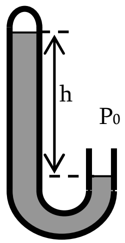
# TD19 : TH2 – Statique des Fluides

## Compétence 1 : Traduire l'équilibre d'un fluide incompressible

### Exercice 1.1 : Mesure de Pression

#### a) Baromètre simple

L'évaluation de la pression se ramène le plus souvent à une mesure de dénivellation. Considérons le dispositif suivant, il permet de mesurer la pression atmosphérique.




→ Exprimer la dénivellation $h_{Hg}$ du mercure en fonction de sa masse volumique $\rho_{Hg}$, de l'intensité du champ de pesanteur g et de la pression atmosphérique $P_0$.

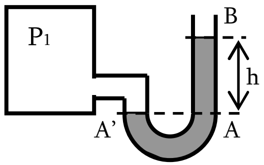
→ Calculer la hauteur de mercure $h_{Hg}$ correspondante.

→ Pourquoi avons-nous choisi le mercure plutôt que l'eau pour constituer ce baromètre ?

Données : $\rho_{Hg} = 13{,}6\ kg.L^{-1}$, $\rho_{eau} = 1\ kg.L^{-1}$, $P_0 = 1{,}013\ bar$, $g = 9{,}80\ m.s^{-2}$

#### b) Manomètre (mesure une différence de pression)

Un manomètre à mercure à air libre est relié à une enceinte dont on veut mesurer la pression.

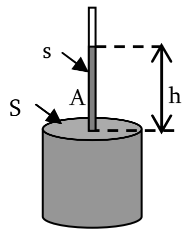



→ Déterminer la relation entre la pression atmosphérique locale ($P_0$), la pression $P_1$ à mesurer et la dénivellation h du mercure.

### Exercice 1.2 : Le tonneau de Pascal

Blaise Pascal (1623-1662) fit fixer un tube étroit d'environ 10m de hauteur sur le couvercle d'un tonneau. Ce tube communiquait en A avec l'intérieur du tonneau, le tout étant étanche. Il remplit le tonneau d'eau, et, une fois le tonneau plein, il continua l'opération en remplissant le tube fin qui le surmontait. Lorsque l'eau arriva à un certain niveau, le tonneau se mit à fuir de toute part puis explosa.

Pour comprendre ce phénomène spectaculaire, supposons que le couvercle, de surface S = 0,25m², est lesté pour que sa masse soit m = 500kg.

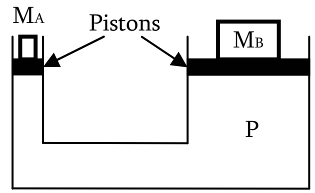



→ A partir de pression dans le tonneau le couvercle commence à se soulever ? Quelle est la hauteur critique $h_C$ correspondante ?

→ Sachant que la section du tube fin est s = 1cm², quel est le volume V d'eau minimum nécessaire au déplacement du couvercle ?

### Exercice 1.3 : La presse hydraulique

Deux récipients A et B de sections respectives $S_A$ et $S_B$, telles que $S_B = 100S_A$, sont remplis d'eau et communiquent par un tube. Les pistons A et B sont de masses négligeables. Une masse $M_B$ = 5kg est placée sur le piston B.




→ Quelle masse $M_A$ faut-il ajouter sur le piston A pour permettre à la masse $M_B$ d'être à l'équilibre ?

→ Il s'agit du principe de la presse hydraulique. Expliquer par un schéma comment se servir de cette propriété.

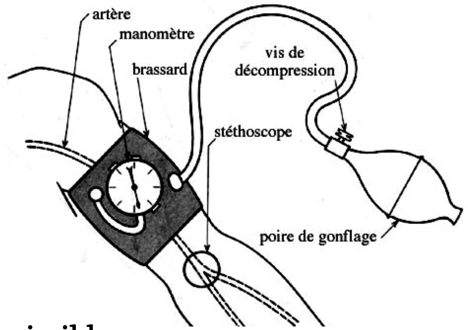
→ De combien faut-il déplacer le piston A pour déplacer le piston B de 1cm ?

→ Calculer le travail des forces sur A et sur B.

### Exercice 1.4 : La Pression artérielle

Un médecin mesure votre pression (ou tension) artérielle à l'aide de son sphygmomanomètre et de son stéthoscope. Il obtient la valeur : 12 – 8.

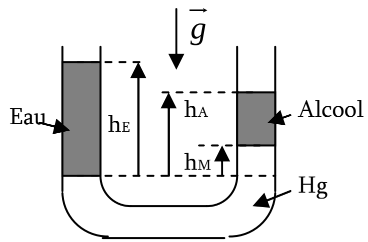
Qu'est-ce que cela signifie ?




### Exercice 1.5 : Equilibre de liquides non miscibles

Le champ de pesanteur est uniforme et d'intensité g = 9,8m.s⁻². Le milieu extérieur est l'atmosphère, de pression et de température constantes $P_0$ et $T_0$. Un tube en U de section constante S = 2cm² et ouvert à ses deux extrémités contient du mercure.

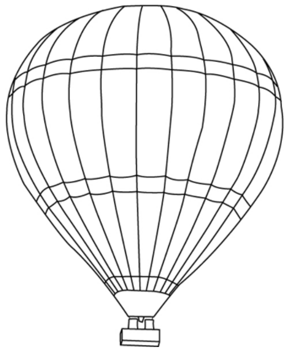
1. Pourquoi les surfaces de séparation sont-elles horizontales ?
2. On ajoute dans la branche de gauche un volume $V_E$ = 160 cm³ d'eau. Faire un schéma du dispositif. Calculer la dénivellation h entre la surface libre du mercure et la surface de séparation mercure-eau. Calculer sa valeur.
3. A partir de l'état d'équilibre précédent, on ajoute dans la branche de droite un volume $V_A$ d'alcool. Les surfaces de séparation entre les différents fluides sont repérées par les hauteurs $h_A$ = 20cm, $h_M$ = 5cm et $h_E$ = 80cm, Exprimer la masse volumique $\rho_A$ de l'alcool en fonction de $h_E$, $h_A$, $h_M$ et des masses volumiques respectives du mercure et de l'eau.




4. Faire l'application numérique avec $\rho_M = 13{,}6.10^3\ kg.m^{-3}$ et $\rho_E = 10^3\ kg.m^{-3}$.

## Compétence 2 : Traduire l'équilibre d'un fluide compressible

### Exercice 2 : La Montgolfière



On considère une enveloppe de volume constant $V_0$, remplie d'air (supposé gaz parfait) à la température $T_{in}$. Ce ballon est ouvert à sa partie inférieure, de façon à rester constamment en équilibre uniquement de pression avec l'air extérieur (dont la température est T). On note $M_0$ la masse totale de l'enveloppe, du dispositif de chauffage, de la nacelle et des passagers.

**a) L'atmosphère**

1. En supposant l'atmosphère isotherme (sur quelques centaines de mètres), redémontrer l'évolution de la pression en fonction de z.

2. Calculer la valeur de P pour z = 250m, z = 500m et z = 1000m, et tracer son évolution entre la surface et 1000m d'altitude. On donne $P_0$ = 1bar, $T_0$ = 293K (valeurs de T et P au sol), $g = 9{,}8\,m.s^{-2}$, $M_{air} = 29\,g.mol^{-1}$, et R = 8,314 $u_{SI}$.

**b) Equilibre de la montgolfière**

3. Exprimer la relation liant $T_{in}$ notamment à $T_0$, $P_{ext}$ pour que le ballon soit en équilibre du point de vue mécanique, à la pression ambiante $P_{ext}$.

4. Calculer numériquement les valeurs de $T_{in}$ correspondantes à l'équilibre, dans les mêmes conditions que le a), et pour les mêmes altitudes 250m, 500m et 1000m. On donne $V_0 = 1200\,m^3$, et $M_0$ = 400kg.

5. Commenter ces valeurs. Peut-on monter indéfiniment avec une telle montgolfière ? Cette montgolfière peut-elle voler dans le vide ?

## Compétence 3 : Calculer les forces exercées par un fluide

### Exercice 3.1 : L'iceberg

Un iceberg, de volume $V_0$ a un volume émergé $V_{im}$. A 0°C, sa masse volumique est $\rho_{glace} = 920\ kg.m^{-3}$, celle de l'eau $\rho_{eau} = 1000\ kg.m^{-3}$ et celle de l'air $\rho_{air} = 1{,}3\ kg.m^{-3}$.

1. Préciser les forces auxquelles il est soumis lorsqu'il est à l'équilibre

2. Calculer le pourcentage volumique η de sa partie visible, si on néglige la poussée d'Archimède due à l'air.

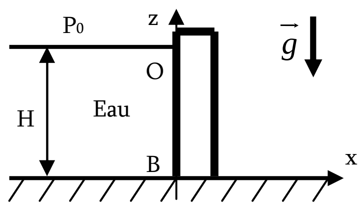
3. Préciser l'erreur commise si on néglige l'influence de l'air

### Exercice 3.2 : Forces exercées sur un barrage droit

Un barrage droit permet de réaliser une retenue d'eau sur une profondeur H et une largeur L. La pression de l'air est $P_0$, et la masse volumique de l'eau est constante et vaut $\rho_0$.

1. Exprimer la loi donnant la pression P qui règne dans l'eau selon la hauteur z.

2. Déterminer la résultante $\overrightarrow{F_{eau}}$ des efforts de pression qu'exerce l'eau sur le barrage en fonction de ρ, g, L et H et $P_0$.




3. Mettre en évidence la pression différentielle et exprimer l'ensemble des efforts de pression $\overrightarrow{F_{pression}}$ qui s'exercent sur le barrage.

4. Calculer le moment $\overrightarrow{M_B}\left(\overrightarrow{F_{pression}}\right)$. Que pensez-vous de la forme à donner au barrage ?

5. Tout se passe comme si cette force s'appliquait en un point C de la paroi, appelé centre de poussée. Déterminer sa position (On notera $h_C$ sa hauteur par rapport à B).