

Éléments de statique des fluides dans un référentiel galiléen

Extrait du programme

La partie **1** introduit sur le support concret de la statique des fluides le principe du découpage d'un domaine physique (volume, surface) en éléments infinitésimaux et la sommation d'une grandeur extensive (force) pour ce découpage.

Notions et contenus	Capacités exigibles
1. Éléments de statique des fluides dans un référentiel galiléen.	
Forces surfaciques, forces volumiques. Champ de pression.	Distinguer les forces de pression des forces de pesanteur.
Statique dans le champ de pesanteur uniforme : relation $dp/dz = -\mu g$.	Exprimer l'évolution de la pression avec l'altitude dans le cas d'un fluide incompressible et dans le cas de l'atmosphère isotherme dans le modèle du gaz parfait. Comparer les variations de pression dans le cas de l'océan et de l'atmosphère modélisés.

Sommaire

1 Forces au sein d'un fluide au repos

1.1 Définition de l'échelle

1.2 Définition du système

1.3 Bilan des forces

2 Relation de statique des fluides

2.1 Principe fondamental de la dynamique

2.2 Relation de statique des fluides

3 Exemples

3.1 Cas d'un fluide incompressible et homogène

3.2 Cas de l'atmosphère isotherme dans le modèle du gaz parfait

3.3 Comparaison des deux modèles

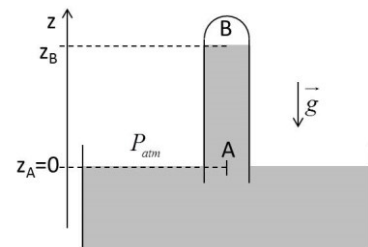
4 Questions de cours

- 1) Exprimer la densité volumique de forces de pesanteur.
- 2) Exprimer la densité surfacique de forces de pression.
- 3) Démontrer la relation de la statique des fluides. On considèrera une particule de fluide de volume $dV = dx dy dz$ et l'axe (Oz) ascendant.
- 4) Démontrer la relation de la statique des fluides. On considèrera une particule de fluide de volume $dV = dx dy dz$ et l'axe (Oz) descendant.
- 5) Démontrer la relation de la statique des fluides. On considèrera une particule de fluide de volume $dV = r dr d\theta dz$ et l'axe (Oz) ascendant.
- 6) Démontrer la relation de la statique des fluides. On considèrera une particule de fluide de volume $dV = r dr d\theta dz$ et l'axe (Oz) descendant.
- 7) Retrouver l'évolution de la pression dans le cas d'un fluide incompressible et homogène, l'axe (Oz) étant ascendant.
- 8) Retrouver l'évolution de la pression dans le cas d'un fluide incompressible et homogène, l'axe (Oz) étant descendant.
- 9) Redémontrer la loi de pression en fonction de l'altitude dans le cas d'une atmosphère isotherme à la température T_0 . L'atmosphère peut être considérée comme un gaz parfait. La pression au niveau du sol est notée P_0 . On introduira une hauteur caractéristique H du phénomène que l'on précisera.
- 10) Définir les trois échelles que l'on rencontre dans la cadre du cours de thermodynamique.

5 Exercices

5.1 Baromètre de Torricelli

Le baromètre de Torricelli est composé d'un tube, rempli de mercure retourné sur une cuve, contenant également du mercure. L'atmosphère, qui exerce une pression P_{atm} sur la surface libre du mercure dans la cuve, empêche le tube de se vider.



- 1) Au-delà de quelle hauteur le tube n'est-il plus entièrement rempli ?
- 2) Expliquer alors le principe de la mesure barométrique (mesure de la pression atmosphérique).
- 3) Une unité employée parfois pour les pressions est le millimètre de mercure. Comment le convertit-on en Pascal ?
- 4) Quel serait le problème si l'on utilisait de l'eau, plutôt que du mercure ?

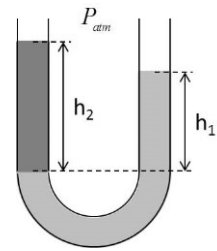
Données :

- masse volumique du mercure : $\mu_{Hg} = 13,5 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$
- masse volumique de l'eau : $\mu_{eau} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$
- pression atmosphérique : $P_{atm} = 1 \text{ bar}$
- accélération de la pesanteur : $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$

5.2 Tube en U contenant deux liquides

Un tube en U contient deux liquides non miscibles de masses volumiques μ_1 et μ_2 . Ces deux liquides sont en contact avec l'air libre à la pression P_{atm} .

- 1) Exprimer la masse volumique μ_2 en fonction de μ_1 , h_1 et h_2 .
- 2) Quel est le liquide le plus dense ?
- 3) Que dire du principe des vases communicants ?



5.3 Modèles d'atmosphère

L'air de la troposphère (partie de l'atmosphère dans laquelle nous vivons) est considéré comme un gaz parfait de masse molaire M . On suppose le champ de pesanteur uniforme. Au niveau du sol ($z = 0$), la pression est P_0 et la température T_0 .

- 1) On suppose que la température de l'atmosphère est uniforme. A partir de la relation de statique des fluides, établir la loi de variation de la pression en fonction de l'altitude z . On introduira une hauteur caractéristique H du phénomène.
- 2) On suppose maintenant que la température de l'air décroît linéairement avec l'altitude z selon la loi ($\lambda > 0$) :

$$T(z) = T_0 - \lambda z$$

- 2.a) Montrer que la pression à l'altitude z est de la forme :

$$P(z) = P_0 \left(1 - \frac{\lambda}{T_0} z \right)^{\frac{T_0}{\lambda H}}$$

- 2.b) Calculer, dans ce modèle, la pression au sommet de l'Everest (8850 m).
- 3) Pour $z \ll H$, montrer que les résultats obtenus à l'aide des deux modèles précédents conduisent à une même fonction affine $P(z)$ donnant la pression en fonction de l'altitude.

Données : $M = 29 \text{ g.mol}^{-1}$; $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$; $P_0 = 1,0 \text{ bar}$; $T_0 = 310 \text{ K}$; $\lambda = 5,0.10^{-3} \text{ K.m}^{-1}$