Polytech' Paris
PeiP2
2013-2014

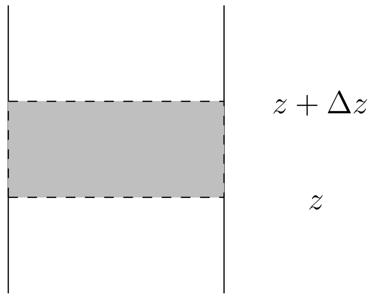
THERMODYNAMIQUE

Exercices, feuille 1

---

1 20.000 lieues sous les mers

Vous allez calculer comment varie la pression $P(z)$ dans l'océan avec la profondeur z. Considérez pour cela une fine tranche d'océan, de surface s et d'épaisseur Δz, suffisament fine pour que les variations de pression à l'intérieur soient négligeables.



1. Faites un bilan des forces s'exerçant sur cette tranche.

2. La tranche d'océan est immobile. Déduisez une relation entre $P(z)$, $P(z + \Delta z)$, Δz et les différentes caractéristiques du problème.

3. En prenant la limite $\Delta z \to 0$, trouvez une équations différentielle régissant la variation de pression. Comment fixez-vous les constantes d'intégration ? à quelle profondeur la pression atteint-elle 2 atmosphères ? 10 atmosphères ?

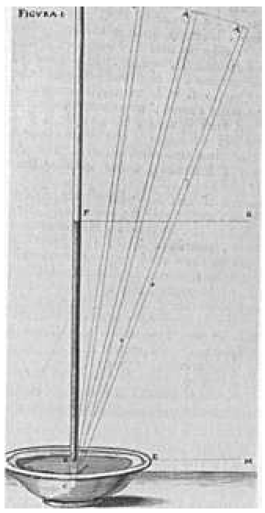
---

2 Le grand bleu

Un instrument très utile en plongée est le tuba, qui permet de respirer en gardant la tête sous l'eau. En utilisant le même principe, on pourrait imaginer prendre un tube de quelques mètres pour respirer au fond de l'eau. Expliquez pourquoi, en pratique, ce n'est pas une bonne idée.

---

3 Baromètre



En 1643, Evangelista Torricelli invente le premier baromètre. Un tube est rempli de mercure, puis retourné dans une coupelle de mercure. à l'équilibre, on a donc dans le tube, du mercure liquide jusqu'à une certaine hauteur, puis au-dessus du mercure gazeux (mais, pour simplifier, on considère ici que le haut du tube est vide)

1. À quelle hauteur monte le mercure dans le tube (masse volumique du mercure $\rho_{\mathrm{Hg}} = 13,6\ 10^3$ kg m^{-3}) ?

2. Pourquoi est-il intéressant de prendre du mercure plutôt que de l'eau ?

3. Comment expliquez-vous que lorsqu'on penche le tube, le niveau de mercure reste à la même hauteur ?

4. Les études de Torricelli sur la pression étaient motivées par une question du grand-duc de Toscane à Galilée (dont Toricelli était le disciple), qui n'arrivait pas à faire alimenter les fontaines de son palais par une source se trouvant à 13 mètres sous terre. Pouvez-vous expliquer pourquoi ceci est problématique ? Pouvez-vous trouver un moyen technique pour contourner cette difficulté ?

4 Variables intensives, extensives et fonctions d'état

Considérons la fonction d'état $V = f(N, T, P)$.

1. Deux systèmes sont à la même température et à la même pression, mais l'un a α fois plus de particules que l'autre. Quelle relation peut-on donner entre leurs volumes ?

2. En déduire une relation entre $f(N, T, P)$ et $f(\alpha N, T, P)$.

3. Saurez-vous trouver la forme de la fonction $f(N, T, P)$ qui satisfait cette contrainte ? (Vous pourrez par exemple dériver l'expression par rapport à α, puis faire $\alpha = 1$)

4. Mêmes questions pour les autres fonctions d'état. Conclusions ?

5 Les hemisphères de Magdebourg

En 1654, Otto Von Guericke, maire de Magdebourg, proposa une mise en évidence frappante de la pression atmosphérique. Le dispositif est constitué de deux demi-sphères creuses de 50 cm de diamètre, mises l'une contre l'autre. Grâce à une pompe à vide (inventée 4 ans avant par le même), on vide l'air compris entre les deux hémisphères (on suppose ici que la pression à l'intérieur est nulle après le pompage, ce qui est bien sûr une idéalisation). Deux atelages de 8 chevaux tirent chacun sur un hémisphère, sans réussir à les décoller.
Quelle force faut-il appliquer sur chaque hémisphère pour les décoller ? Si le problème vous semble trop compliqué, vous pourrez commencer par considérer des géométries plus simples (par exemple deux cubes, puis deux cylindres au lieu de deux demi-sphères).