Chap 13:
Mécanique des Fluides

Modéliser l'écoulement d'un fluide

Utiliser un dispositif permettant d'étudier la poussée d'Archimède

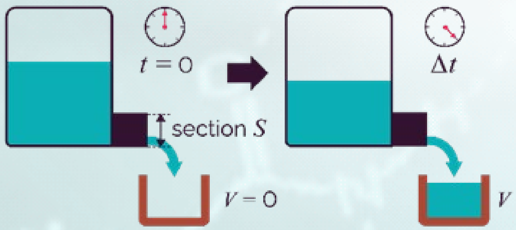
Mesurer une pression et une vitesse d'écoulement dans un gaz et dans un liquide

https://www.lelivrescolaire.fr/page/15916128

I. Décrire L'écoulement d'un fluide:

- Le fluide est modélisé simplement par un grand nombre de petits volumes appelés **particules fluides**.
- La vitesse d'un petit volume de fluide est la vitesse moyenne des entités qui le composent. Une particule fluide compte un nombre important d'entités microscopiques. Les particules fluides sont petites devant les échelles de l'écoulement.

I.1 débit volumique



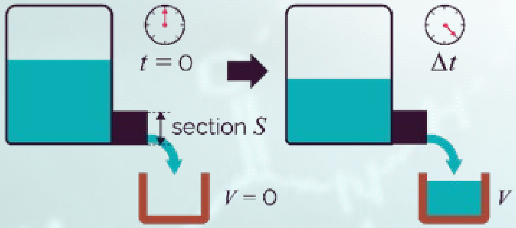
Le débit volumique D_V est égal au volume de liquide qui sort du réservoir par unité de temps

$$D_V = \frac{V}{\Delta t}$$

où

- V = volume de liquide qui sort du réservoir (en m^3)
- Δt = durée de l'écoulement (en s)
- D_V = débit volumique (en $m^3 \cdot s^{-1}$)

I.2 débit massique



Le débit massique D_m est égal à la masse de liquide qui sort du réservoir par unité de temps

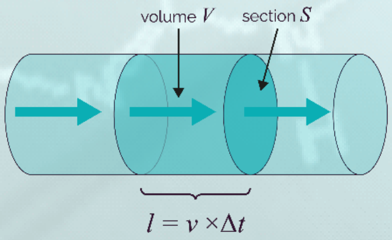
$$D_m = \frac{m}{\Delta t} = r \cdot Dv$$

où

- m = masse de liquide qui sort du réservoir (en kg)
- Δt = durée de l'écoulement (en s)
- D_m = débit massique (en $kg \cdot s^{-1}$)
- R la masse volumique du fluide en kg.m-3

I.3 débit dans une conduite

- Si l'on considère un liquide qui s'écoule dans un tuyau et dont le débit volumique D_V est constant alors



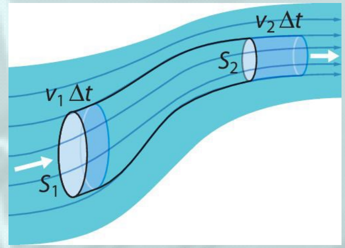
$$D_V = \frac{V}{\Delta t} = \frac{S \times \ell}{\Delta t} = S \times v$$

- S = section du tuyau (en m^2)
- v = vitesse d'écoulement du liquide dans le tuyau (en $m \cdot s^{-1}$)
- D_V = débit volumique (en $m^3 \cdot s^{-1}$)

I.4 Conservation du débit

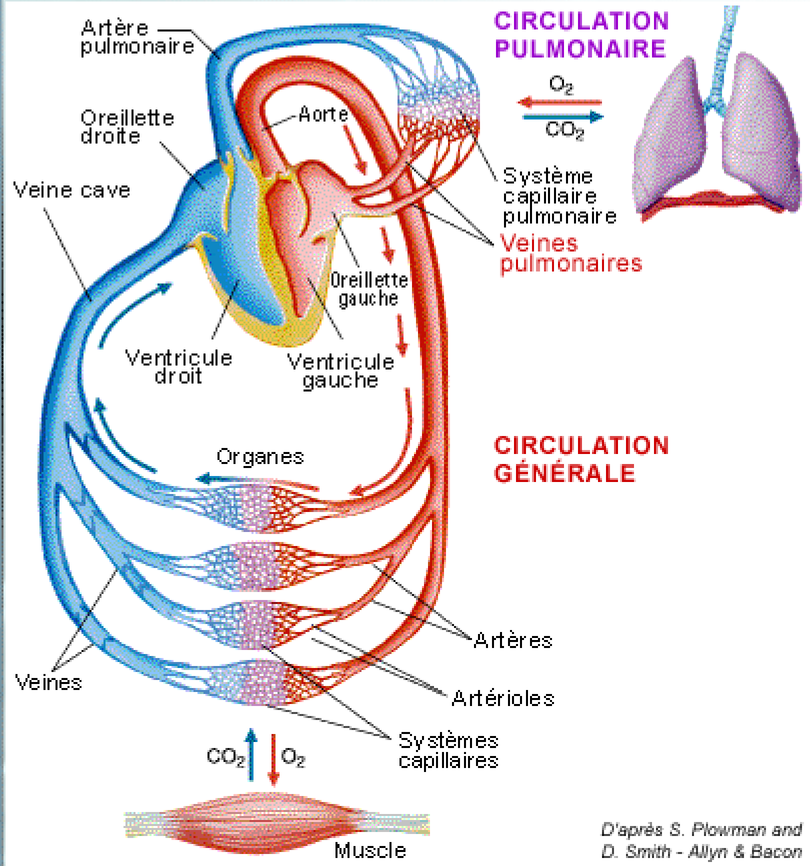
- Un écoulement est dit **permanent** (ou **stationnaire**) si les paramètres qui le caractérisent (pression, température, vitesse, masse volumique, ...), ont une valeur constante au cours du temps.

- Au cours de l'écoulement en **régime permanent** d'un fluide incompressible, il y a **conservation du débit volumique** :



- $\mathbf{D_V = S_1 \times v_1 = S_2 \times v_2}$

Exemple: Circulation du sang



Dans l'aorte, artère principale à la sortie du coeur considérée comme un tuyau de diamètre égal à 32 mm, le sang circule à une vitesse moyenne de 50 $cm \cdot s^{-1}$.

L'aorte se divise en artères, puis en artérioles. Dans ces dernières, le sang circule à la vitesse de 20 $cm \cdot s^{-1}$.

1. Calculer la surface totale de section des artérioles.

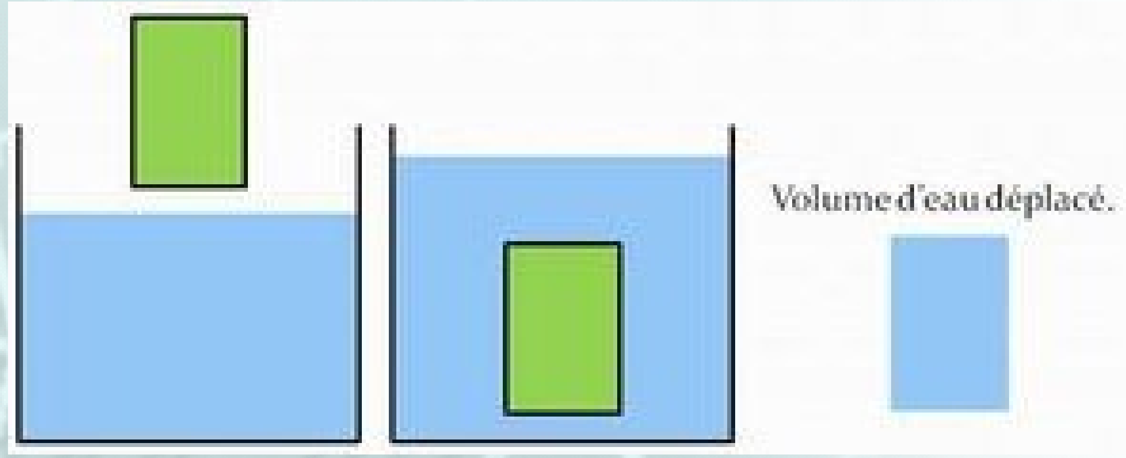
Les artérioles se divisent à nouveau en capillaires. Les capillaires ont une surface totale de section de 4000 cm^2.

2. Calculer la vitesse du sang dans un capillaire.

- Ex 15 page 374

II. Poussée d'Archimède

- Tout corps plongé dans un fluide est soumis à une poussée de bas en haut égale au poids du volume du fluide déplacé



Poussée d'Archimède

- Poussée d'Archimède = P_A = poids du fluide déplacé

  $= m_{fluide}.g$

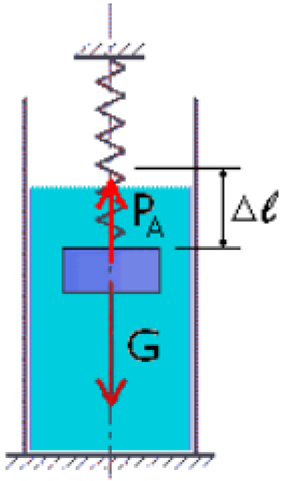
$$P_A = \rho_{fl}.V_{fl}.g$$

- Poids apparent = G_A

  $= G - P_A$

  $= m_{corps}.g - m_{fluide}.g$

  $= \rho_c.V_c.g - \rho_{fl}.V_{fl}.g$



Archimède

- Solide entièrement immergé → $V_{fl} = V_c$
  - $G_A = G - P_A$

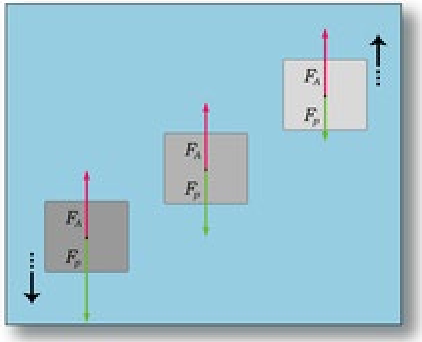
$$= \rho_c . V_c . g - \rho_{fl} . V_{fl} . g$$

$$= (\rho_c - \rho_{fl}) . V . g$$

→ Monte si $\rho_c < \rho_{fl}$

→ Descend si $\rho_c > \rho_{fl}$

→ Équilibre si $\rho_c = \rho_{fl}$

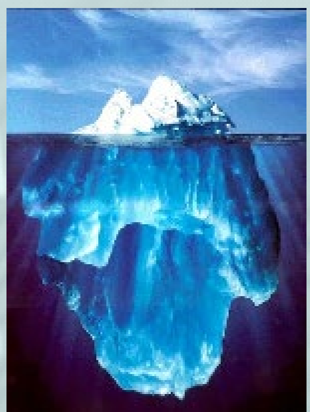


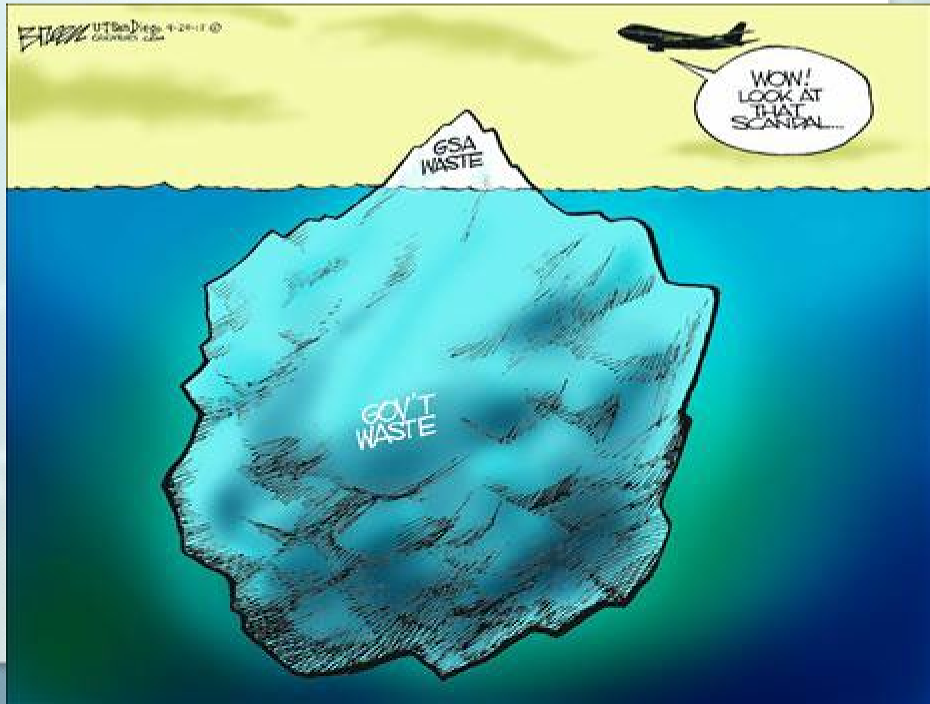
Exemple :

- Iceberg

$\rho_{glace} = 917$ kg/m³ et $\rho_{eau\ de\ mer} = 1025$ kg/m³

Calculer le pourcentage de glace immergée.





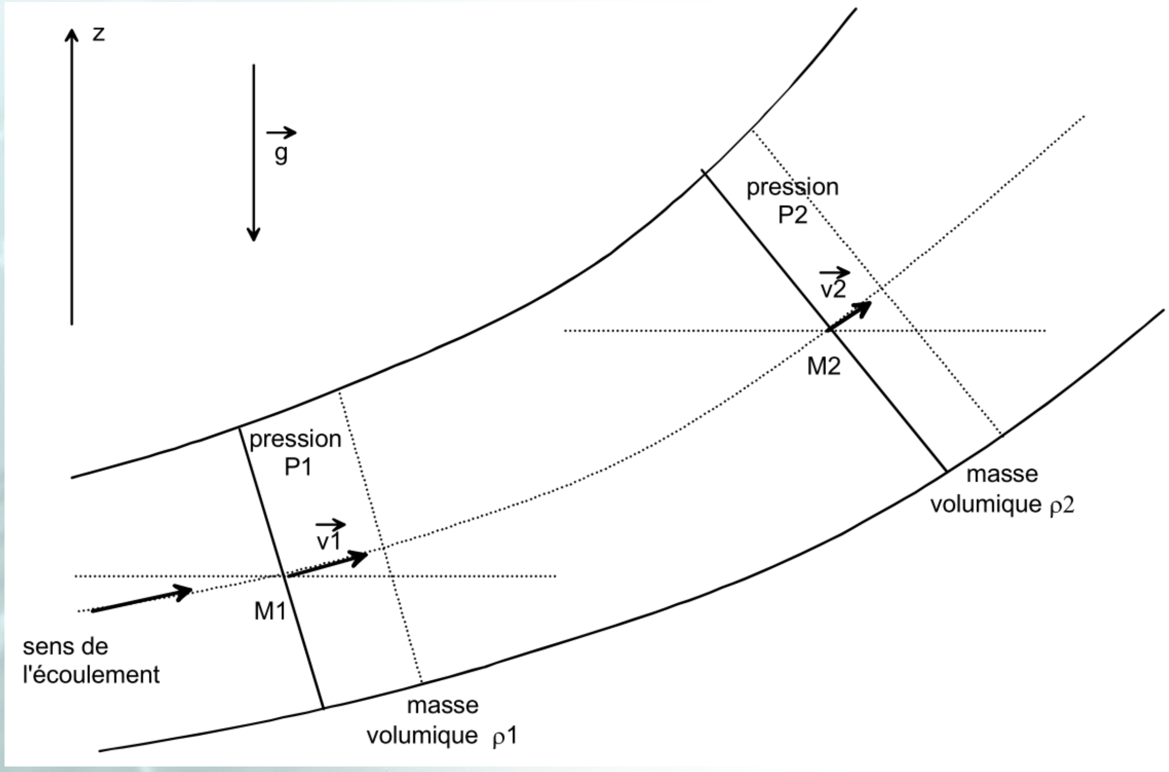
- → $V_i/V_{tot} = 0{,}895 \approx 90\%$

III. Théorème de Bernouilli

III.1 Ligne de courant

- La **ligne de courant** correspond aux trajectoires suivies par les particules fluides. Si le mouvement du fluide n'est pas trop compliqué, il reste confiné dans des **tubes de courant**, c'est-à-dire des ensembles de lignes de courant qui se déforment au sein de l'écoulement. L'exemple le plus simple de tube de courant est le contour d'un tuyau, que le fluide ne peut jamais traverser.

- Soit une masse m de fluide parfait, de volume V, entre les sections S_1 et S_2 à l'instant t (ci-dessous). À l'instant t + Δt, cette masse de fluide se trouve entre S'_1 et S'_2 :



$$\frac{1}{\mathrm{V}} \times \frac{1}{2} m v_1^2 + \frac{1}{\mathrm{V}} \times m g z_1 + \frac{1}{\mathrm{V}} \times \mathrm{P}_1 \times \mathrm{V} = \frac{1}{\mathrm{V}} \times \frac{1}{2} m v_2^2 + \frac{1}{\mathrm{V}} \times m g z_2 + \frac{1}{\mathrm{V}} \times \mathrm{P}_2 \times \mathrm{V}$$

$$\Leftrightarrow \rho \frac{v_1^2}{2} + \rho g z_1 + \mathrm{P}_1 = \rho \frac{v_2^2}{2} + \rho g z_2 + \mathrm{P}_2$$

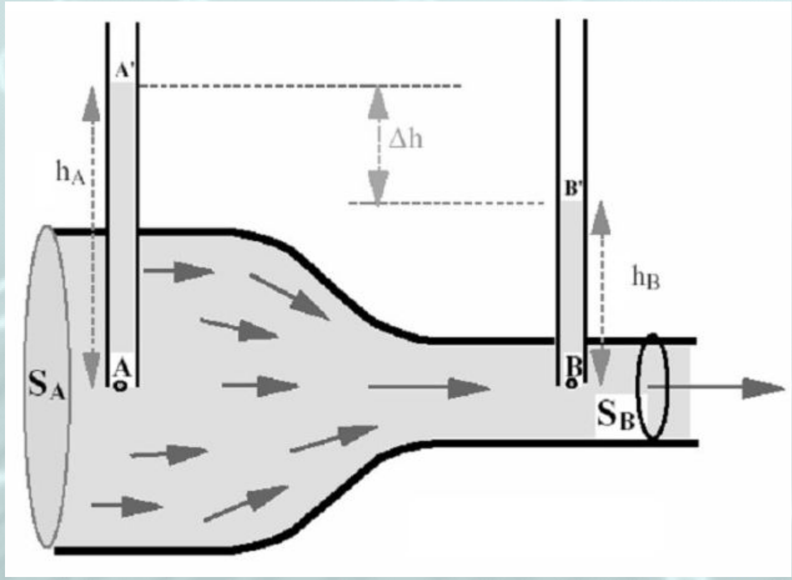
$$\Leftrightarrow \boldsymbol{\rho \frac{v^2}{2} + \rho g z + \mathrm{P} = \mathrm{Constante}}$$

- Cette équation traduit en fait la conservation de l'énergie de la masse m de fluide le long d'une ligne de courant, entre les instants t et t + Δt, avec :

- $\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{V}} \times \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{2}} \boldsymbol{m v^2} = \frac{1}{2} \boldsymbol{\rho} \, \boldsymbol{v^2}$: densité volumique d'énergie cinétique (énergie cinétique par unité de volume) ;
- $\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{V}} \times \boldsymbol{mgz} = \boldsymbol{\rho g z}$: densité volumique d'énergie potentielle de pesanteur ;
- $\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{V}} \times \mathbf{P} \times \mathbf{V} = \mathbf{P}$: densité volumique d'énergie élastique (intensité de la force qu'exerce le fluide par unité de surface).

III.2 Effet Venturi

- L'**effet Venturi**, du nom du physicien italien Giovanni Battista Venturi, est le nom donné à un phénomène de la dynamique des fluides, selon lequel un fluide en écoulement subit une dépression là où la vitesse d'écoulement augmente, ou là où la section d'écoulement se rétrécit.



1. Ecrire l'équation traduisant la conservation du débit volumique
2. Ecrire la relation de Bernoulli sur la ligne de courant AB