableau des pressions mesurées par les élèves au rez-de-chaussée et au 3<sup>e</sup> étage d'un lycée.

Groupe élèves	P <sub>initiale</sub>	P <sub>finale</sub>	Groupe élèves	P <sub>initiale</sub>	P <sub>finale</sub>
1	979,0	980,1	5	990,1	989,0
2	985,0	986,2	6	972,1	971,0
3	982,0	983,1	7	990,1	989,0
4	991,0	992,2	8	981,1	980,0

- Déduire des valeurs du tableau le sens de déplacement des groupes d'élèves lors de leurs prises de mesures.
- Dans un tableur, quelle relation permettrait d'effectuer un calcul automatique de la hauteur  $h$  d'un étage ?
- Réaliser un traitement statistique des mesures pour déterminer un encadrement de la hauteur  $h$  d'un étage.

# DES PISTES POUR L'ORAL TERMINAL

Un projet sur les effets physiologiques de la pression et leurs conséquences (barotraumatismes, narcose, etc.) permet de réinvestir des notions diverses de physique (loi de Mariotte, loi de la statique des fluides, etc.) mais aussi de mathématiques ou de SVT.

## UNE SITUATION À L'ORIGINE DE MON PROJET

Le 10 septembre 2015, lors d'une tentative de record du monde d'apnée, le champion français Guillaume Nery descend par accident à - 139 mètres de profondeur. Victime d'une syncope et un œdème pulmonaire lors de sa remontée, il sera placé sous oxygénothérapie, et s'en remettra tout de même sans séquelle.



## DES DOCUMENTS POUR M'AIDER À L'ORIENTER

### Dissolution d'un gaz dans un liquide

À température constante, la quantité maximale de gaz dissous dans un volume donné de liquide augmente avec la pression de ce gaz au-dessus du liquide. Ce comportement des fluides est modélisé par la loi de Henry :

$$C = K \cdot P$$

où :

- $P$  est la pression du gaz situé au-dessus du liquide en bar ;
- $C$  est la concentration molaire en gaz dissous en  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  ;
- $K$  est la constante de Henry en  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{bar}^{-1}$ . Elle dépend de la température, de la nature du gaz et du liquide.

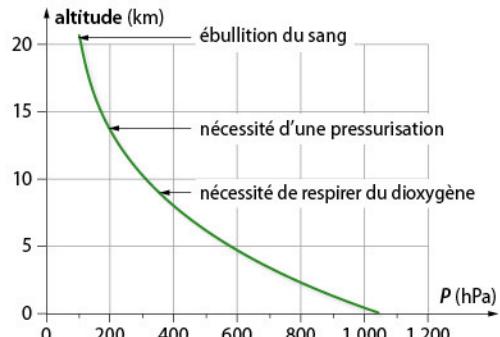
Dans le cas du dioxyde de carbone dans l'eau à 20 °C :

$$K = 3,4 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{bar}^{-1}$$



### Pression atmosphérique et altitude

L'air se raréfie avec l'altitude. Lors d'une ascension, la diminution de la pression atmosphérique est telle que l'organisme peut être soumis à rude épreuve.



## DES PISTES DE RECHERCHE À EXPLORER

### Pression et altitude

Oxygénation

Effet sur les tympans

### Projet sur les effets physiologiques de la pression

Matériels et équipements

Effet sur les gaz et liquides corporels

### Pression et plongée

Prévention et sécurité

Traitement des symptômes

## Le vocabulaire scientifique à utiliser

- pression
- volume
- force pressante

- loi de Mariotte
- loi fondamentale de la statique des fluides