CHAPITRE 12

Description d'un fluide au repos

EXERCICES

Données

- Masse volumique de l'air à pression atmosphérique : $\rho_{air} = 1{,}22\ kg{\cdot}m^{-3}$;
- Masse volumique de l'eau : $\rho_{eau} = 1000\ kg{\cdot}m^{-3}$;
- Intensité de la pesanteur à la surface de la Terre : $g = 9{,}81\ N{\cdot}kg^{-1}$;
- Pression atmosphérique : $P_0 = 101325\ Pa$.

1. Pression et force pressante

1. La pression est définie par :

C. $P = \dfrac{F}{S}$

2. L'unité SI de pression est le pascal, ce qui est équivalent à :

C. un newton par mètre carré.

3. La pression augmente forcément :

B. quand la surface de la paroi est constante et que la force pressante sur celle-ci augmente.

2. Modèle microscopique des fluides

1. La pression dans un seringue de volume fixe :

A. augmente si le nombre de molécules augmente.

2. Si la température d'un gaz diminue :

C. le nombre de chocs sur les parois diminue ou le volume diminue.

3. Les forces d'interactions entre les molécules d'eau liquide :

A. sont plus fortes que celles entre les molécules de vapeur d'eau.

3. La relation fondamentale de la statique des fluides

1. La différence de pression entre deux points d'un liquide est :

A. proportionnelle à la différence de hauteur.

2. La masse volumique d'un liquide incompressible :

C. ne varie pas avec la pression.

3. Si la masse volumique d'un liquide augmente :

B. la pression augmente dans tout le liquide.

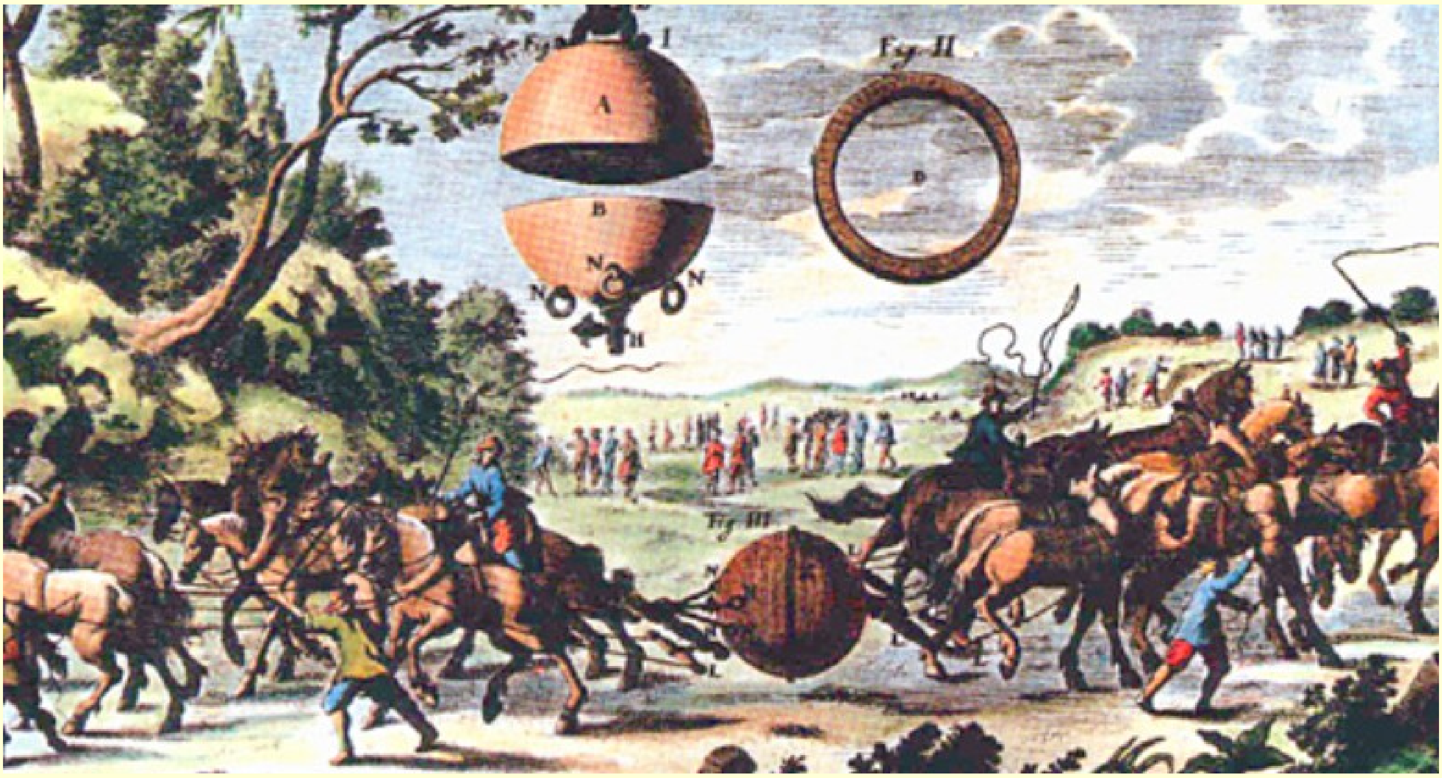
14. Calculer une pression à l’aide de la relation fondamentale de l’hydrostatique

◆ Il s’agit d’établir la relation fondamentale de l’hydrostatique entre un point A, à la surface de la piscine, et un point B, au fond de la piscine. En A, $P_{\mathrm{A}} = P_0$. La relation fondamentale de l’hydrostatique indique que $P_{\mathrm{A}} - P_{\mathrm{B}} = \rho_{\mathrm{eau}} \cdot g \cdot (z_{\mathrm{B}} - z_{\mathrm{A}})$ donc $P_{\mathrm{B}} = P_{\mathrm{A}} - \rho_{\mathrm{eau}} \cdot g \cdot (z_{\mathrm{B}} - z_{\mathrm{A}}) = 101\ 325 - 1\ 000 \times 9{,}81 \times (0-4) = 1,4 \times 10^5\ \mathrm{Pa}$.

20. Sphère de Magdebourg

1. Une fois le vide fait, la pression dans la sphère est essentiellement nulle, les forces pressantes de l'intérieur vers l'extérieur de la sphère sont alors inexistantes. En revanche, la pression de l’air à l'extérieur de la sphère est inchangé et exerce une force pressante de l'extérieur vers l'intérieur de la sphère. Il faudrait une force supérieure à cette force pressante pour détacher les hémisphères.

2. On calcule la surface *S* d’un disque de rayon *R* : $S = \pi \cdot R^2 = \pi \times (28 \times 10^{-2})^2 = 2,5 \times 10^{-1} \mathrm{m}^2$. La force pressante *F* se calcule tel que $F = P_0 \cdot S$ soit $F = 101\ 325 \times 2{,}5 \times 10^{-1} = 25 \times 10^3\ \mathrm{N}$.
La force à exercer pour séparer les hémisphères doit être supérieure à 25 000 N.



24. Respirer au sommet

1. Entre le niveau de la mer ($h_0 = 0\ \mathrm{m}$ et $P = P_0$) et le sommet ($h_s = 4\ 810 \mathrm{m}$ et $P = P_{\mathrm{sommet}}$) la relation fondamentale de la statique des fluides s’écrit : $P_0 - P_{\mathrm{sommet}} = \rho_{\mathrm{air}} \cdot g \cdot (h_{\mathrm{s}} - h_0)$ alors

$$P_{\mathrm{sommet}} = P_0 - \rho_{\mathrm{air}} \cdot g \cdot h_s = 101\ 325 - (1{,}22 \times 9{,}81 \times 4\ 810) = 4{,}38 \times 10^4\ \mathrm{Pa}$$

soit 438 hPa.

2. Le résultat obtenu par le calcul est sensiblement différent des mesures (554,6 hPa). Cela s'explique par le fait que la relation fondamentale de la statique s'applique pour un fluide incompressible, ce qui n'est pas le cas de l'air : ρ_{air} varie avec l'altitude.
Par ailleurs, l'intensité de pesanteur *g* varie légèrement avec l'altitude bien que cette variation reste faible et ne peut expliquer cet écart.

25. Attention à la remontée !

1. Si la pression du nitrox est plus faible que celle de l'eau, la force pressante de l'eau sur la cage thoracique est supérieure à la force pressante de l'air dans les poumons. Le plongeur risque alors d'avoir une cage thoracique trop compressée pour respirer.

2. À 5 m de profondeur, $V_1 = 5{,}0\ \mathrm{L}$ de gaz subit une pression $P(5\ \mathrm{m}) = 1{,}5\ \mathrm{bar}$. La loi de Boyle-Mariotte implique que $P(5\ \mathrm{m}) \cdot V_1 = P(0\ \mathrm{m}) \cdot V_0$ donc le volume V_0 occupé à la surface est tel que : $V_0 = V_1 \cdot \dfrac{P(5\ \mathrm{m})}{P(0\ \mathrm{m})}$.
La pression atmosphérique moyenne vaut 101 325 Pa soit 1,01325 Bar.
Numériquement, $V_0 = 5{,}0 \cdot \dfrac{1{,}5}{1{,}01325} = 7{,}4\ \mathrm{L}$.
Le gaz respiré à 5m de profondeur occuperait 7,4 L à la surface.

3. Si le plongeur retient sa respiration lors des 5 derniers mètres de sa remontée, le gaz emprisonné dans ses poumons ayant initialement une pression supérieure à celle de l'atmosphère, il occuperait un volume plus grand lors de la remontée, ce qui endommagerait les poumons qui risquent de trop se dilater.

30. Le tonneau de Pascal

1. On applique le principe fondamental de l'hydrostatique entre le sommet du tube (B) et le bas du tube (A).
Selon le principe fondamental de l'hydrostatique : $P_\mathrm{A} - P_\mathrm{B} = \rho \cdot g \cdot (z_\mathrm{B} - z_\mathrm{A})$ donc $P_\mathrm{A} = P_\mathrm{B} + \rho \cdot g \cdot (z_\mathrm{B} - z_\mathrm{A})$.
Numériquement : $P_\mathrm{A} = 101\ 325 + 1\ 000 \times 9{,}81 \times 10 = 1,99 \times 10^5\ \mathrm{Pa}$. Le liquide dans le tonneau est soumis au minimum à une pression de $1,99 \times 10^5\ \mathrm{Pa}$.

2. Le sommet du tonneau subit une surpression de 98 000 Pa environ. $9{,}8 \times 10^4\ \mathrm{Pa} > 5 \times 10^4\ \mathrm{Pa}$: la surpression est supérieure à ce que le tonneau peut supporter. Il cède donc à cause de la pression de la colonne d'eau dans le tube.

3. Ni la masse ni le volume d'eau dans le tube n'interviennent dans les calculs : la pression dépend de *g*, de ρ, et de la hauteur *h* du tube. Ainsi, quel que soit le diamètre du tube, le tonneau cédera.
Le volume d'un cylindre de diamètre *r* et de hauteur *h* est donnée par la formule :$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$. Donc $r = \sqrt{\dfrac{V}{\pi \cdot h}}$ soit $r = \sqrt{\dfrac{10^{-3}}{\pi \cdot 10}} = 5,6 \times 10^{-3}\ \mathrm{m}$.
Le tube a donc un diamètre de 1,1 cm. On peut ainsi faire céder le tonneau avec un seul litre d'eau dans cette situation.