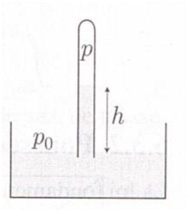
Statique des fluides incompressibles

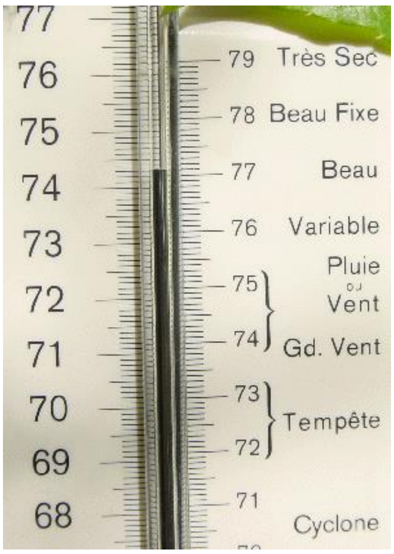
Activité 1 : Baromètre de Torricelli

On réalise un baromètre en remplissant un tube de 1 mètre de long avec du mercure (on note ρ_{Hg} la masse volumique du mercure, fluide supposé incompressible et indilatable).



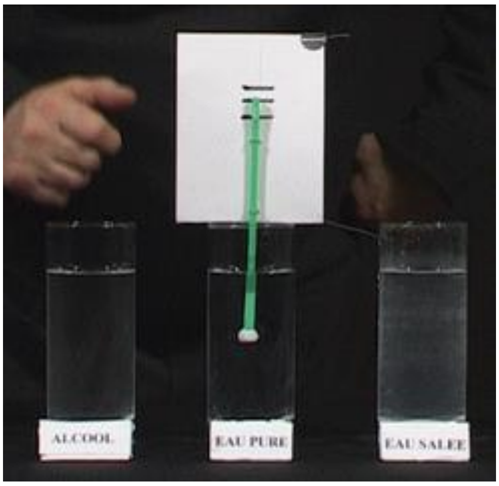
Ce tube est retourné dans une cuve contenant également du mercure, en contact avec l'air atmosphérique, à la pression ordinaire $P_0 = 1{,}013.10^5 Pa$. La colonne de mercure dans le tube s'abaisse, jusqu'à atteindre une hauteur h.

1) Préciser le principe de ce baromètre.
2) En déduire l'expression de la hauteur h.
3) Pourquoi n'utilise-t-on pas de l'eau pour ce baromètre ?
4) A l'aide de la photo du baromètre ci-dessous (en cm de mercure), déterminer la masse volumique du mercure.



Activité 2 : Petits problèmes de physiques

1) A quelle pression respire un plongeur lorsqu'il se trouve à une profondeur de 50m ?
2) Un densimètre permet de mesurer la densité des liquides. Expliquer comment une paille lestée par de la pâte à fixe permet d'accéder à la densité d'un liquide. Réaliser alors chez vous une mesure de la densité d'une eau saturée en sel.



3) Quel est, en pourcentage, le volume immergé d'un iceberg sachant que $\rho_{glace} = 0{,}92 g.cm^{-3}$?

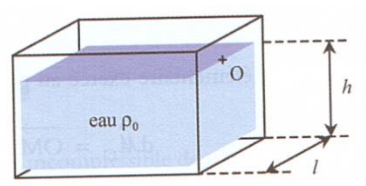
4) Un glaçon cubique de côté a flotte sur l'eau ; on le tire légèrement vers le haut et on le relâche. En supposant qu'il reste à la verticale, estimer la période de ses oscillations non amorties et proposer une application

numérique. On note les masses volumiques de l'eau solide et liquide respectivement ρ_s et ρ_l.

Calculs de force pressante

Activité 3 : Résultante des forces de pression sur un barrage plan

Un barrage est constitué d'une paroi verticale de largeur l. De l'eau, assimilée à un fluide incompressible et indilatable, de masse volumique ρ_0, s'appuie sur une hauteur h sur une des faces du barrage. La pression atmosphérique P_0 s'exerce sur l'autre face du barrage et sur la surface libre de l'eau.



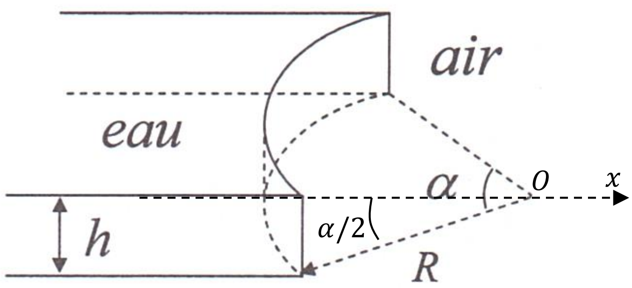
On prendra un axe Oz descendant.

1) Exprimer la force pressante élémentaire s'exerçant sur une surface élémentaire de longueur l et d'épaisseur dz.
2) Exprimer la résultante des forces de pression s'exerçant sur le barrage.
3) Exprimer le moment en O de la résultante de ces forces de pression.
4) En déduire la position du centre de poussée A : point où l'action globale de l'eau sur le barrage ne crée pas de moment.

Activité 4 : Résultante des forces de pression sur un barrage cylindrique

1) Expliquer cette expérience :

Un barrage à la forme d'un secteur cylindrique de hauteur h, caractérisé par son rayon R et l'angle α. Il est rempli d'eau, de masse volumique ρ et l'air ambiant est à la pression P_0.



2) Justifier, par une analyse des symétries du problème, que la résultante des forces de pression est suivant Ox.
3) Exprimer la résultante des forces de pression suivant Ox et la résultante des forces de pression suivant Oy s'exerçant sur la paroi cylindrique.

Activité 5 : Résultante des forces de pression sur une paroi sphérique

Le vide est fait à l'intérieur d'une coquille sphérique (hémisphères de Magdebourg de rayon R=0,5m).

Quelle force doivent développer les chevaux pour désolidariser les deux hémisphères ?

Statique des fluides gazeux

Activité 6 : Equilibre isotherme de l'atmosphère

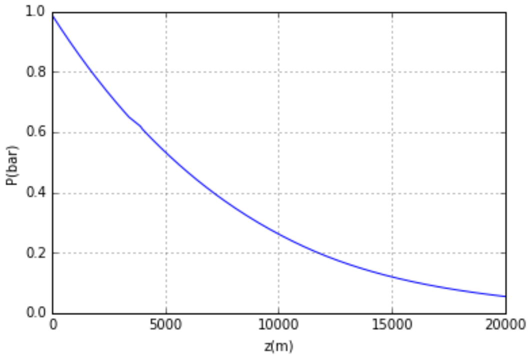
L'atmosphère est assimilée à un gaz parfait statique. On considère que le champ de pesanteur terrestre g est uniforme et on suppose également l'atmosphère isotherme.

1) Exprimer la pression $P(z)$ en fonction de la hauteur z par rapport au sol en posant $P(z=0)=P_0$ où P_0 est la pression atmosphérique au niveau du sol.
2) Définir puis calculer la hauteur caractéristique δ de variation de la pression pour 20°C.
3) En déduire la pression au sommet du mont Blanc d'après ce modèle (on donne $e^{-1/2} \approx 0{,}6$).
4) Justifier que dans un volume à taille humaine, on puisse parler de « la pression ».

Un ballon sonde est lancé et permet d'obtenir la pression pour différentes altitudes*. Un traitement informatique permet ensuite d'obtenir deux tableaux numpy accessibles sur un programme python.

- `tab_h` qui recense l'altitude des différents points de mesures
- `tab_P` qui contient les valeurs des pressions mesurées.

On obtient alors le graphe suivant :



L'atmosphère n'est rigoureusement pas isotherme sur une épaisseur de 20 km et la loi précédente est donc à modifier pour décrire correctement la pression en fonction de l'altitude. On cherche alors à vérifier si une loi en $P(z)=P_0e^{-az}$ peut correspondre aux points expérimentaux à l'aide de Python (a étant un nouveau paramètre à déterminer). On utilisera la librairie numpy :

```
import numpy as np
```

1) Ecrire une fonction `p` renvoyant un tableau des valeurs de pression vérifiant $P(z)=P_0e^{-az}$ et ayant pour argument `a`.

On rappelle que :

`np.sum(tableau)` : renvoie la somme de tous les éléments d'un tableau numpy

2) Ecrire une fonction `erreur(a)` qui renvoie la somme du carré des écarts entre les points expérimentaux et la loi souhaitée.

*valeurs extraites d'une publication de www.planete-sciences.org

Cette fonction erreur doit être minimisée, c'est-à-dire qu'il faut trouver une valeur du paramètre a qui minimise l'erreur.

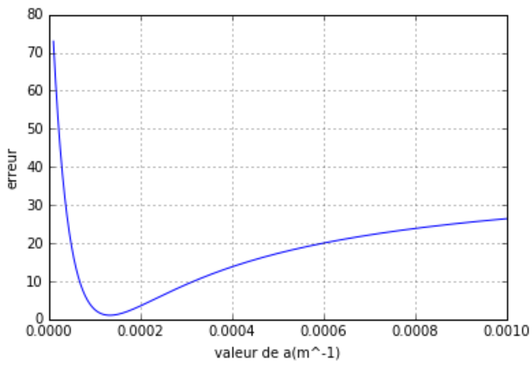
Le tracé $P(z)$ ci-dessus permet d'estimer une plage possible des valeurs pertinentes de a comprise entre $10^{-5}m^{-1}$ et $10^{-3}m^{-1}$.

On rappelle que :

`np.linspace(a,b,N)` : renvoie une liste de N valeurs comprises entre a et b.

3) Ecrire une fonction `liste_e()` qui retourne une liste de valeur d'erreurs associée à une liste de valeurs de a comprenant 1000 points dans l'intervalle $10^{-5}m^{-1}$ et $10^{-3}m^{-1}$

On obtient alors le graphe ci-dessous :



4) On propose ci-dessous un algorithme permettant de trouver la valeur de a. Expliquer le principe de cette méthode ainsi que la précision obtenue sur a.

```
def dico():

    a_inf=10**-4
    a_sup=10**-4+1/100*10**-4
    while erreur(a_sup)-
erreur(a_inf)<0 :
        a_inf= a_sup
        a_sup= a_sup+1/100*10**-4
    return (a_inf+a_sup)/2
print(dico())
```

Exercice 7 : Peut-on mesurer sa taille avec un capteur de pression ? (d49e-1760446)