28 Février 2025 *Richard Ducker*

Série 2

Exercice 1: Ordre de grandeur des pressions

Dans la vie courante, nous exprimons souvent la pression en atmosphères (atm). En physique, l'unité est le pascal (Pa). L'exercice vise à vous sensibiliser aux valeurs numériques de la pression.

(a) Les premières mesures de la pression atmosphérique étaient faites avec le baromètre à mercure (voir Fig. 1). A partir de cet instrument, on définit l'unité *atm* comme la pression qui produit

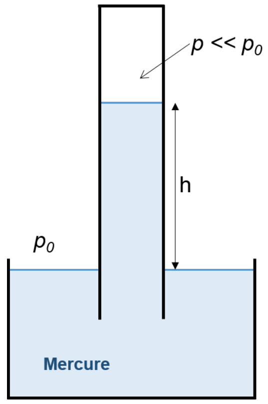


FIGURE 1 – Schéma d'un baromètre.

à 0° une colonne de mercure dont la hauteur vaut exactement h=760 mm (1 *atm* correspond environ à la pression atmosphérique moyenne au niveau de la mer). La densité du mercure est de 13.55 g/cm^3. Trouvez la conversion de *atm* en *Pa*.

(b) Vous êtes au rez (i.e. au sol) d'un immeuble qui a un réservoir d'eau à 100 m du sol et dont la surface supérieur est en équilibre hydrostatique avec l'atmosphère. Quelle est la pression de l'eau dans les tuyaux au niveau du sol ?

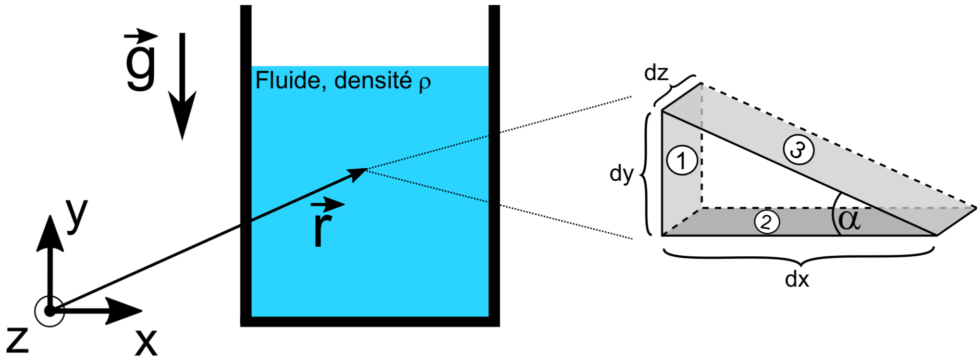
(c) Le médecin vous mesure la pression. La pression systolique (contraction maximale du cœur) correspond à 120 mm de Hg (pression relative a l'atmosphère). Quelle est la valeur en Pa ?

(d) Que vaut 10^{-3} mbar en Pascal ?

Exercice 2: La pression - un champ scalaire

Dans cet exercice, vous allez démontrer que dans le cas où il n'y a pas de contrainte de cisaillement (c'est à dire une force surfacique dont la direction est parallèle à la surface où elle s'applique), la pression d'un fluide en un point arbitraire est la même dans toutes les directions. Ainsi, la pression est bien un champ scalaire.

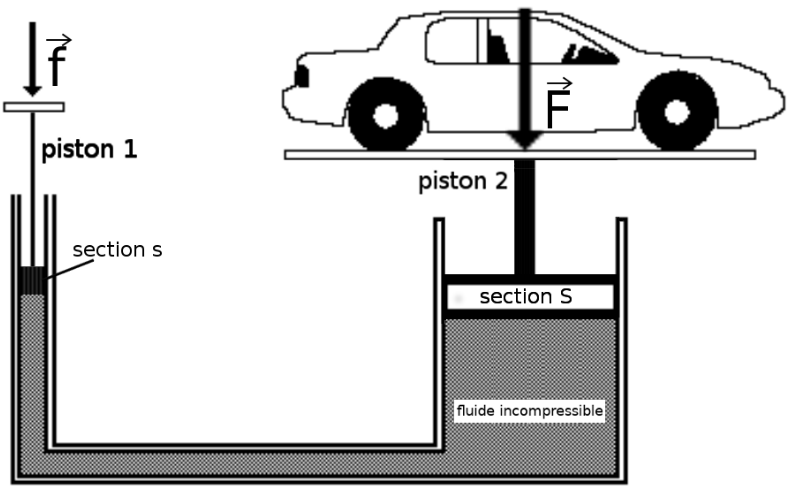
(a) On considère un fluide au repos, soumis à la force de gravité, et un point $\vec{r}$ dans ce fluide. En ce point, on considère un prisme infinitésimal, comme indiqué dans la figure, déterminé par les distances $\mathrm{d}y$, $\mathrm{d}z$, et l'angle α. Montrez que, pour que la situation de ce prisme soit statique, les pressions agissant sur les surfaces 1, 2, et 3 doivent être les mêmes. En conclure que la pression au point $\vec{r}$ est en effet indépendante de la direction.



(b) Montrez que le résultat de la question a) reste valable dans la situation où le fluide est en mouvement. Cette fois-ci, la position du prisme est définie par la position $r(\vec{t})$ de son centre de masse (le prisme peut se déformer au cours du temps).

Exercice 3: Application du principe de Pascal

Nous considérons le système suivant (voir figure ci-dessous), rempli d'un fluide incompressible. Les pistons 1 et 2, dont on pourra négliger la masse et l'effet de la différence de hauteur sur la pression, peuvent coulisser sans frottement le long de tubes de sections respectives s et S. On peut appliquer une force verticale $\vec{f}$ sur le piston 1, tandis qu'une voiture repose sur le piston 2.



(a) Quelle est la force f qu'il faut appliquer pour soulever la voiture de masse m ?

(b) Si le piston 2 s'élève d'une certaine distance D, de quelle distance le piston 1 est descendu ?

(c) Que vaut $\vec{f}$ pour s=1 cm^2, S=400 cm^2 et m=2000 kg ?

Exercice 4: Fontaine de Héron

Nous sommes dans un système avec trois récipients (voir Fig. 2) qui contiennent deux fluides non-miscibles de densité ρ_1 et ρ_2 avec $\rho_1 \geq \rho_2$. Pour l'exercice, on considère que ces fluides sont incompressibles, on néglige les effets de tension superficielle et on prend le cas d'une situation statique.

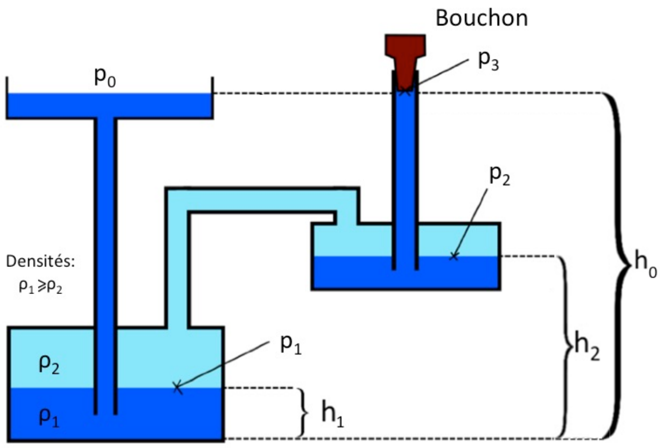


FIGURE 2 – Fontaine de Heron

(a) Exprimer les pressions p_1, p_2 et p_3 en fonction des paramètres donnés ($p_0, \rho_1, \rho_2, h_0, h_1, h_2$).

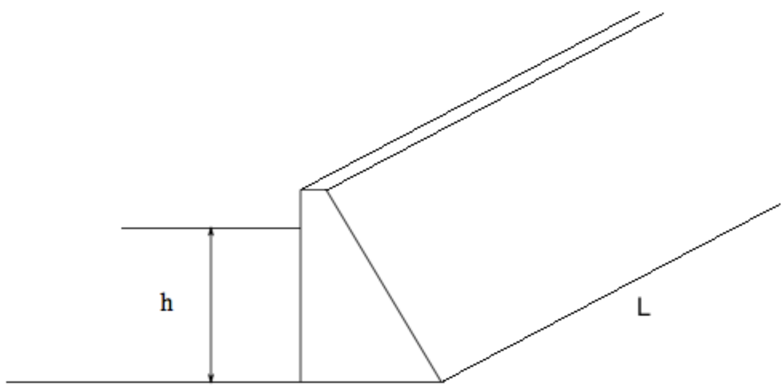
(b) Quelle est l'expression de p_3 dans le cas $\rho_1 = \rho_2$?

(c) Quelle est l'expression de p_3 dans le cas $\rho_2 \to 0$?

(d) Pour les cas (b) et (c), qu'est-ce qui va se passer si on enlève le bouchon ? (on suppose que $h_2 > h_1$, comme l'indique le dessin).

Exercice 5: Force sur un barrage

Soit un barrage de longueur L. Le lac de retenue a une hauteur h :



(a) Calculez la composante horizontale F de la résultante des forces de pression sur le barrage.

(b) La force F dépend-elle de la surface du lac de retenue ?