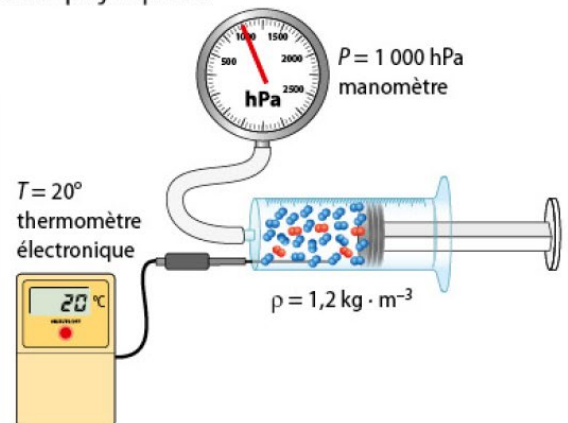


1 Grandeurs de description d'un fluide

- 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 :

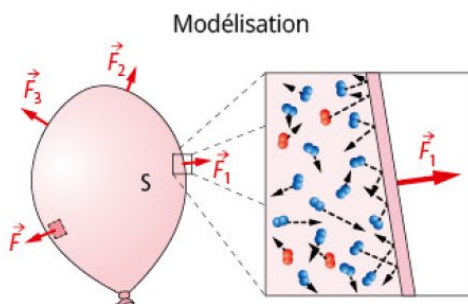
	Masse volumique	Température	Pression
Unités et symboles à l'échelle macroscopique	ρ en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	T en $^{\circ}\text{C}$ ou en K (Kelvin)	P en Pa
À l'échelle microscopique, la grandeur traduit :	l'état de dispersion des particules c'est-à-dire leur nombre par unité de volume.	l'état 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** :

$$F = P \cdot S$$
 où :
 - F : valeur de la force pressante (en N)
 - P : valeur de la pression (en Pa)
 - S : aire de la surface (en m^2)



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 :

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

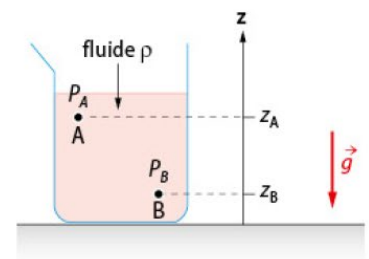
0 m	$V = 4,0 \text{ L}$	$P \cdot V = 4,0 \text{ bar} \cdot \text{L}$
1,0 bar		
10 m	$V = 2,0 \text{ L}$	$P \cdot V = 4,0 \text{ bar} \cdot \text{L}$
2,0 bar		
20 m	$V = 1,33 \text{ L}$	$P \cdot V = 4,0 \text{ bar} \cdot \text{L}$
3,0 bar		

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)

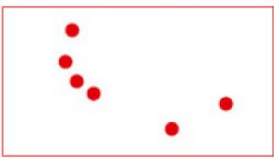
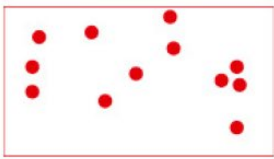
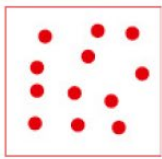
$$P_B - P_A = \rho \cdot g \cdot (z_A - z_B)$$
 où :
 - $P_B - P_A$: pressions en pascal (en Pa)
 - ρ : masse volumique du fluide (en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)
 - g : intensité de pesanteur
 - $z_A - z_B$: altitudes (en m)



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.

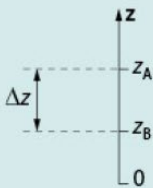
2 Force pressante

	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

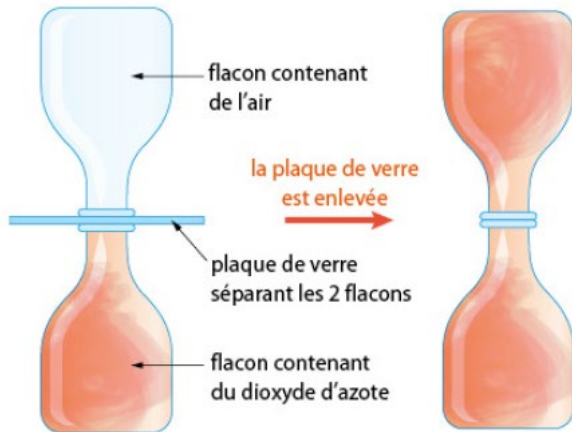
	A	B	C
5 Une quantité donnée de gaz occupe un volume $V = 5,0 \text{ L}$ à la pression $P = 1,0 \text{ bar}$. Si la pression est doublée, alors le volume de cette quantité de gaz :	reste toujours égal à $5,0 \text{ L}$.	vaut 10 L .	vaut $2,5 \text{ L}$.

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 $\Delta P = 3,5 \times 10^4 \text{ Pa}$.

11 Diffusion du dioxyde d'azote

Le dioxyde d'azote 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.
- Que peut-on dire du nombre de molécules de dioxyde d'azote lors de l'expérience ?
 - La masse volumique du gaz roux change-t-elle lors de l'expérience ? Si oui, dans quel sens ?

13 Densité moléculaire

Le diazote N_2 (g) est le principal constituant de l'air.

Données :

Densités moléculaires :

$N_1 = 1,7 \times 10^{28} \text{ m}^{-3}$;

$N_2 = 3,3 \times 10^{28} \text{ m}^{-3}$;

$N_3 = 2,6 \times 10^{25} \text{ m}^{-3}$.

Fluide	Masse volumique ρ (en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)
N_2 (g)	1,2
N_2 (l)	808
H_2O (l)	1 000

- En utilisant le modèle microscopique des fluides, expliquer la différence de masse volumique constatée entre le diazote gazeux et le diazote liquide ?
- Quelle densité moléculaire N est celle du diazote gazeux ? Justifier.
 - 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).

DONNÉES

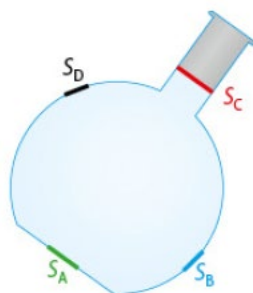
► 1 bar = 10^5 Pa ; $P_{\text{atm}} = 1,013 \times 10^5$ Pa

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.

- Quelle est l'origine microscopique de cette action ?

- 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 .



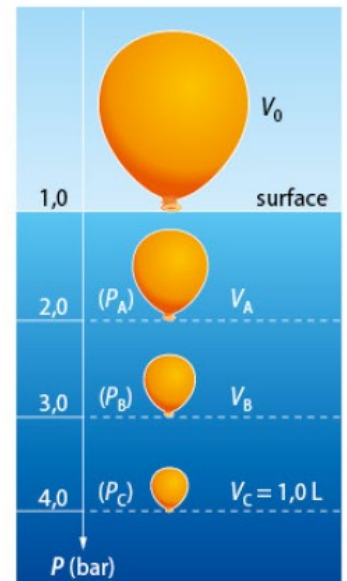
15 Calcul de force pressante

- 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.
- 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.
- Au sol, la plus haute pression atmosphérique a été mesurée le 31 décembre 1968 en Sibérie : $P_{\text{atm}} = 1\,083,8$ 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 $1,5 \text{ m}^2$.

17 Variation de volume en plongée

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

- 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 ?
 - En déduire le volume V_A de l'air dans le ballon à la pression P_A .
- D'après la loi de Mariotte, quelle relation peut-on écrire entre les grandeurs V_C , P_C , V_B et P_B ?
 - En déduire le volume V_B de l'air dans le ballon.
- En surface, à pression atmosphérique, l'air enfermé dans un ballon occupe un volume V_0 . Calculer sa valeur.
- Expliquer pourquoi il est très dangereux pour un plongeur de remonter vers la surface en bloquant sa respiration.



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.

DONNÉES

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

20 Utiliser la loi de la statique des fluides

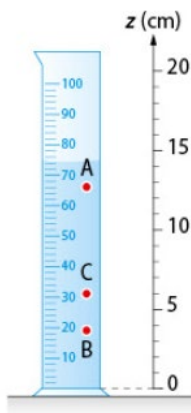
Une éprouvette graduée de 100 mL est remplie d'eau.

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.

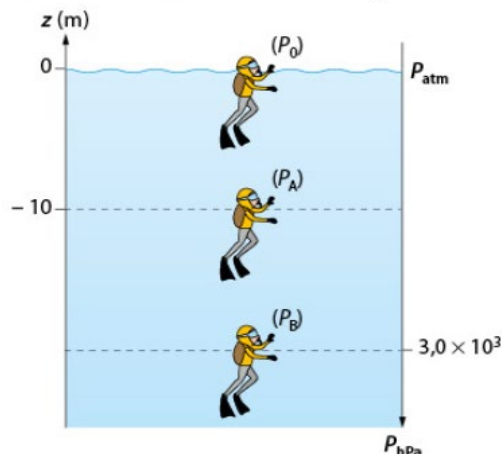
b. En déduire la valeur de la différence de pression ($P_B - P_A$) entre A et B.

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



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_{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 $P_B = 3,0 \times 10^3 \text{ hPa}$.

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 :

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

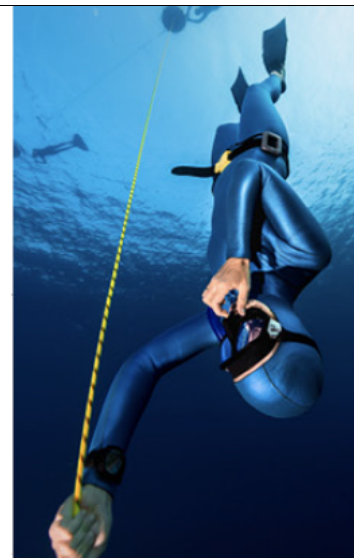
Données : En surface $z = 0 \text{ m}$ et $P_{\text{atm}} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$. Lors de la descente, la pression de l'air dans les poumons d'un plongeur est égale à la pression de l'eau à l'extérieur. Le volume V d'une sphère de rayon R est : $V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3$. $\rho_{\text{eau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

1. 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.

2. On veut déterminer la profondeur à laquelle le volume occupé par l'air dans les poumons du plongeur a la taille d'une orange.

a. Estimer en litre le volume moyen d'une orange (de 10 cm de diamètre).

b. En déduire la profondeur évoquée.



28 Les limites de la plongée

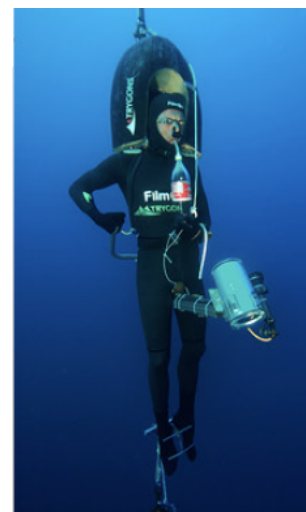
Depuis 2012, le record du monde d'apnée *No Limit* est détenu par H. Nitsch, surnommé *The flying fish*, avec une profondeur de 253 m. Il subit à la profondeur maximale une pression 25 fois supérieure à celle de la surface.

Données : $P_{\text{atm}} = 1,013 \text{ hPa}$; $1,0 \text{ bar} = 1,0 \times 10^5 \text{ Pa}$; $\rho_{\text{eau de mer}} = 1,03 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$; $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$; 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.



Principe de la perfusion

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

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} .

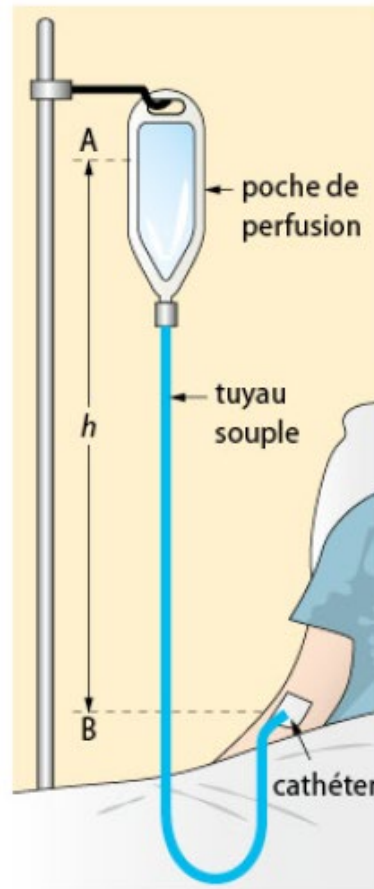
b. En déduire l'expression de la tension artérielle T en fonction de la hauteur h de la poche de perfusion.

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 $T = 10,8 \text{ kPa}$?

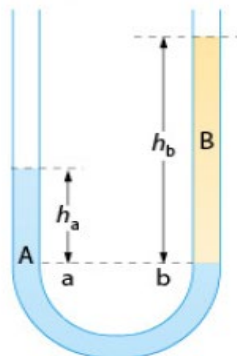
b. Quel phénomène peut se produire si la poche est placée à une hauteur h inférieure ? Justifier.

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.



Mélange de deux liquides

On verse dans un tube en U un volume V identique de deux liquides A et B non miscibles de masses volumiques ρ_A et ρ_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 EXPERTE

Proposer une méthode pour déterminer la valeur de la dénivellation Δh 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 , ρ_{eau} et ρ_{huile} . En déduire la valeur de Δh et préciser la grandeur physique qui est à l'origine de cette dénivellation.

DÉMARCHE ÉLÉMENTAIRE

1. Quelle est la valeur de la pression au niveau de la surface de chaque liquide ?
2. Écrire la loi fondamentale de la statique des fluides appliquée à la hauteur :
 - a. h_a du liquide A ;
 - b. h_b du liquide B.
3.
 - a. Que peut-on dire des valeurs de pression P_a et P_b aux niveaux des points a et b ?
 - b. En déduire une relation entre h_a , h_b , ρ_{eau} et ρ_{huile} .
4.
 - a. Calculer la hauteur h_b de liquide B à partir de son volume et du diamètre du tube.
 - b. En déduire h_a puis la valeur de Δh .
 - c. Quelle est la grandeur physique à l'origine de cette dénivellation ?