

STATIQUE DES FLUIDES

L'étude des propriétés des fluides au repos constitue la statique des fluides.

1- Définition d'un fluide

Un fluide est un corps qui n'a pas de forme propre et qui est facilement déformable. Les liquides et les gaz sont des fluides. Ils se déforment et s'écoulent facilement.

2- Caractéristiques

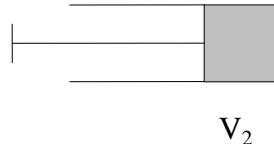
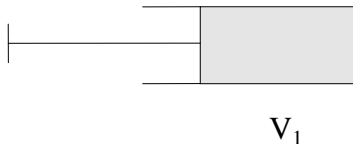
2-1 Compressibilité

2-1-1 Les liquides

Ils sont **incompressibles**. Cette propriété est utilisée dans les systèmes hydrauliques.

2-1-2 Les gaz

Ils sont **compressibles**. Le coefficient de compressibilité est $\frac{V_1 - V_2}{V_1}$ *diminution du volume / volume initial*



2-2 Masse volumique et densité

2-2-1 Masse volumique

Les fluides sont caractérisés par leur **masse volumique** $\rho = \frac{m}{V}$ exprimée en (kg/m³).

Fluides	eau pure	eau de mer	essence	huile	mercure	air	butane
ρ (kg/m ³)	1000	1030	700	900	13 600	1,293	2
ρ (g/cm ³)	1	1,030	0,7	0,9	13,6	0,0012930	0,002
ρ (kg/.....)							

2-2-2 Densité

La densité d'un liquide ou d'un solide est le rapport de la masse volumique d'un corps à la masse volumique de l'eau.

Exemples : $d_{\text{eau}} = \frac{1000}{1000} = 1$ $d_{\text{essence}} = \frac{700}{1000} = 0,7$

3- Notion de pression : Rappels

Donner exemple de trois formes \neq mais de même masse posées sur la neige, comparer empreintes

La pression exercée par une force F agissant perpendiculairement sur une surface S est

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

(N/m²) ou (Pa) (N) (m²)

PASCAL Blaise : (1623-1662) ; Savant, philosophe et écrivain Français

L'unité légale (SI) de pression est le **Pascal**.

$$1\text{Pa} = 1\text{N} / \text{m}^2$$

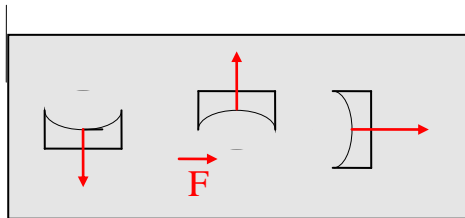
On utilise également l'**hectopascal (hPa)**

$$1\text{hPa} = 100\text{Pa}$$

Autres unités :

- le bar $1\text{bar} = 10^5\text{Pa} = 100\,000\text{Pa}$ $1\text{bar} = 10\text{N} / \text{cm}^2$
- l'atmosphère $1\text{atm} = 101325\text{Pa} = 1013\text{hPa}$ appelée pression atmosphérique normale. Dans les exercices, on prendra 1000 hPa soit 100 000 Pa

4- Pression en un point d'un fluide



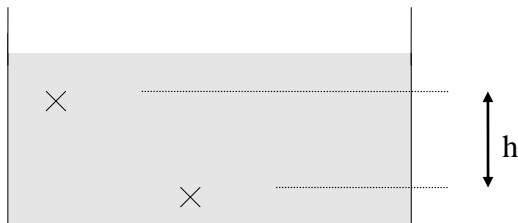
Soit une capsule manométrique plongée dans un récipient rempli d'eau.

On peut vérifier que la pression exercée au sein d'un liquide en équilibre,

- est constante en tous les points d'un même plan horizontal.
- est indépendante de la direction considérée.
- croît au fur et à mesure que l'on s'éloigne de sa surface libre.

5- Principe fondamental de l'hydrostatique

5-1 Principe fondamental de l'hydrostatique



La différence de pression entre deux points d'un fluide en équilibre est donnée par la relation,

$$P_B = \rho_{\text{fluide}} \times g \times h + P_A$$

où :

ρ est la masse volumique du fluide en (kg/m³)

h la dénivellation en (m)

g l'accélération de la pesanteur (9,81 N/kg)

ΔP , la différence de pression en (Pa)

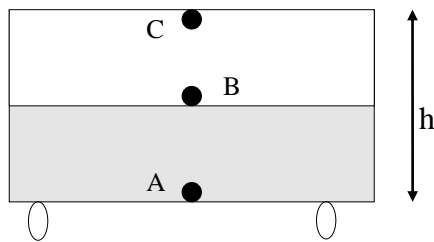
5-2 Exercices

5-2-1 Combien faut-il de mètre d'eau pour avoir une ΔP de 1 bar ?

$$\Delta P = \rho g h \quad \text{soit} \quad 100000 = 1000 \times 10 \times h \quad 10\text{ m d'eau correspond à } 1\text{ bar}$$

Dans la pratique (chauffagiste, plombier, technicien fluides), il arrive que l'on mesure une différence de pression en mètre d'eau ou cm de mercure.

5-2-2



La cuve ci-contre est à moitié pleine. Calculez la différence de pression entre les points A et B, puis entre les points B et C. Comparer ces résultats et conclure !

on donne ρ_{eau} masse volumique de l'eau 1000 kg/m^3

ρ_{air} masse volumique de l'air $1,3 \text{ kg/m}^3$

$h = 1,6 \text{ m}$

$$\Delta P_{AB} = \rho_{\text{eau}} g (h_A - h_B) \quad \text{soit} \quad \Delta P_{AB} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,8 = 7\,848 \text{ Pa}$$

$$\Delta P_{BC} = \rho_{\text{air}} g (h_B - h_C) \quad \text{soit} \quad \Delta P_{BC} = 1,3 \cdot 9,81 \cdot 0,8 = 10,2 \text{ Pa}$$

5-3-3 Calculer la pression relative et la pression absolue auquel est soumis un plongeur en mer à la profondeur de 31,6m. On donne $\rho_{\text{eau de mer}} = 1025 \text{ kg/m}^3$



$$\Delta P = \rho_{\text{eau de mer}} g h = 1025 \cdot 9,81 \cdot 31,6 = 317\,746 \text{ Pa} = 3,17 \text{ bar}$$

Pression relative

Pression absolue = Pression relative + pression atmosphérique

$$\text{soit } P_{\text{absolue}} = 317\,746 + 101\,325 = 419\,071 \text{ Pa} = 4,19 \text{ bar}$$

5-3-4 En 1962, un bathyscaphe atteignit une profondeur de 9592m dans la fosse des Kouriles. (entre le Japon et la Russie, -10389m). Calculer

- La pression de l'eau à cette profondeur.
- La force exercée par l'eau sur le panneau du sas arrière, celui-ci étant assimilé à un carré de 60cm de côté.

$$\Delta P = \rho_{\text{eau de mer}} g h = 1025 \cdot 9,81 \cdot 9592 = 96\,449\,958 \text{ Pa}$$

$$\Delta P = 964,5 \text{ bar}$$

Plus moyen d'être tranquille chez soit !!!



$$F = P \cdot S = 964,5 \cdot 10^5 \cdot (0,6)^2 = 34\,721\,985 \text{ N qui correspond à une masse d'environ 3472 tonnes!}$$

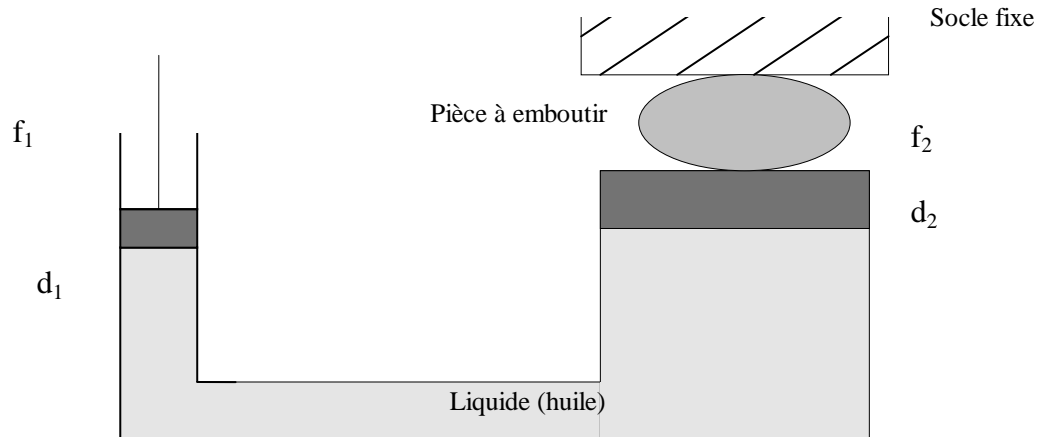
6- Transmission des pressions dans les liquides

6-1 Théorème de Pascal

Toute variation de pression en un point d'un liquide au repos est transmise intégralement à tous les autres points du liquide.

6-2 Application : Principe de la presse hydraulique

Soit le schéma de principe d'une presse hydraulique,



On donne $f_1 = 100 \text{ N}$ et $d_1 = 10 \text{ cm}$ (diamètre du piston)

Le petit piston descend d'une hauteur $h_1 = 1 \text{ m}$

- Si le diamètre du grand piston est $d_2 = 1 \text{ m}$, quelle est l'intensité de la force f_2 exercée sur le grand piston ?

$$P_1 = \frac{F_1}{S_1} = \frac{100}{S_1} = 12732 \text{ Pa} \quad \text{avec} \quad S_1 = \frac{\pi \times (0,1)^2}{4} = 7,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$F_2 = P_2 \cdot S_2 \quad \text{or} \quad P_1 = P_2 \quad \text{soit} \quad F_2 = 12732 \times \frac{\pi}{4} = 10.000 \text{ N} \quad (\approx 1000 \text{ kg})$$

- De quelle hauteur h_2 monte le grand piston ?

$$V = S_1 h_1 = 0,0078 \times 1 = 7,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\text{d'où } h_2 = \frac{V}{S_2} = \frac{7,8 \times 10^{-3}}{\frac{\pi}{4}} = 10^{-3} \text{ m} = 1 \text{ cm}$$

6-3 Généralisation

$$(N) \quad \boxed{\frac{F_1}{F_2} = \frac{S_1}{S_2}} \quad (m^2)$$