

V. Mécanique des fluides

~~(09/11/2021)~~

06/11/2023

1. Introduction

⚠ Notes de l'année
2022-2023

Pas de notes cette
année car problème
technique.

Corps solides : distances fixées.

Fluides : plus le cas.

Propriété d'un fluide : "remplit" le contenant
dans lequel il est placé.

Exemples :

- eau, l'air

- LCR, sang.

Au niveau microscopique : atomes, molécules,
macromolécules.

L'étude des fluides est l'un des problèmes
les plus complexes en physique. (10^6 \$).

2. Hydrostatique

Fluides au repos. Pas de mouvement collectif des constituants du fluide ...

mais microscopiquement il y a toujours l'agitation thermique.

On décrit ici les fluides dans le modèle continu, dans lequel on néglige la granularité de la matière.

A. Densité et la pression



Verre rempli d'eau.
Masse du fluide : m
Occupe un volume : V .

Définition : la **masse volumique** ρ est définie par

$$\rho = \frac{m}{V}.$$

Dimensions : $[e] = \frac{M}{L^3} = ML^{-3}$

Unités : 1 kg m^{-3} .

Exemples :

1. Eau : $\rho_0 = 997 \text{ kg/m}^3$ (liquide!).

\Rightarrow on prend $\rho_0 = 1000 \text{ kg/m}^3$.

2. Sang : $\rho_{\text{sang}} = 1.06 \text{ g/mL}$
 $= 1060 \text{ kg/m}^3$.

$\Rightarrow \rho_{\text{sang}} \approx \rho_0$.

3. LCR : 99% d'eau : $\rho_{\text{LCR}} \approx \rho_0$.

4. Air ($T = 0^\circ\text{C}$; sec, 1 atm) : $\rho_{\text{air}} = 1.292 \text{ kg/m}^3$.

Remarque : un fluide exerce une force sur les parois de son contenant.

Cette force est notée \vec{f}_p .

Orientation : toujours perpendiculaire à la

surface, dirigé vers l'extérieur.

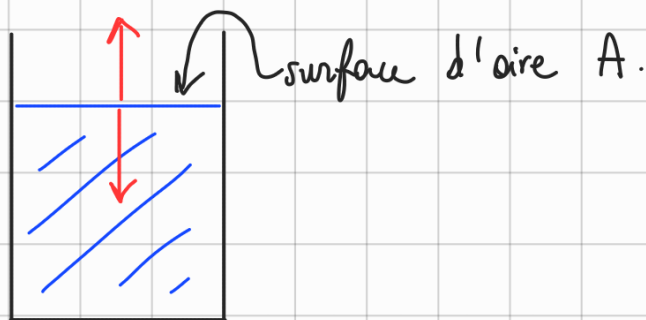
Définition : si f_p est la norme de la force de pression exercée sur une surface d'aire A , on définit la **pression** par

$$p = \frac{f_p}{A}.$$

Dimensions : $[p] = \text{MLT}^{-2} \text{L}^{-2} = \text{ML}^{-1} \text{T}^{-2}$

Unités : SI : 1 Pascal = 1 Pa = 1 kg m⁻¹ s⁻².

Question : quelle est la pression à la surface ?



⇒ équilibre des forces donne :

$$A_{\text{air}} = A_{\text{eau, surface}}.$$

⇒ pression de l'eau à la surface est égale à la pression de l'air.

Remarque : $p_{\text{air}} = p_{\text{atm}} = 101325 \text{ Pa}$

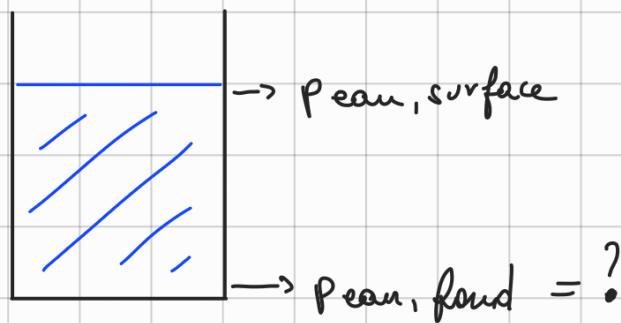
Définition (unité) : $1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$.

$p_{\text{air}} = 1 \text{ atm}$ à $T = 15^\circ\text{C}$, hauteur de la mer.

B. La loi de Pascal

Question : quelle est la pression de l'eau en un point quelconque du vase ?

Q. intermédiaire : pression dans le fond ?



On néglige ici la masse du contenant.

Force totale exercée par le fluide

sur le fond : $A p_{\text{eau, fond}} = P + A p_{\text{atm}}$

$$P = mg = \rho_0 V g$$

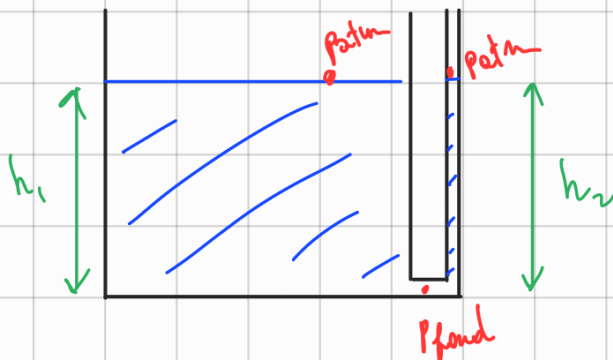
$$V = h A \quad \text{où } h = \text{hauteur de l'eau}$$

$$\Rightarrow P_{\text{eau, fond}} = P_{\text{atm}} + \rho_0 g h.$$

Exemple : $h = 15 \text{ cm}$

$$\rho_0 g h = \dots = 150 \text{ Pa}.$$

Conséquence : quelle que soit la forme du contenant, la hauteur de l'eau est nécessairement constante.

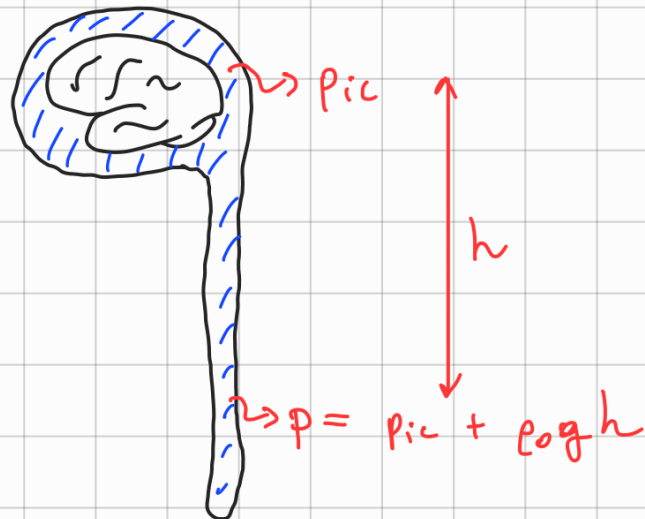


Raisonnement similaire à ci-dessus, 2 fois :

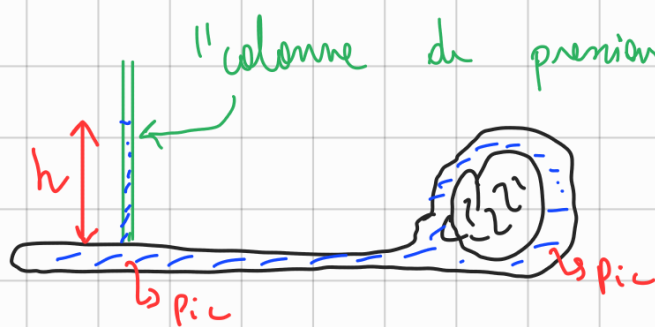
$$\begin{cases} P_{\text{fond}} = P_{\text{atm}} + \rho_0 g h_1 \\ P_{\text{fond}} = P_{\text{atm}} + \rho_0 g h_2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow h_1 = h_2.$$

Application : colonne de pression et mesure de
de la pression intracrânienne.



\Rightarrow on demande que le patient reste couché, de
sorte que $h = 0$.



Mesure de $h \Rightarrow$ que veut p_{ic} ?

$$p_{ic} = p_{atm} + \rho_0 g h$$

!

Attention : on a supposé ici que ρ_0 était constante dans le vase; en particulier, ne dépend pas de la pression.

Définition : un fluide est dit **incompressible** si sa masse volumique ρ ne dépend pas de la pression.

Pour l'eau, ceci est une bonne approximation.

Il faut augmenter la pression à 224 atm pour avoir une augmentation de la masse volumique de 1%.

théorème (Loi de Pascal) :

Pour un fluide incompressible au repos, la différence de pression Δp entre 2 points

P_1 et P_2 du fluide est donnée par

$$\Delta p = p_2 - p_1 = \rho \vec{g} \cdot \overrightarrow{P_1 P_2}$$



Avec un système d'axes $Oxyz$ où Oz correspond à la verticale ascendante,

$$\overrightarrow{P_1 P_2} = (\Delta x, \Delta y, \Delta z)$$

$$\vec{g} = (0, 0, -g)$$

$$\Rightarrow \Delta p = -\rho g \Delta z$$

En particulier: si $\Delta z < 0$, c'est-à-dire

$$z_2 - z_1 < 0 \quad (\Leftrightarrow) \quad z_2 < z_1$$

$$\text{alors } \Delta p > 0 \quad (\Leftrightarrow) \quad p_2 - p_1 > 0 \quad (\Leftrightarrow) \quad p_2 > p_1$$