

Introduction à la mécanique des fluides
CONTROLE TERMINAL - 1^{ère} session
Durée : 2h

Vendredi 8 Janvier 2021

*Pas de documents, pas de téléphone portable, calculatrice non autorisée.
Prenez soin de justifier vos réponses et de respecter les notations employées.
Le soin de la rédaction et l'orthographe seront pris en compte.*

Questions de Cours (6 points)

Pensez à expliciter chaque variable utilisée .

Pour les questions à choix multiples, vous reportez sur votre copier la ou les bonnes réponses.

- C.a) Que vaut la masse volumique de l'eau ? (exprimée en unités du système international, arrondie à un chiffre significatif) (1 point)
- C.b) Retrouvez l'expression du pascal en unités de base du système international. (1 point)
- C.c) L'expérience du tonneau de Pascal implique
A. La conservation du débit B. La loi de Poiseuille
C. La loi de l'hydrostatique D. La loi de Stokes E. La tension superficielle (0.5 point)
- C.d) La poussée d'Archimède dépend
A de la masse volumique de l'objet immergé B du coefficient de tension superficielle
C du volume de l'objet immergé D de la viscosité du fluide (0.5 point)
- C.e) Le nombre de Reynolds est un indicateur et que permet-t-il de caractériser ? (1 point)
- C.f) A quoi correspond la loi de Stokes ? Dépend-elle de la taille de la particule ? De la viscosité du milieu environnant ? de l'accélération de la particule ? De la température ? (1 point)
- C.g) A quoi correspond la loi de diffusion d'une particule ? Dépend-elle de la taille de la particule ? De la viscosité du milieu environnant ? de l'accélération de la particule ? De la température (1 point)
- C.h) Le nombre de Stokes est un indicateur défini par le rapport entre l'énergie cinétique et l'énergie dissipée . Justifiez d'une application de ce (1 point)

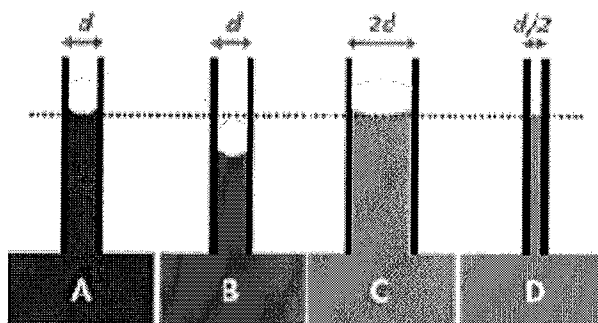
Questions simples :

5 points

Question 1 : Comparaison de coefficients de tension superficielle

1 points

Nous souhaitons comparer les coefficients de tension superficielle de 4 liquides différents ayant la même masse volumique. On suppose que, dans tous les cas, le liquide mouille parfaitement la surface.



Q.1) A partir des résultats obtenus ci-contre, quel est le liquide (A, B, C ou D) qui a la tension superficielle la plus élevée ? Justifiez votre raisonnement.

Question 2 :

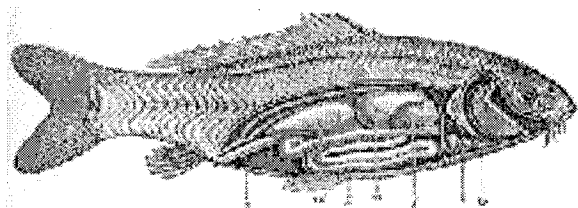
2 points

Q.2) Considérons une gaine de ventilation dans laquelle circule de l'air. Cette gaine est de section rectangulaire (largeur $l = 30$ cm, hauteur $h = 50$ cm). Le débit volumique d'air circulé est de $5400 \text{ m}^3/\text{h}$. Quelle est la vitesse moyenne de l'air, exprimée en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, dans la conduite ?

Question 3 : Vessie natatoire

2 points

Les poissons osseux possèdent un organe appelé vessie natatoire qui se présente comme un sac à paroi mince rempli de gaz (dioxygène, dioxyde de carbone, diazote). Les poissons peuvent contrôler le volume de gaz contenu dans cette vessie. Cet organe sert notamment à déterminer la profondeur à laquelle le poisson est immobile dans l'eau.



anatomie interne de la carpe



vessie natatoire de la carpe

Q.1a) Expliquez comment la profondeur à laquelle se situe le poisson influe sur la densité du poisson.

Q.1b) Expliquez comment le poisson peut se maintenir immobile à une profondeur donnée sans avoir à faire constamment des mouvements de nageoire (comme doivent le faire les poissons cartilagineux tel le requin qui n'ont pas de vessie natatoire).

Exercice : Principe du viscosimètre à capillaire vertical

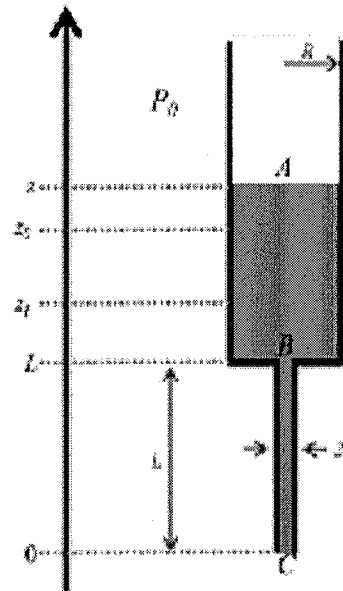
13 points

Un réservoir cylindrique de rayon R est prolongé à la base par un tube vertical également cylindrique de rayon r (avec $r \ll R$) et de longueur L débouchant à l'air libre. Le système contient un liquide de masse volumique ρ et de viscosité dynamique η . On note P_0 la pression atmosphérique. Les effets de tension superficielle sont négligés.

La vidange est très lente et on peut considérer en première approximation, que le fluide dans le réservoir de rayon R est quasiment au repos (vitesse négligeable). On admettra également que les pertes de charge dans le réservoir de rayon R sont négligeables.

L'écoulement dans le tube de rayon r se fait quant à lui à une vitesse v et sera supposé laminaire.

E1) Quel nombre est habituellement utilisé pour déterminer la nature de l'écoulement ? Rappelez son expression en fonction des données du problème pour le tube de rayon de r . Dans quelle gamme de valeurs doit se trouver ce nombre pour avoir un écoulement laminaire ? 1,5 point



E2) Dans l'approximation où le fluide dans le réservoir est quasiment au repos, déterminez la pression au point B, extrémité haute du tube, lorsque le niveau du liquide est à la cote z dans le réservoir. 1,5 point

E3) Exprimez l'énergie volumique totale au point B et au point C (i.e. à l'entrée et à la sortie du tube de rayon r). 1,5 point

E4) En déduire, grâce à la loi de Bernoulli généralisée (c'est-à-dire la loi de Bernoulli prenant en compte l'effet des pertes de charge), que les pertes de charge le long du tube sont égales à :

$$\Pi = \rho g z$$

Pour simplifier, nous considérons pour cette question et par la suite que les variations de l'énergie volumique cinétique sont négligeables devant les variations de l'énergie volumique potentielle de gravité, de la pression et les pertes de charge. 1 point

E5) A partir de la loi de Poiseuille, exprimez d'une autre manière les pertes de charges Π subies dans le tube. 1 point

E6) Déduire des questions E4) et E5), l'expression du débit volumique Q dans le tube. 1 point

E7) En déduire la vitesse d'écoulement v dans le tube. 1 point

E8) En déduire que la position z du niveau haut dans le réservoir est donnée par l'équation différentielle suivante :

$$\frac{dz}{dt} = -K z$$

où K est une constante que l'on explicitera en fonction des constantes du problème. *1,5 point*

E9) Déduire de E8) la durée $\tau = t_1 - t_0$ nécessaire pour que la surface libre dans le réservoir passe de l'altitude z_0 à z_1 .

On rappelle que

$$\int \frac{dz}{z} = \ln(z) + \text{constante}$$

Le résultat pourra être exprimé en fonction de K . *1,5 point*

E10) Montrer qu'en combinant deux mesures de durée τ_1 et τ_2 , l'une τ_1 effectuée pour un liquide de viscosité connue η_1 et l'autre τ_2 pour un liquide à déterminer η_2 , il est possible de remonter à la viscosité inconnue η_2 . *1,5 point*