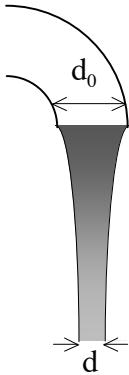


Seules sont autorisées les calculatrices non programmables et sans écran graphique de type « collègue ».

Les téléphones portables doivent être éteints et rangés. Les documents de toute sorte sont interdits.

Les parties 1 et 2 sont indépendantes.

Partie 1: Filet d'huile



On remplit un récipient avec de l'huile (masse volumique ρ_H) sortant d'un robinet (voir figure ci-contre).

Si le débit n'est pas trop important, le régime d'écoulement est qualifié de laminaire et ne présente alors pas de caractère turbulent.

La nature du caractère laminaire ou turbulent d'un écoulement dépend d'un paramètre sans dimension appelé nombre de Reynolds.

Ce paramètre dépend de plusieurs grandeurs physiques :

$$R_E = \frac{\rho_H v d}{\eta}$$

où ρ_H : masse volumique de l'huile
 v : vitesse du fluide ou d'un objet en mouvement dans le fluide
 d : diamètre de la canalisation ou de l'objet en mouvement
 η : viscosité absolue (ou dynamique) du fluide.

1.1 Donner la dimension et l'unité de la viscosité absolue

À la sortie du robinet, l'huile a une vitesse v_0 , verticale et dirigée vers le bas, le diamètre du filet d'huile vaut d_0 ; on constate que le diamètre d du filet d'huile diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'ouverture du robinet (voir figure).

1.2 Quelle(s) est / sont les grandeurs physiques qui sont conservées entre la sortie du robinet et quelques centimètres plus bas ?

Quelle grandeur physique augmente ?

Expliquez alors la forme du filet d'huile.

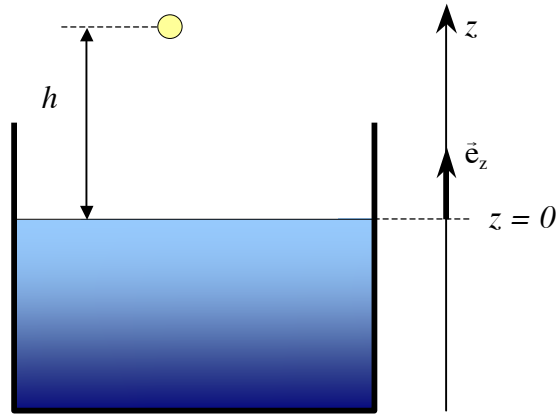
1.3 En déduire une relation littérale entre v_h , la vitesse de l'huile à une distance h du robinet, v_0 , d_0 et d_h le diamètre du filet d'huile à la distance h du robinet.

1.4 Assez loin de l'ouverture du robinet, le filet d'huile devient discontinu et des gouttes d'huile apparaissent. Proposer une explication.

Partie 2 : Chute d'une goutte d'huile

On s'intéresse maintenant à la chute d'une goutte d'huile que l'on considérera comme un objet sphérique indéformable (rayon R , masse volumique ρ_H avec $\rho_H = 800 \text{ kg.m}^{-3}$ et de masse m).

Cette goutte initialement immobile ($v_{z=h} = 0$) dans l'air est lâchée depuis une hauteur h dans un bassin rempli d'eau de masse volumique ρ_{eau} (avec $\rho_{eau} = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$) (voir schéma page suivante).



On s'intéressera dans un premier temps à la chute libre de la goutte dans l'air.

- 2.1 Donner (sans démontrer) l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur de la sphère. Établir son expression en $z = h$ sachant que l'origine des énergies potentielles sera prise en $z = 0$.
- 2.2 Etablir l'expression de $v_{z=0}$ la vitesse de chute de la sphère en $z = 0$; (on négligera les frottements avec l'air et on considérera que la taille de la goutte est très petite par rapport à la hauteur h).

On s'intéresse maintenant au mouvement de la sphère dans l'eau alors que celle-ci arrive avec la vitesse déterminée précédemment. Dans un premier temps, on négligera les frottements.

- 2.3 À quelle(s) force(s) est soumise la goutte d'huile dans l'eau ? (on donnera les expressions vectorielles pour chaque force en indiquant leur sens)
- 2.4 Donner l'expression vectorielle de la force totale résultante à laquelle est soumise la sphère en fonction de : ρ_H , ρ_{eau} , g et R .
(on rappelle que le volume d'une sphère est de la forme $(4\pi R^3)/3$ avec n à déterminer)
Quel est son sens ? Cela vous paraît-il logique ?

Les forces en présence sont des forces d'interaction gravitationnelle, il existe donc une relation entre la force totale résultante à laquelle est soumise la goutte et son énergie potentielle.

Cette relation est de la forme :
$$\mathbf{F}_R = -\frac{d}{dz}(E_p)$$

- 2.5 À l'aide du résultat de la question 2.4, déduire l'expression de l'énergie potentielle de la sphère dans l'eau en fonction de : ρ_H , ρ_{eau} , g , R et z .
- 2.6 Tracer sur un seul graphe l'allure de la courbe $E_p(z)$ pour $z \leq 0$ et $z \geq 0$.
- 2.7 En utilisant la conservation de l'énergie mécanique, déterminer jusqu'à quelle profondeur z_{min} la sphère s'enfonce dans l'eau.
A.N. : $\rho_H = 800 \text{ kg.m}^{-3}$; $h = 0,20 \text{ m}$; $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$.

On prend maintenant en compte les frottements et on suppose en première (et grossière) approximation que les frottements sont de type "solide", c'est à dire indépendant de la vitesse de la goutte d'huile dans l'eau. Dans ce cas, la goutte d'huile descend jusqu'à une profondeur minimale $z'_{min} = -5 \text{ cm}$.

- 2.8 Quel est le travail des forces de frottement ?
En déduire une expression de l'intensité de la force de frottement puis faire l'application numérique ($R = 5 \text{ mm}$)