Statique des fluides
(Réf terrestre galiléen, pesanteur uniforme)

Description d'un fluide

- Fluide = gaz ou liquide
- Étude à l'échelle **méso :** grandeurs intensives
- **Champs** :
  $\rho(M)$ $(kg.m^{-3})$
  $P(M)$ (Pa)
  pas T (sauf exception)
- Passage des grandeurs méso intensives (champs) aux grandeurs macro extensives par **intégration**
- Système méso : volume élémentaire $d\tau$

Relation (fondamentale) **de la statique**

$$\rho\vec{g} - \overrightarrow{grad}(P) = \vec{0}$$

Statique : somme force pesanteur + force de pression = 0

- RFD appliquée à une tranche de fluide $d\tau$ puis exprimée par unité de volume $(N.m^{-3})$

Définition de la pression P

$$\overrightarrow{dF}_{pression} \overset{\text{def}}{=} \pm \boldsymbol{P}\ \overrightarrow{dS}$$

Les forces de pression poussent toujours depuis l'extérieur **vers le système**

- Pression $P(M) > 0$, définie en tout point M
- $P(M)$ indépendante de l'orientation de $\overrightarrow{dS}$
- $P(M)$ fonction continue de la position, notamment à l'interface entre deux fluides (sauf si tension superficielle)
- équivalent volumique $(N.m^{-3})$
  $$\vec{f}_{vol} = -\overrightarrow{grad}(P)$$

Application aux fluides **compressibles (gaz)**

- Équation d'état : $PV = nRT$
- Profil de pression (atmo isotherme) :
  $$P(z) = P_0 e^{-\frac{Mgz}{RT}}$$
- $\rho_{air} \sim 1\ kg.m^{-3}$
  $H_c \overset{\text{def}}{=} \frac{RT}{Mg} \sim 8\ km$

Application aux fluides **incompressibles** et **homogènes (liquides monophasés)**

- Équation d'état : $\rho\ uniforme$
- Profil de pression :
  $$P_{bas} = P_{haut} + \rho g h$$
- $\rho_{eau} \sim 10^3\ kg.m^{-3}$
  augmentation de 1 bar tous les 10m dans l'eau

Poussée d'Archimède

- **Force de pression totale $\vec{\Pi}$ exercée par le fluide environnant** sur le système
- Théorème d'Archimède :
  $$\vec{\Pi} = -\rho_{autour} \times V_{imm} \times \vec{g}$$
- Ballons, montgolfières : le gaz dans le ballon **permet d'alléger le poids de l'ensemble**, et la poussée exercée par l'air environnant peut alors l'emporter

- La définition de la pression nécessite un dessin. Sur ce dessin, l'orientation de $\overrightarrow{dS}$ est arbitraire, d'où le signe $\pm$ dans la formule. Il faut choisir le bon signe en fonction du dessin, et en invoquant le fait que les forces de pression **poussent** toujours sur le système (à notre niveau de connaissance)

- La RFS est une équation locale (présence d'une dérivée spatiale) obtenue de la manière suivante :
  application du PFD à l'équilibre sur un volume élémentaire $d\tau$ de fluide immobile
  ce facteur $d\tau$ apparaissant dans tous les termes, il est simplifié. Cela fait apparaître un PFD par unité de volume $(N.m^{-3})$

- Profil de pression dans le cas d'un fluide IH : cette formulation ne dépend pas du système de coordonnées, exprime bien l'idée que la pression est toujours plus forte en bas, et tous les termes écrits sont positifs. Cette formule doit s'accompagner d'un bref dessin pour définir « bas, haut et h ».

- La température n'est pas ici une grandeur d'intérêt, car l'expérience montre que l'aspect mécanique l'emporte (numériquement) assez largement sur l'aspect thermique en statique des fluides. On verra que c'est aussi largement vrai en dynamique des fluides (fluides en mouvement).
  La température peut influer mais au 2^{e} ordre (cf. expression $P(z)$ dans le modèle de l'atmo isoT, et les coeff de dilatation des liquides, assez faibles)
  C'est surtout (mais pas que) lorsque l'on considère la possibilité de transferts thermiques avec des corps de température différente que la température du fluide devient un paramètre indispensable à considérer : c'est la thermodynamique des fluides en écoulement (machines thermiques par ex)