

Pression dans un fluide en équilibre

Ce qu'il faut savoir sur...

1 la définition de la pression

1.1 La définition de la pression

La pression est la grandeur physique qui traduit l'effet de déformation d'une force pressante, s'exerçant uniformément sur une surface pressée (fig. 1).

La pression exercée par une force \vec{F} , agissant perpendiculairement et uniformément sur une surface S , est égale au quotient de l'intensité F de la force pressante par l'aire S de la surface pressée.

$$P = \frac{F}{S}$$

Unités de pression.

Le pascal (symbole Pa) est l'unité légale de pression : c'est la pression que subit une surface de 1 m^2 soumise à une force d'intensité 1 N perpendiculaire et uniformément répartie à la surface. $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N.m}^{-2}$

Le bar est un multiple du pascal : $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$. Le millibar : $1 \text{ mbar} = 10^{-3} \text{ bar} = 100 \text{ Pa} = 1 \text{ hPa}$.

||| L'unité légale de pression est le pascal (Pa) : $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N.m}^{-2}$

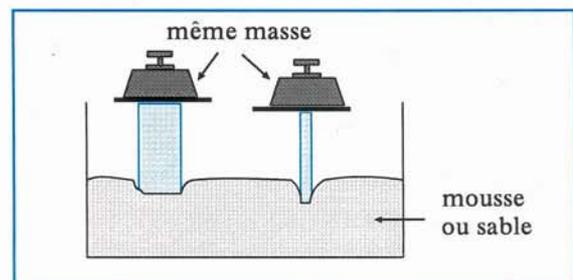


Fig.1. La déformation de la mousse augmente quand la surface pressée diminue, pour une même force appliquée.

2 l'existence des forces pressantes dans les liquides

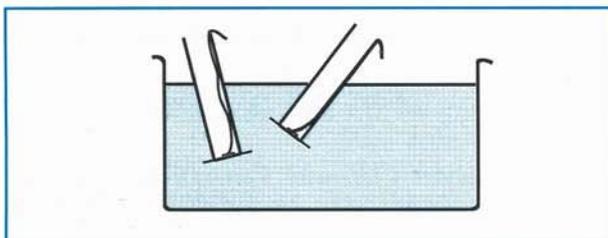


Fig. 2. L'obturateur reste appliqué contre le tube grâce à l'action d'une force pressante exercée par l'eau.

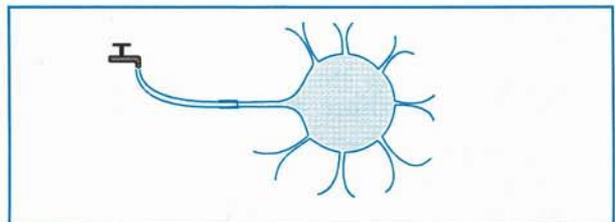


Fig. 3. La direction des jets d'eau montre la direction d'action des forces pressantes : elle est normale à la surface.

||| Un liquide exerce sur tout élément de surface immergée une force pressante perpendiculaire à cette surface.

3 La mise en évidence et la mesure de la pression dans un liquide

a) La capsule manométrique permet de définir et de mesurer la pression en un point d'un liquide en équilibre (voir Techniques expérimentales page 30).

Quelle que soit l'orientation de la capsule autour du point A considéré, la dénivellation h dans le tube en U ne change pas (fig. 4).

La pression en A, au sein du liquide, est définie par la pression s'exerçant sur le centre de la membrane de la capsule.

b) La mesure de la pression au sein d'un liquide peut être réalisée à l'aide de capteurs qui équipent les manomètres (voir techniques expérimentales).

La dénivellation h dans le tube en U de la capsule manométrique caractérise la pression subie par la membrane.

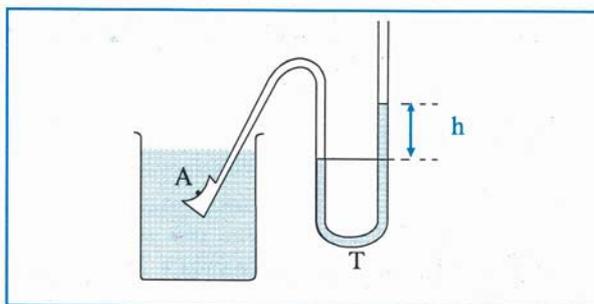


Fig. 4. La dénivellation h est indépendante de l'orientation de la capsule autour de A.

4 La pression dans les gaz et la pression atmosphérique

a) Dans les gaz, les molécules ont des mouvements d'agitation désordonnée dans toutes les directions. Elles exercent sur toute surface en contact des forces pressantes.

b) L'expérience du « crève-vessie » met en évidence l'existence des forces pressantes exercées par l'atmosphère (fig. 5). Quand on fait le vide, la pression atmosphérique ne s'exerce plus que sur l'une des faces de la membrane élastique. Sous l'action des forces pressantes résultantes, elle se déforme jusqu'à l'éclatement.

c) La pression atmosphérique est mesurée avec des baromètres (fig. 6).

Sa valeur au niveau de la mer est de l'ordre de 1 bar. Sa valeur normale est de 101325 Pa, soit 1013 mbar ou 1013 hPa.

La pression atmosphérique s'exerce sur toute surface en contact avec l'air.

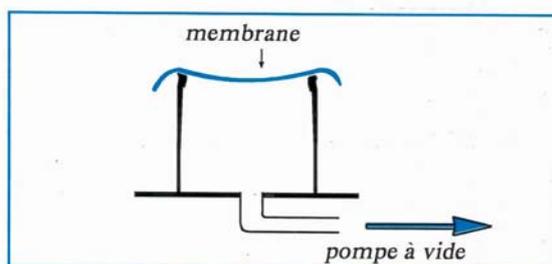


Fig. 5. Crève-vessie.

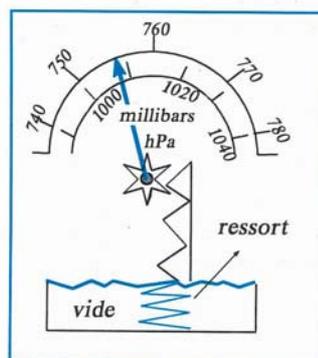


Fig. 6. Baromètre à capsule anéroïde. La capsule étant vide d'air, la pression atmosphérique ne s'exerce que sur la face externe de la membrane.

Tests

Vérifiez vos connaissances sur...

1 la définition de la pression

Quelles sont les relations qui définissent la pression exercée par une force \vec{F} sur une surface S ?

- a) $p = F \cdot S$; b) $p = F / S^2$; c) $p = S / F$;
d) $p = F / S$; e) $p = F \cdot S^2$.

2 le calcul d'une pression

Calculez la pression exercée sur le sol par une personne de masse 70 kg et portant des chaussures dont chaque semelle a une surface de 240 cm² en contact avec le sol.

3 les facteurs dont dépend la pression

Quelle est l'affirmation correcte dans les expressions suivantes.

a) Si la force pressante s'exerçant sur une surface est multipliée par 2 :

1. la pression est inchangée;
2. la pression est multipliée par 2;
3. la pression est divisée par 2;
4. la pression est divisée par 4.

b) Si la surface pressée est multipliée par 3 :

1. la pression est multipliée par 3;
2. la pression est divisée par 3;
3. la pression est divisée par 9;
4. la pression est multipliée par 9.

4 les unités de pression

Complétez les égalités suivantes :

- a) $1 \text{ Pa} = \dots \text{ N} \cdot \text{m}^{-2} = \dots \text{ N} \cdot \text{cm}^{-2}$;
b) $10 \text{ N} \cdot \text{cm}^{-2} = \dots \text{ Pa} = \dots \text{ bar}$;
c) $1013 \text{ mb} = \dots \text{ bar} = \dots \text{ hPa}$;

5 le calcul d'une force pressante

La pression de l'eau à l'ouverture d'un tuyau est de 4 bars. Sachant que la section intérieure du tuyau est de 2 cm², calculez l'intensité de la force à exercer avec le doigt pour empêcher l'eau de sortir du tuyau ?

6 l'ordre de grandeur de la pression atmosphérique

Choisir les bonnes réponses.

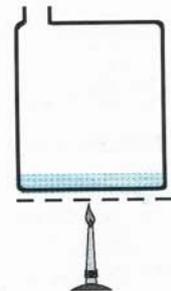
Au niveau de la mer, la pression atmosphérique vaut environ : 1 Pa ; 100 Pa ; 1000 hPa ; 100 kPa ; 1 bar ; 100 bar ; 1000 bar.

7 la mise en évidence de la pression atmosphérique.

Montrez comment l'expérience décrite met en évidence la pression atmosphérique.

Un bidon métallique contient quelques mL d'eau. On chauffe le bidon jusqu'à l'ébullition de l'eau que l'on prolonge quelques minutes. Le bidon est alors fermé hermétiquement, puis le chauffage est arrêté.

On observe alors la déformation des parois du bidon qui « s'écrase ». Le phénomène est plus rapide si l'on refroidit avec de l'eau fraîche.



8 une unité incorrecte de pression.

On exprime parfois la pression de l'air dans un pneu en « kg ». En fait, une pression de « 1 kg » c'est la pression exercée par le poids d'une masse de 1 kg sur une surface de 1 cm².

- a) Calculez la valeur de la pression correspondant à « 1 kg », en Pa et en bar.
b) Expliquez à partir du résultat la raison de cette confusion d'expressions.
c) Calculez la pression régnant dans un pneu (la surpression sur la pression atmosphérique) gonflé à « 2,1 kg » ?

Exercices

Appliquez vos connaissances

9 Pression sur le sol

La tour Eiffel a une masse de 8000 tonnes, répartie sur quatre piliers reposant chacun sur des dalles de béton de 450 m^2 de surface.

Calculez la pression exercée sur le sol.

10 Sur une punaise

On exerce une force d'intensité 50 N uniformément répartie sur la tête d'une punaise pour l'enfoncer dans une planche.

- Sachant que le diamètre de la tête de punaise est de 10 mm, calculez la pression qu'elle subit ?
- Quelle est la pression exercée sur la planche par la pointe de la punaise de surface $0,10 \text{ mm}^2$.

11 Une pompe à vélo

Le piston d'une pompe à vélo a un diamètre de 18 mm. Calculez la force minimale à exercer pour assurer correctement le gonflage d'un pneu course à une pression de 7 bars.

12 Sur un écran de télévision

La pression à l'intérieur d'un tube de télévision est de l'ordre de 10^{-4} bar.

- Quelle est la force pressante sur la face interne d'un écran de diagonale 72 cm (58 cm x 44 cm).
- Quelle est la force pressante sur la face externe de l'écran si la pression atmosphérique est de 1013 mb.
- Calculez la valeur de la masse dont le poids égalerait cette force pressante ?

13 Pression exercée par un liquide

Exprimez en Pa et en bar la pression exercée sur le fond d'un tube cylindrique vertical de 1 cm^2 de section, contenant une hauteur de 28 cm de mercure de densité 13,6.

14 Pression dans un liquide

A 10 m de profondeur, la pression au sein de l'eau est d'environ 2 fois la pression atmosphérique en surface. Calculez l'augmentation de la force pressante qui s'exerce alors sur chaque cm^2 de la peau et des poumons du plongeur.

15 Exercice résolu

Calculez la pression exercée sur la neige par une personne pesant 65 kg, et équipée d'un ensemble (chaussures-skis) de masse 7 kg. Chaque ski a une surface de contact avec la neige assimilable à un rectangle de dimensions 6,5 cm x 160 cm.

Solution

1. Exprimer et calculer l'intensité de la force pressante.

La force pressante est le poids de l'ensemble, soit :
 $P = m \cdot g = (65 + 7) \cdot 9,8 = 705,6 \text{ N}$.

2. Exprimer et calculer l'aire de la surface pressée avec les unités adaptées.

La surface en contact avec la neige est celle des skis, soit l'aire de deux rectangles.
 $S = 2 \cdot L \cdot l = 2 \times 0,065 \times 1,60 = 0,208 \text{ m}^2$.

3. Ecrire la relation définissant la pression et effectuer le quotient en utilisant les unités correctes.

$P = F / S = 705,6 : 0,208 = 3390 \text{ Pa} = 3,4 \text{ hPa}$.