

## Loi de Boyle Mariotte

- Enoncé de la loi :  
Lors d'une transformation à température constante, la pression d'un gaz constitué d'une certaine quantité matière varie inversement proportionnellement avec le volume qu'occupe ce gaz.
- Expression mathématique :

Rq :  $k$  dépend de la température et de la quantité de matière. Ce n'est donc pas une constante universelle, mais une constante qui dépend des conditions de l'expérience.

- Applications :

### Exercice 1 :

À 20 m de profondeur, la pression vaut  $P_1 = 3,0$  bar. Un plongeur expire une bulle d'air de volume  $V_1 = 25$  mL.  
Exprimer et calculer le volume  $V_2$  occupé par l'air de la bulle à la surface où la pression est  $P_2 = 1,0$  bar.

### Exercice 2 :

En pâtisserie, un siphon permet de réaliser des crèmes chantilly bien aérées. Les cartouches de gaz d'un tel siphon contiennent 8,0 g de protoxyde d'azote  $N_2O$ . Cette masse correspond à un volume  $V_1 = 4,4$  L de gaz quand la pression atmosphérique est  $P_1 = 1,0$  bar et la température  $\theta_1 = 20$  °C. La notice de la cartouche indique que la pression à l'intérieur de la cartouche est  $P_2 = 72$  bar.

1. Calculer la masse volumique  $\rho$  du protoxyde d'azote à la pression  $P_1$  et à la température  $\theta_1$ .
2. Exprimer et calculer le volume  $V_2$  occupé par 8 g de protoxyde d'azote gazeux  $N_2O$  à la température  $\theta_1 = 20$  °C et à la pression à l'intérieur de la cartouche  $P_2 = 72$  bar.
3. Exprimer et calculer la capacité, c'est-à-dire le volume, de la cartouche, noté  $V_c$ , si le siphon est assimilé à un cylindre de hauteur  $h = 6,5$  cm et de diamètre  $D = 1,8$  cm.
4. Relever l'incohérence de ces deux résultats et proposer une explication.



## Loi de la statique des fluides

- La pression mesurée en un point d'un fluide incompressible (=liquide) dépend de la profondeur du point et la masse volumique du liquide

La loi de la statique des fluides relie les pressions entre 2 points d'un liquide à des profondeurs différentes.

- Expression de la loi de la statique des fluides en fonction des altitudes :

Lorsque  $P_B > P_A$  (et donc  $z_B < z_A$ ) :

$$P_B - P_A = \rho_{huile} \cdot g \cdot (z_A - z_B)$$

Démonstration :

On considère une colonne de section  $S$  contenant un liquide de masse volumique  $\rho$ . Soit A et B deux points du liquide aux altitudes respectives  $z_A$  et  $z_B$ . Soit  $P_A$  la pression en A et  $P_B$  en B.

La pression en un point du liquide résulte de la force pressante exercée par la matière située au-dessus de ce point.

Force pressante  $F_0$  qui agit à la surface du liquide :

Force pressante exercée sur la surface  $S_A$

Pression en A :

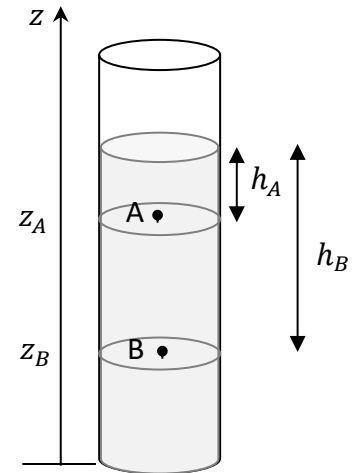
Pression en B :

Différence de pression  $P_B - P_A$  :

- Applications :

- Montrer que lorsqu'on plonge dans l'eau, on peut faire l'approximation suivante : chaque fois qu'on descend de 10m, la pression augmente de 1bar.

Données :  $1\text{bar} = 10^5 \text{ Pa}$        $\rho_{eau} = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$        $g \approx 10 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$



## 2. Plongée

Un plongeur remonte de 2,5 m de profondeur à la surface alors que ses poumons contiennent un volume  $V = 4,0$  L d'air, pour une contenance maximale  $V_{\max} = 5,0$  L. La pression atmosphérique vaut  $P_0 = 1,0$  bar.

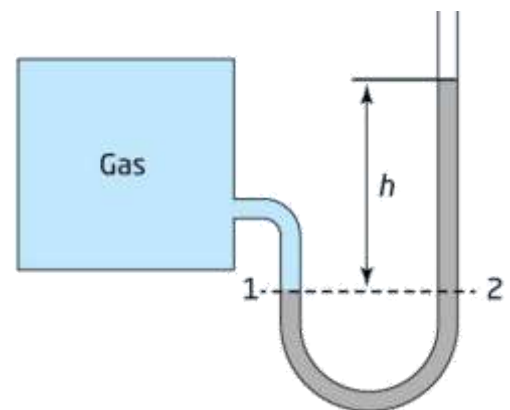
- Exprimer puis calculer la pression  $P$  à la profondeur  $h = 2,5$  m.
- Estimer les risques encourus par le plongeur s'il remonte sans expirer.

## 3. Les manomètres à colonne de liquide consistent en une colonne verticale de liquide piégée dans un tube dont les extrémités sont soumises à deux pressions différentes.

Soit un liquide incompressible de masse volumique  $\rho$ , est placé dans un tube en U. On relie un côté du tube en U à une enceinte fermée contenant un gaz à la pression  $P_1$ , l'autre côté du tube est ouvert à l'air dont la pression est notée  $P_0$ .

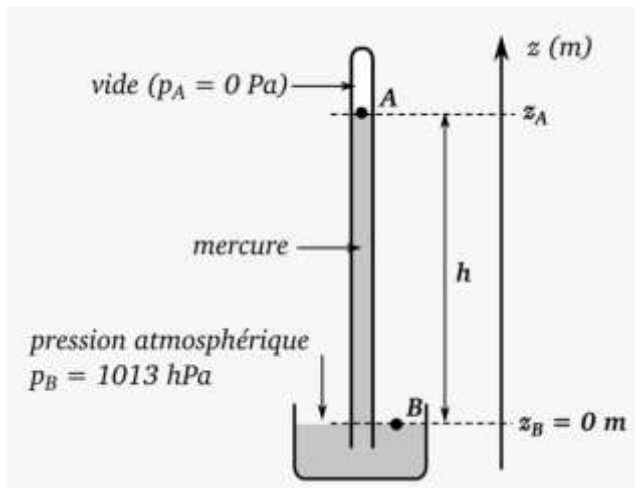
La section du tube est  $S$ .

- Préciser la valeur de  $h$  si  $P_1 = P_0$ .
- Dessiner les forces pressantes qui s'exercent en 1 et 2 sur la partie du liquide située dans le tube en U. Donner la relation qui existe entre ces deux forces. En déduire la relation entre les pressions  $P_1$  et  $P_2$  en ces points.
- Exprimer la pression au point 2 du liquide.
- Etablir l'expression de  $P_1$  en fonction de  $P_0$ ,  $\rho$ ,  $g$ , et  $h$ .



## 4. Le baromètre de Toricelli :

Un baromètre est un appareil qui permet de mesurer la pression atmosphérique. Torricelli mis au point en 1643 un baromètre qui contenait une colonne de mercure.



- Calculer l'altitude  $z_A$  du point A lorsque la pression atmosphérique est normale ( $p_B = 1013$  hPa), sachant que la masse volumique du mercure a pour valeur  $\rho = 13500$  kg.m<sup>-3</sup>. En déduire la valeur de  $h$ .
- Est-il commode de réaliser un baromètre similaire en remplaçant le mercure par de l'eau dont la masse volumique est  $\rho = 1000$  kg.m<sup>-3</sup> ? Justifier votre réponse.

c. Interpréter l'expérience photographiée ci-dessous :



5. Château d'eau :

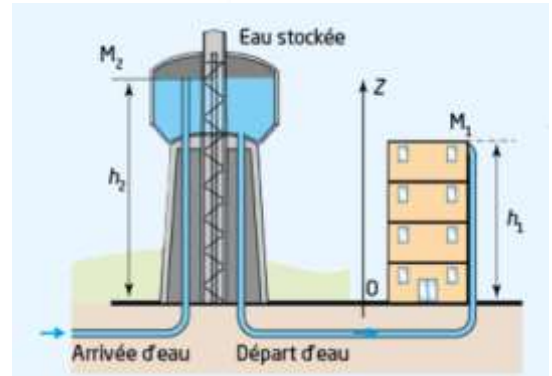
Pour assurer une distribution correcte de l'eau courante, la surpression  $P_1 - P_2$  au niveau d'un robinet fermé doit être de 3,0 bar.

Lors de la construction d'un écoquartier sur un terrain plat, on souhaite fabriquer un château d'eau de hauteur  $h_2$  permettant d'assurer la distribution à un immeuble dont le dernier étage se situe à une hauteur  $h_1 = 10$  m.

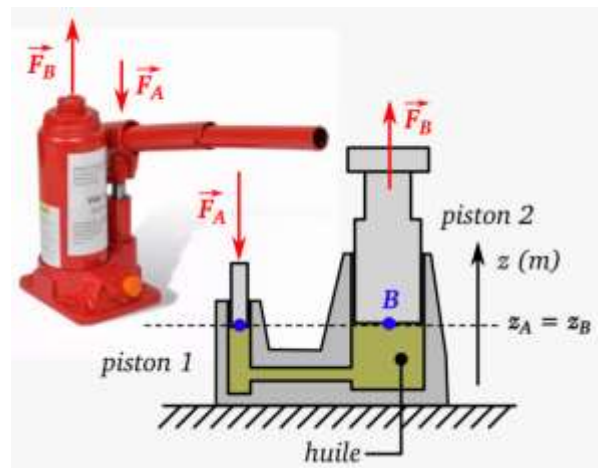
1. Réaliser un schéma de la situation mettant en évidence les hauteurs  $h_1$  et  $h_2$ .

2. Exprimer et calculer la hauteur minimale  $h_2$  du château d'eau permettant d'assurer une distribution correcte d'eau courante au dernier étage de l'immeuble.

Donnée : pression atmosphérique :  $P_2 = P_{atm} = 1,0 \text{ bar} = 1,0 \times 10^5 \text{ Pa}$ .



6. Un cric hydraulique est un dispositif qui permet de soulever une charge lourde (piston 2) en actionnant une pompe à main. Une force de norme  $F_A = 100 \text{ N}$  est exercée sur le piston 1 dont le diamètre est de 8,0 mm. Le piston 2 a un diamètre de 120 mm. La masse volumique de l'huile hydraulique est  $\rho_{huile} = 800 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .



- Déterminer la pression de l'huile au point A.
- Déterminer la pression de l'huile au point B, et justifier votre réponse.
- En déduire la norme de la force  $F_B$  et expliquer l'intérêt du dispositif.

7. La pression artérielle est la différence entre la pression que le sang exerce sur les parois des artères et la pression atmosphérique. Elle s'exprime en «cm de mercure» :  $1 \text{ cm Hg} = 1333 \text{ Pa}$ . La pression systolique (autour de 12 cm Hg) correspond à la contraction des ventricules et la pression diastolique (autour de 7 cm Hg) correspond au relâchement du cœur. La masse volumique d'un liquide en perfusion est voisine de celle du sang :  $\rho_{sang} = 1060 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ . Déterminer à quelle hauteur minimale h on doit placer la poche de liquide à perfuser sur un patient dont la pression systolique est de 14 cm Hg

