

Rappels des notions de mécanique

1. Les forces

1.1 DEFINITION

Une force est toute cause capable de modifier l'état de repos ou de mouvement d'un corps

1.2 CARACTERISTIQUES

Une force possède 4 caractéristiques :

- Une direction suivant laquelle elle exerce ses effets
- Un sens (indiqué par la flèche)
- Un point d'application
- Une intensité ou une grandeur exprimée en Newton (N)



Avec ses 4 caractéristiques, la force est un vecteur que l'on note \vec{F}
 Une force se mesure avec un dynamomètre étalonné en Newton

1.3 LA FORCE DE PESANTEUR OU FORCE POIDS

Si je lâche un objet, il tombe car agit sur lui une force qui l'oblige à tomber ; c'est la force de pesanteur ou poids de l'objet

Le poids d'un corps est la force exercée par la Terre sur ce corps. On l'appelle aussi force de pesanteur ou force de gravité. On le note \vec{G}

Le poids étant une force, il a donc 4 caractéristiques

- Une direction : la verticale
- Un sens : du corps vers le centre de la Terre
- Un point d'application : le centre de gravité du corps



Une intensité mesurée avec le dynamomètre

Le poids d'un corps dépend de sa masse m

Prendre quelques masses et les suspendre au dynamomètre, établir ou rappeler la relation

$$G = m \cdot g \quad m \text{ s'exprime en kg, } g = 9,81 \text{ N/kg, } G \text{ en N}$$

Parler de la résultante de 2 forces (// de même sens et de sens contraire)

2. MASSE VOLUMIQUE

2.1 MASSE VOLUMIQUE D'UN SOLIDE

Prendre des échantillons de différentes matières

Cube de différents volumes mais de même matière(cube de l'atelier)

Cube de même volume mais de matière différentes (boite du CT)

Objets de formes différentes dont le volume est difficile à déterminer (morceau de plomb ou de zinc découpé dans une feuille, vis assez grande, clou de Paris, plastique ,pierre, béton, morceau de brique,)

Numéroter les échantillons (pour les reconnaître)

Déterminer leur masse avec la balance

Déterminer leur volume

Préparer un tableau (4 colonnes) de données comprenant le numéro de l'échantillon, sa masse m (g), son volume V (cm^3) et le rapport m/V

En se basant sur une table de masse volumique, déterminer si possible la nature des objets étudiés.

Classer vos substances par ordre de masse volumique croissante

1. Rappel sur le volume

- Pour un cube $V = a^3$
- Pour un parallélépipède rectangle $V = a.b.c$
- Pour un cylindre : $V = \text{Base} \cdot \text{hauteur} = \Pi r^2 \cdot h$
- Pour une sphère : $V = 4 \cdot \Pi \cdot r^3 / 3$

Si le volume de l'objet ne peut se calculer par formule (car objet difforme), déterminer le volume par immersion dans un liquide placé dans un récipient gradué.

Prendre une éprouvette graduée, la remplir d'eau de sorte que l'objet une fois immergé soit complètement noyé.

Déterminer le volume d'eau avant immersion $V1$

Plonger l'objet dans l'eau, déterminer le nouveau volume $V2$

Déterminer le volume de l'objet $V = V2 - V1$

La masse volumique ρ d'une substance est le quotient de sa masse m par son volume V

$$\rho = \frac{m}{V} \quad m \text{ en g , } V \text{ en } cm^3 , \rho \text{ en } g/cm^3$$

La masse volumique ρ d'une substance est une caractéristique physique de la substance

Attention ρ s'exprime aussi en kg/m^3

$$1000 \text{ kg/m}^3 = 1 \text{ g/cm}^3$$

Substance	Masse volumique		Substances	Masse volumique	
	en g/cm ³	en kg/m ³		en g/cm ³	en kg/m ³
Polystyrène expansé	0,01 à 0,015	10 à 15	Éther	0,736	736
Liège	0,20 à 0,24	200 à 240	Essence	0,740	740
Charbon de bois	0,3 à 0,5	300 à 500	Kérosène	0,780	780
Pin, sapin	0,5 à 0,7	500 à 700	Alcool pur	0,790	790
Chêne	0,8 à 0,97	800 à 970	Alcool à brûler	0,820	820
Glace	0,92	920	Huile	0,920	920
Corps humain	1,07	1 070	Vin	0,99	990
Chêne (au cœur)	1,17	1 170	Eau	1,00	1 000
Soufre (en canon)	2,07	2 070	Eau de mer	1,02	1 020
Verre à vitre	2,6	2 600	Lait	1,03	1 030
Aluminium	2,7	2 700	Glycérine	1,26	1 260
Fontes	6,7 à 7,3	6 700 à 7 300	Trichloréthylène	1,47	1 470
Aciers	7,6 à 8,2	7 600 à 8 200	Mercure	13,6	13 600
Cuivre	8,9	8 900			
Plomb	11,4	11 400			
Or	19,3	19 300			
Platine	21,4	21 400			

TABLEAU 10.1 Masse volumique ρ de certains matériaux

Matériaux	ρ (kg/m ³)	Matériaux	ρ (kg/m ³)
Espace interstellaire	10 ⁻²¹ à 10 ⁻¹⁸	Chloroforme	1,53 × 10 ³
Hydrogène*	0,090	Sucre	1,6 × 10 ³
Oxygène	1,43	Magnésium	1,7 × 10 ³
Hélium	0,178	Os	(1,5-2,0) × 10 ³
Air, sec (30°C)	1,16	Argile	(1,8-2,6) × 10 ³
Air, sec (0°C)	1,29	Ivoire	(1,8-1,9) × 10 ³
Mousse de Styrène	0,03 × 10 ³	Verre	(2,4-2,8) × 10 ³
Bois de Balsa	0,12 × 10 ³	Ciment	(2,7-3,0) × 10 ³
Liège	(0,2-0,3) × 10 ³	Aluminium	2,7 × 10 ³
Bois de pin	(0,4-0,6) × 10 ³	Marbre	2,7 × 10 ³
Bois de chêne	(0,6-0,9) × 10 ³	Diamant	(3,0-3,5) × 10 ³
Éther	0,74 × 10 ³	La Lune	3,34 × 10 ³
Alcool éthylique	0,79 × 10 ³	Planète Terre, moyenne	5,25 × 10 ³
Acétone	0,79 × 10 ³	Fer	7,9 × 10 ³
Térébenthine	0,87 × 10 ³	Nickel	8,8 × 10 ³
Benzène	0,88 × 10 ³	Cuivre	8,9 × 10 ³
Beurre	0,9 × 10 ³	Argent	10,5 × 10 ³
Huile d'olive	0,92 × 10 ³	Plomb	11,3 × 10 ³
Glace	0,92 × 10 ³	Mercure	13,6 × 10 ³
Eau (0°C)	0,999 87 × 10 ³	Uranium	18,7 × 10 ³
Eau (3,98°C)	1,000 00 × 10 ³	Or	19,3 × 10 ³
Eau (20°C)	1,00180 × 10 ³	Tungstène	19,3 × 10 ³
Goudron	1,02 × 10 ³	Platine	21,5 × 10 ³
Eau de mer	1,025 × 10 ³	Osmium	22,5 × 10 ³
Plasma de sang	1,03 × 10 ³	Pulsar	10 ⁸ – 10 ¹¹
Sang, entier	1,05 × 10 ³	Matière nucléaire	≈ 10 ¹⁷
Bois d'ébène	(1,1-1,3) × 10 ³	Étoile à neutrons	≈ 10 ¹⁸
Caoutchouc, dur	1,2 × 10 ³	Trou Noir	
Brique	(1,4-2,2) × 10 ³	(1 masse solaire)	≈ 10 ¹⁹
Le Soleil, moyenne	1,41 × 10 ³		

* Les gaz sont à 0°C et 1 atm sauf indication contraire.

2.2 MASSE VOLUMIQUE D'UN LIQUIDE

Se procurer des liquides différents, (eau, eau un peu salée, eau saturée en sel, huile, alcool à brûler sous forme de gel, alcool pur, huile de paraffine,....)

Prendre une éprouvette graduée

Déterminer la masse de l'éprouvette m_1

Verser un certain volume de liquide dans l'éprouvette V

Déterminer la masse de l'éprouvette remplie de liquide m_2

Déterminer la masse de liquide $m = m_2 - m_1$

Déterminer la masse volumique du liquide $\rho = m/V$

Faire un tableau de données (4 colonnes) avec, le nom de l'échantillon, le volume, sa masse, et ρ

Classer vos liquides par ordre de masse volumique croissante

Masse volumique et densité]

Dans la plupart des documents de recherche, on peut trouver la densité plutôt que la masse volumique.

Quelle est la différence ?

La masse volumique est une caractéristique quantitative d'une substance.

La densité n'est qu'une comparaison de la masse volumique d'une substance avec celle de l'eau (substance de référence).

Prenons l'exemple de l'aluminium :

masse volumique de l'aluminium : 2,8 g/cm³ ou 2,8 · 10³ kg/m³.

densité : $\frac{2,8 \text{ g / cm}^3}{1 \text{ g / cm}^3} = 2,8$

L'aluminium est donc 2,7 fois plus dense que l'eau.

La densité est un nombre **sans dimension** et lorsque l'on connaît la densité d'une substance, il suffit d'ajouter l'unité g/cm³ pour obtenir la masse volumique exprimée en g/cm³.

Exercices et travaux personnels

1. Une expérience identique à celle de la figure 5 (p. 67), réalisée avec un liquide, donne les résultats suivants :

v (cm ³)	50	100	150	200	250
m (g)	56	112	169	225	281

- Quelle est la masse volumique du liquide?
 - Placez les points associés aux couples (v , m) sur un graphique et tracez la courbe correspondante.
 - Déterminez, par le calcul ou avec le graphique, la masse de 125 cm³ de ce liquide.
2. Le mercure est vendu dans des flacons aux parois très épaisses. Pourquoi? Quelle masse de mercure contient une bouteille de contenance un litre? On prélève un kilogramme de mercure. Quel volume occupe-t-il? Tiendrait-il dans un verre ordinaire?
3. On dispose d'un flacon de contenance un litre. Peut-on y verser 1 kg de kérosène? Peut-on y verser 1 kg de glycérine?
4. Un cylindre d'acier a un diamètre d : 3 cm et une hauteur h : 2 cm. Il a une masse m : 110 g. Quelle est la masse volumique de cet acier? Quelle est la masse d'un cube de cet acier, d'arête a : 3 cm?

5. Quel est le volume d'un lingot d'or de masse 1 kg? Quel serait le volume d'un lingot de plomb de même masse? Si deux lingots d'or et de plomb ont le même volume, quel est le plus lourd?

6. Un petit morceau de grès d'Armor a un volume v : 32 cm³ et une masse m : 84 g. Quelle est la masse volumique de ce grès? Une palette de chargement de surface 1 m², contient 10 couches de dalles en grès d'Armor d'épaisseur e : 4 cm. Quelle sera approximativement la masse de la palette?

7. Trouvez une méthode pour déterminer la masse volumique de la glace, puis du liège.

8. 600 cm³ de liquide ont une masse de 720 g. Quelle est la masse volumique du liquide? Quel est le volume occupé par 500 g de ce liquide?

9. Des mesures précises ont donné pour l'eau :

- à 4 °C, 1 kg a un volume de 1,000 0 dm³;
- à 20 °C, 1 kg a un volume de 1,001 8 dm³;
- à 60 °C, 1 kg a un volume de 1,017 0 dm³.

Quel phénomène physique permet d'expliquer ces différences?

Calculez la masse volumique de l'eau dans chaque cas.

10. On dispose d'une collection de cubes de mêmes dimensions (2 cm d'arête). Calculez leur masse s'ils sont en chêne, en liège, en aluminium, en cuivre, en or.

3. Poussée d'Archimède

3.1 FORCE D'ARCHIMEDE DANS UN LIQUIDE

Un tronc d'arbre flotte sur l'eau, une pirogue aussi.

Un morceau d'acier coule mais un bateau en acier de plusieurs tonnes flotte.

3.1.1 Notion de corps flottant

Sur l'eau, les bateaux sont plus ou moins enfoncés. Bien entendu, nous savons que cela dépend de leur charge. Plus les bateaux sont chargés, plus ils s'enfoncent. Il est d'ailleurs évident qu'une charge maximale ne peut être dépassée !

Une expérience simple permet de modéliser cette situation :

- Utilisons des bouteilles identiques de ½ litre (plastique). Lestons-les : 2 N, 4 N, 6 N et 8 N. Les deux premières flottent, les deux autres coulent.

Remarquons que, dans tous les cas, le niveau d'eau monte :

un objet dans un liquide déplace un volume de liquide.

Expérience 2

- Lâchons un cube en fer et un cube en bois dans l'eau.

Le cube en fer coule, celui en bois flotte → pourquoi ?

- Une feuille d'aluminium au bords recourbés flotte sur l'eau et la même feuille en boule coule → pourquoi ?

Tous ces corps sont soumis à l'attraction terrestre donc à leur poids \vec{G} dirigé vers le centre de la Terre

Dans le cas du bois,

Lors de sa remontée à la surface, il doit exister une autre force exercée par l'eau et dirigée vers le haut et supérieure au poids de l'objet

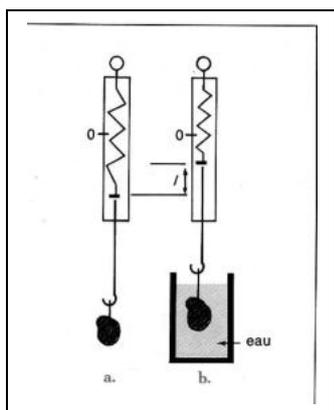
Nous l'appellerons POUSSEE d'Archimède et on la note \vec{F}

L'expérience montre que $\vec{F} > \vec{G}$

Dans le cas du fer

S'il coule c'est que la poussée \vec{F} n'est pas suffisante pour le remonter

L'expérience montre que $\vec{F} < \vec{G}$

Expérience 3 : mesure de la poussée d'Archimède dans l'eau

Prendre la bouteille $\frac{1}{2}$ l, lestée à 6N
 Déterminer le poids d'un objet avec le dynamomètre $G1 =$
 Déterminer le poids de l'objet immergé (poids apparent) dans
 l'eau $G2 =$

La poussée $F = G1 - G2 =$

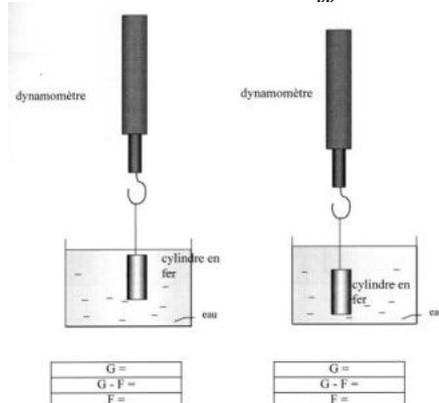
3.1.2 Facteurs influençant la poussée d'Archimède

Hypothèses : le liquide et l'objet peuvent influencer la poussée d'Archimède

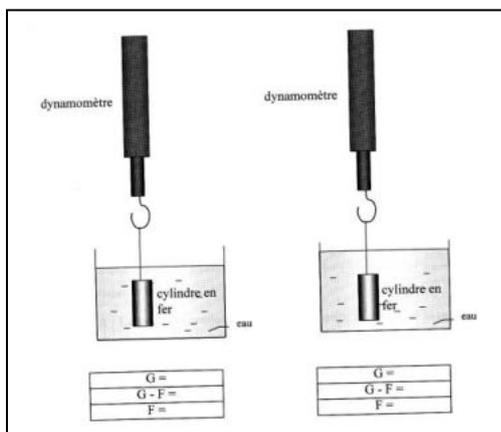
- Le liquide par sa quantité, sa masse volumique, sa profondeur,...
- Le corps immergé par sa forme, son poids, son volume,...

Expérience 4 : influence de la profondeur et de la quantité de liquide

Le même corps est plongé dans l'eau à des hauteurs différentes



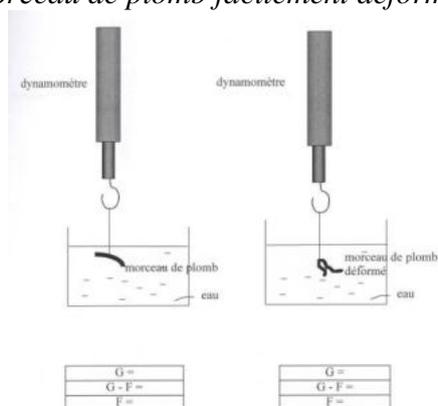
La profondeur d'immersion n'influence pas la poussée D'Archimède

Expérience 5 : influence de la quantité de liquide

La quantité de liquide n'influence pas la poussée d'Archimède

Expérience 6 : Influence de la forme du corps

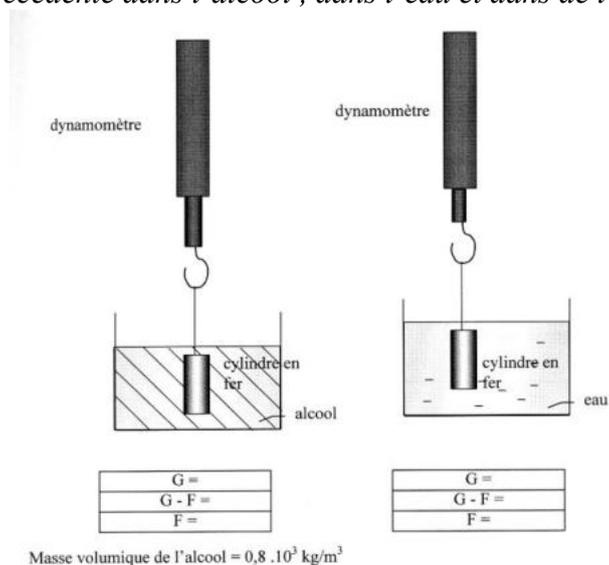
Immergeons dans l'eau un morceau de plomb facilement déformable



La forme de l'objet immergé n'influence pas la poussée d'Archimède

Expérience 7 : Influence du liquide par sa masse volumique

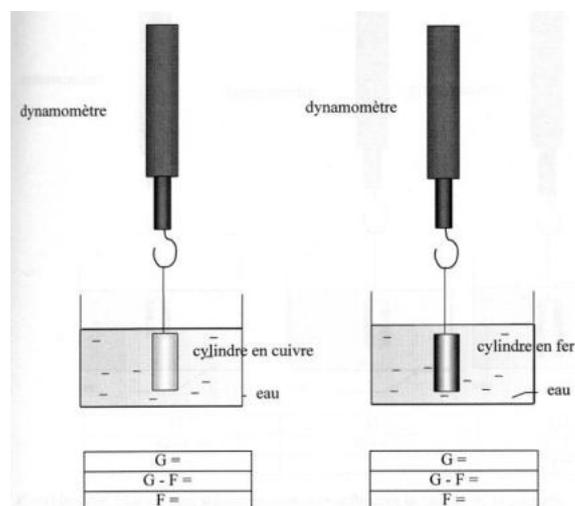
Refaire l'expérience précédente dans l'alcool, dans l'eau et dans de l'eau salée



***La masse volumique influence la poussée d'Archimède
Plus la masse volumique est grande plus la poussée est élevée***

Expérience 8 : Influence du poids du corps

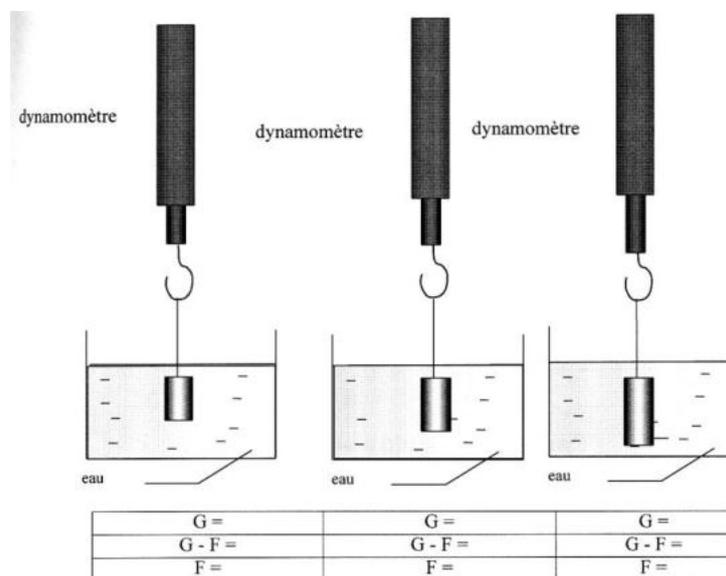
Immergeons 2 corps de même volume mais de poids différents (1 cube en cuivre et 1 cube en fer par exemple ou les 2 bouteilles de $\frac{1}{2}$ l de 6N et de 8N)



Le poids du corps immergé n'influence pas la poussée d'Archimède

Expérience 9 : Influence du volume du corps immergé

Prendre 1 cylindre de volume V , 2 cylindres de volume $2V$, 3 cylindres de volume $3V$ et pour les 3 cas , calculer la poussée d'Archimède

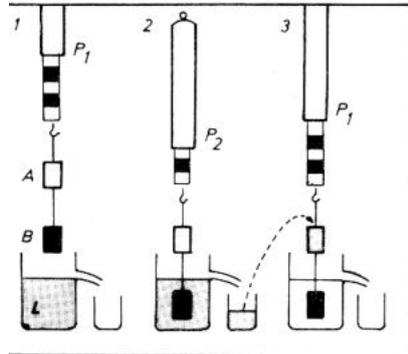


OU prendre une bouteille de $\frac{1}{2}$ l lestée à 8N et la suspendre à un dynamomètre. Repérer au préalable, le volume 100ml, 200ml, 300ml, 400, 500ml et le tracer sur la bouteille. Au fur et à mesure que la bouteille coule, observer la poussée d'Archimède.

La poussée d'Archimède augmente avec le volume du corps immergé

Tout corps plongé dans un liquide subit une poussée verticale dirigée vers le haut (qui compense partiellement le poids). Cette poussée d'Archimède dépend du volume immergé et de la nature du liquide.

Expérience 10 : détermination de la valeur de la poussée d'Archimède
Prendre un cylindre plein de même volume qu'un cylindre vide.



Pour réobtenir le poids initial G_1 il faut alourdir le système avec un poids dont la valeur est égal au poids du volume de liquide déplacé.

Autrement dit, la poussée d'Archimède est égale au poids du volume de liquide déplacé par le corps.

Donc la poussée d'Archimède est d'autant plus élevée que le volume immergé est important
Pourquoi un corps flotte-t-il et pourquoi certains restent-ils entre 2 eaux ?

3.1.3 Les corps flottants et immergés

Expérience 11 : Prendre 3 bouteilles de 500 ml lestées à 8N, 5N et à 2N et les placer dans l'aquarium.

La première coule, la deuxième flotte entre 2 eaux et la troisième flotte

Analyse

	Volume (cm ³)	Masse (g)	Masse volumique (g/cm ³)	Comportement ds l'eau
Bouteille 8N	500	800	1,6	coule
Bouteille 5N	500	500	1	Flotte /2eaux
Bouteille 2N	500	200	0,4	flotte

Conclusion :

Un objet coule si $\rho_{\text{objet}} > \rho_{\text{liquide}}$
Un objet flotte au milieu du liquide si $\rho_{\text{objet}} = \rho_{\text{liquide}}$
Un objet flotte à la surface du liquide si $\rho_{\text{objet}} < \rho_{\text{liquide}}$

Application de la poussée d'Archimède : vidéo

Les sous-marins

La plongée (après avoir vu la pression dans les liquides)

4. La pression hydrostatique

4.1 LA PRESSION (RAPPEL)

La pression P sur une surface est définie par le quotient de la force F exercée sur la surface S

$$P = F / S$$

P en Pascal , F en Newton et S en m^2

D'autres unités existent comme le bar = 100.000 Pa

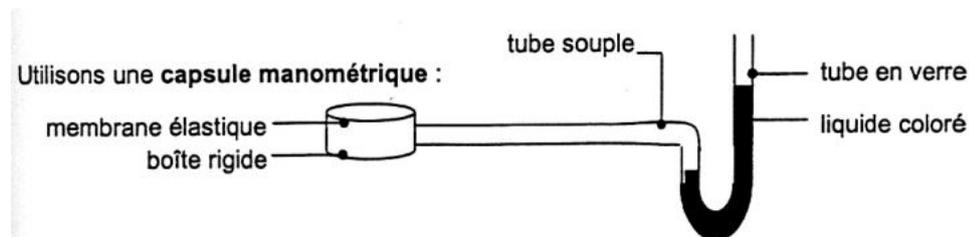
4.2 PRESSION AU SEIN D'UN LIQUIDE

Exemples

Profil des barrages, mal aux oreilles quand on est dans l'eau,...

La pression exercée par un liquide est appelée pression hydrostatique

4.2.1 La capsule manométrique

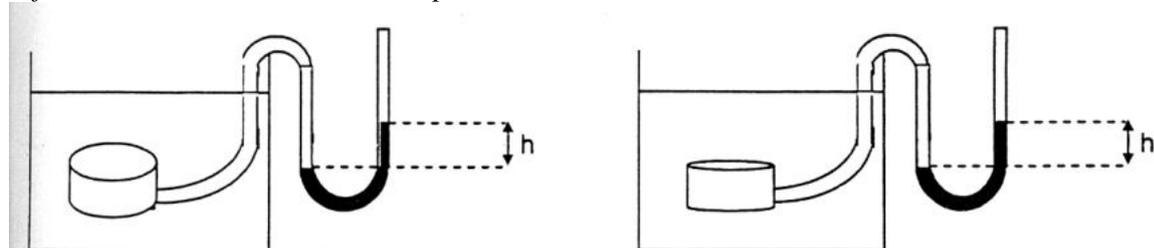


Usage : si la capsule manométrique est hors de l'eau, les niveaux d'eau colorée dans les 2 branches du manomètre sont égaux ; le niveau du liquide coloré est en rapport avec la pression exercée sur la membrane ; plus la pression est élevée, plus le liquide monte.

La capsule manométrique est l'instrument qui permet de estimer la pression hydrostatique.

4.2.2 Paramètres influençant la pression hydrostatique

Influence de la direction de la capsule



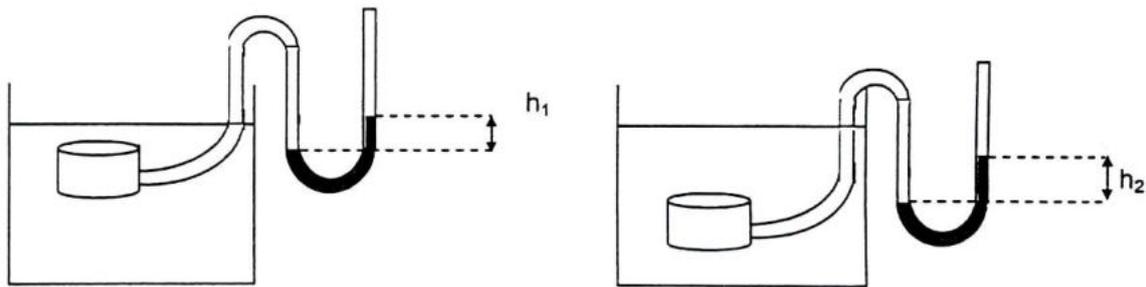
si on maintient la capsule à la même profondeur et qu'on la tourne dans toutes les directions :

indépendante de son orientation

Influence de l'endroit (pour une même profondeur)

La pression exercée par le liquide sur la pastille est la même en tout point d'un même plan horizontal

Influence de la profondeur

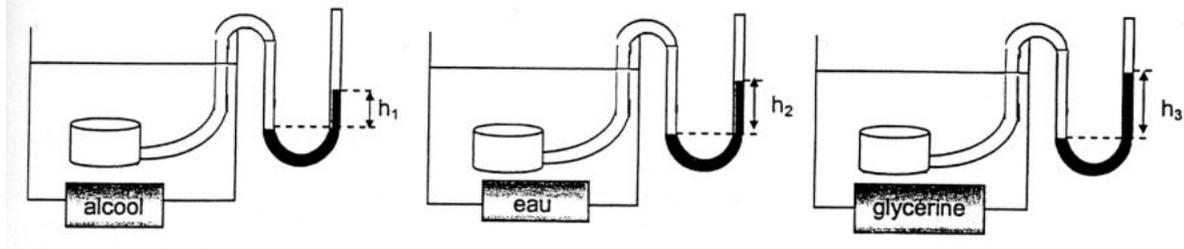


La pression exercée par le liquide sur la pastille augmente avec la profondeur du liquide

La pression double si la profondeur double, etc...

La pression est proportionnelle à la profondeur de liquide.

Influence de la nature du liquide (facultatif)



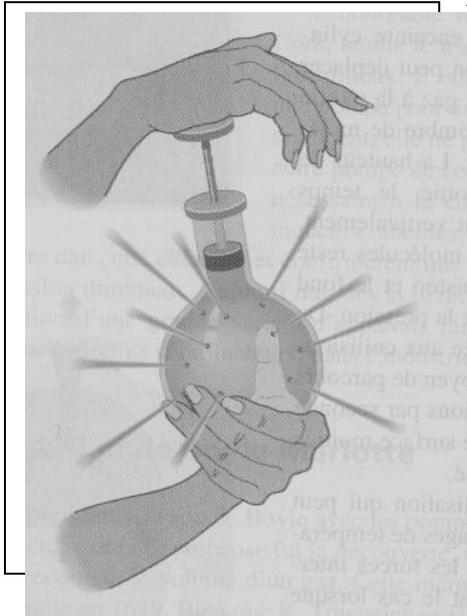
La pression exercée par le liquide sur la pastille augmente avec la masse volumique du liquide

4.2.3 Applications

- Les digues des rivières et des canaux subissent de la part de l'eau qu'ils contiennent de très fortes pressions. En période de crue, ces pressions peuvent atteindre des valeurs telles qu'elles rompent les digues et provoquent des inondations.
- Les murs des barrages ont une épaisseur croissante car la pression augmente avec la profondeur.
- Les parois des aquariums doivent être faites en verre épais.
- Les scaphandres doivent être d'autant plus résistants que les scaphandriers descendent plus profondément dans l'eau.
- Dans les profondeurs des mers, la pression hydrostatique atteint des valeurs énormes.
A retenir la pression augmente de 1 bar tous les 10 m
 La profondeur de l'océan peut atteindre 11 000 m.
- Les poissons qui vivent dans les grandes profondeurs sont dotés d'organismes capables de résister à des pressions importantes (grande pression à l'intérieur de l'organisme animal). Si on ramène rapidement en surface ces poissons, ils explosent par suite de la diminution rapide de la pression hydrostatique.



4.2 TRANSMISSION DE LA PRESSION DANS UN LIQUIDE



Expérience : la seringue de Pascal

En poussant le piston, la pression sur le fluide augmente.
Le liquide jaillit de tous les trous avec la même force dans toutes les directions.

La pression appliquée est transmise uniformément à tous les points du liquide.

Applications ; les commandes hydrauliques

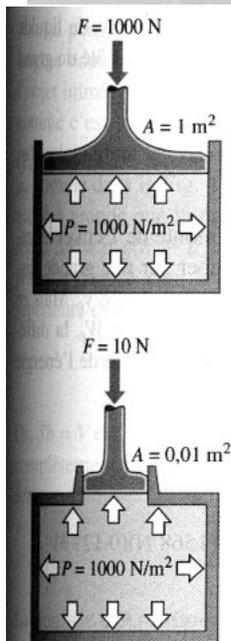


Figure 11.18 La pression exercée par le piston sur le liquide est égale à la force appliquée F divisée par la section S du piston. Les forces et les sections de différents pistons produisent ici la même pression, car elles sont dans le même rapport.

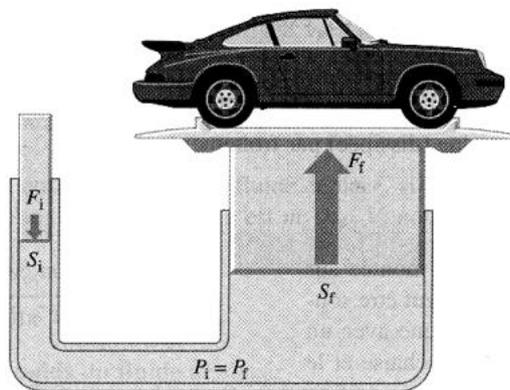


Figure 11.19 Un élévateur hydraulique. La force appliquée F_i crée une pression F_i/S_i , qui est transmise au cylindre de l'élévateur d'aire S_f . Celui-ci peut alors exercer une force utile $F_f = F_i S_f/S_i$.

Comme $P = F/s$ est le même, si $S_2 = 100 S_1$ alors $F_2 = 100 F_1$
On peut soulever une voiture de 20000N (2000 kg) avec une force de 200N