



Concours en Biologie et Géologie Epreuve de Physique

Date : Jeudi 05 Juin 2008 Heure : 8 H Durée : 3 H Nbre pages : 04

Barème : Problème 1 : 08.5 / 20

Problème 2 : 11.5 / 20

L'usage d'une calculatrice non programmable est autorisé.

L'épreuve comporte deux problèmes **indépendants**. Le candidat peut les résoudre dans l'ordre qui lui convient, en respectant néanmoins la numérotation des questions.

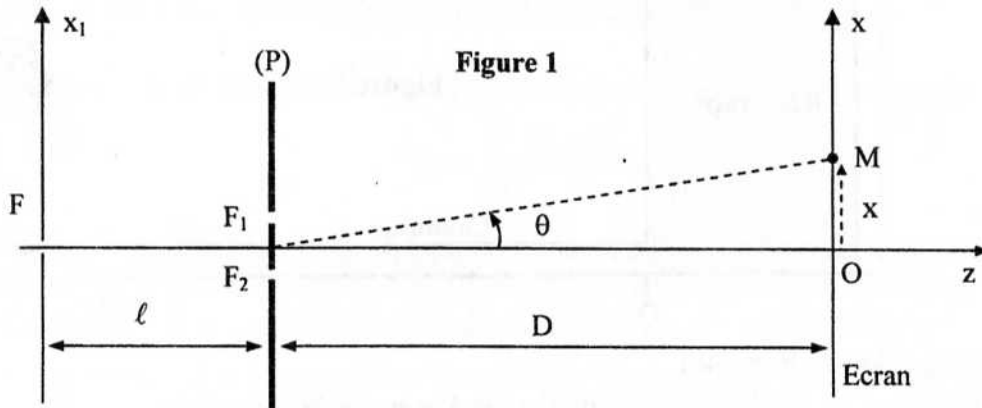
Problème 1 : Interférences lumineuses

On donne : $\cos(p) + \cos(q) = 2 \cos\left(\frac{p+q}{2}\right) \cos\left(\frac{p-q}{2}\right)$

Dans tout le problème l'indice de réfraction de l'air sera pris égal à 1.

On réalise, dans l'air, l'expérience des fentes d'Young à l'aide du dispositif schématisé sur la figure 1. Ces fentes, distantes de $F_1F_2 = a$, sont éclairées par une onde monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 600 \text{ nm}$, provenant d'une fente source très fine F placée à une distance $\ell \gg a$ du plan (P) contenant F_1 et F_2 .

L'observation se fait sur un écran, de centre O , se trouvant à une distance $D \gg a$ du plan (P).



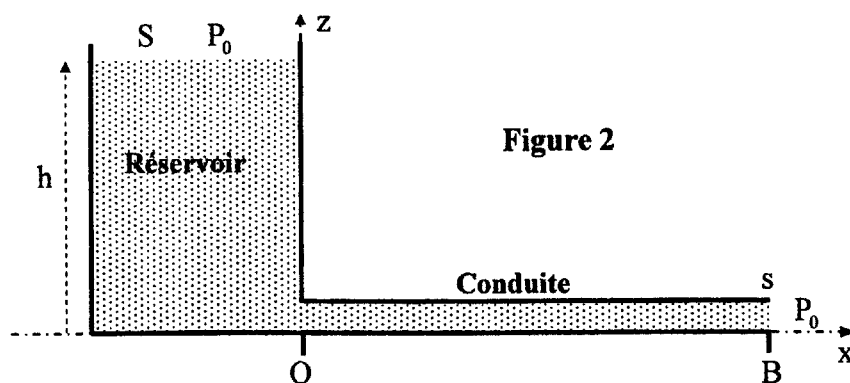
- 1- Décrire brièvement la figure d'interférences observée sur l'écran.
- 2- Tracer la marche des deux rayons qui interfèrent au point M de l'écran.
- 3- Déterminer la différence de chemin optique $\delta(M)$ entre les deux vibrations associées à ces deux rayons.
- 4- En déduire l'expression de l'intensité lumineuse $I(x)$ au point M de l'écran.
- 5-1- Déterminer l'interfrange i . Faire l'application numérique pour $a = 1 \text{ mm}$ et $D = 1 \text{ m}$.
- 5-2- Représenter $I(x)$.
- 5-3- Quelle est la position de la frange d'ordre $p_0 = 0$?

- 6- On intercale devant F_2 une petite lame à faces parallèles d'épaisseur e et d'indice n , de sorte que ses faces soient perpendiculaires à l'axe (Oz).
- 6-1- Déterminer la nouvelle différence de chemin optique entre les rayons qui interfèrent en M.
- 6-2- Dans quel sens et de quelle distance d la figure d'interférence est-elle traduite ? Justifier.
- 6-3- En déduire l'expression de l'indice de réfraction n de la lame.
Faire l'application numérique pour $e = 40 \mu\text{m}$ et $d = 20 \text{ mm}$.
- 6-4- Calculer le nombre de franges qui ont défilé en O.
- 7- On supprime la lame à faces parallèles.
On déplace la source F, dans son plan, d'une distance $x_1 = b > 0$.
- 7-1- Déterminer la nouvelle différence de chemin optique entre les rayons qui interfèrent en M.
- 7-2- Comment est modifiée la figure d'interférence ? Justifier.
- 8- On ajoute une source F' identique à F et située dans le même plan, à la distance $x'_1 = -b$ de l'axe (Oz).
- 8-1- Déterminer la nouvelle répartition de l'intensité lumineuse sur l'écran.
- 8-2- En déduire le contraste des franges défini par $C = \frac{I_{\text{max}} - I_{\text{min}}}{I_{\text{max}} + I_{\text{min}}}$.
- 8-3- Tracer l'allure de C en fonction de la distance $a = F_1 F_2$. Citer une application de ce phénomène.
- 9- On supprime la source F' et on ramène la source F à sa position initiale sur l'axe (Oz). Elle émet le doublet jaune de Sodium, formé de deux radiations monochromatiques de longueurs d'onde $\lambda_1 = 589,0 \text{ nm}$ et $\lambda_2 = 589,6 \text{ nm}$.
- 9-1- Décrire le phénomène observé.
- 9-2- A quelle distance de la frange centrale les franges disparaissent-elles pour la première fois ?

Problème 2

Ecoulement parfait :

- 1- Un réservoir cylindrique, de section S , contient un liquide non visqueux de masse volumique ρ et de hauteur h maintenue constante (Figure 2). L'évacuation de ce liquide se fait par l'intermédiaire d'une conduite cylindrique de rayon a et de faible section s ($s \ll S$), reliée à la base du réservoir. Le liquide, en écoulement permanent, est en contact avec l'atmosphère de pression P_0 .



- 1-1- Rappeler l'équation de Bernoulli.
- 1-2- Calculer la vitesse v_B de l'écoulement du liquide à la sortie de la conduite.
- 1-3- Déduire le débit volumique Q_v de l'évacuation du liquide du réservoir.
- On donne : $h = 1,8 \text{ m}$; $P_0 = 10^5 \text{ Pa}$; $a = 5 \text{ cm}$ et $g = 10 \text{ m s}^{-2}$.

- 2- On fixe à l'extrémité B de la conduite un embout de rayon $a' = \frac{a}{2}$ (Figure 3).

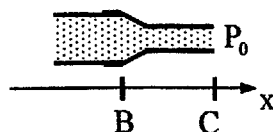


Figure 3

2-1- Calculer la vitesse v_C d'écoulement à l'extrémité C de l'embout.

2-2- Le modèle d'écoulement parfait reste-t-il valable lorsqu'on fait diminuer davantage la section de la conduite ? Justifier.

Écoulement réel :

3- Le réservoir précédent est maintenant rempli d'un liquide de masse volumique ρ , de viscosité dynamique η et de hauteur h maintenue constante. L'évacuation de ce liquide se fait par l'intermédiaire d'une conduite cylindrique de longueur L et de rayon a (Figure 4). Sa section s est faible devant celle du réservoir de sorte que l'écoulement soit permanent. Dans ces conditions, le débit volumique Q_v est donné par la loi de Poiseuille :

$$Q_v = \frac{\pi a^4}{8\eta} \frac{P_M - P_N}{\ell}$$

où P_M et P_N sont les pressions aux points M et N de la conduite horizontale distants de ℓ .

3-1- Rappeler l'expression du nombre de Reynolds $\mathcal{R}$.

Pour quelle valeurs de $\mathcal{R}$ la loi de Poiseuille est-elle valable ? Comment peut-on alors qualifier un tel écoulement ?

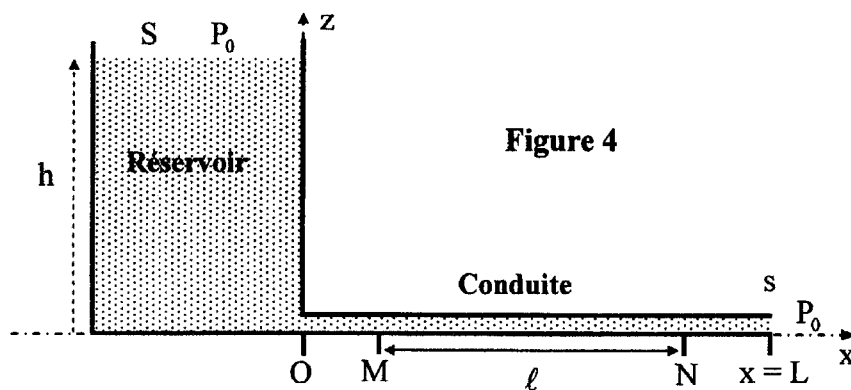


Figure 4

Dans la suite du problème, on admettra la validité de la loi de Poiseuille.

3-2- Montrer que la vitesse moyenne v_m de l'écoulement dans la conduite est donnée par :

$$v_m = \frac{a^2}{8\eta} \frac{P_M - P_N}{\ell}$$

4- Pour mesurer la pression en différents points de l'écoulement, on fixe sur la conduite cylindrique quatre petits tubes identiques centrés respectivement sur les points A, B, C et D (Figure 5). A la sortie de la conduite, la valeur du débit volumique mesurée est : $Q_v = 5,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

On donne : $s = 5 \text{ mm}^2$; $L = 40 \text{ cm}$; $OA = 5 \text{ cm}$; $OB = 10 \text{ cm}$; $OC = 30 \text{ cm}$ et $OD = 35 \text{ cm}$;

$$\rho = 980 \text{ kg m}^{-3} \text{ et } g = 10 \text{ m s}^{-2}.$$

Lors de l'écoulement du liquide visqueux, les hauteurs des niveaux du fluide dans les tubes verticaux situés en B et C sont respectivement : $h_B = 60 \text{ cm}$ et $h_C = 20 \text{ cm}$.

On néglige l'effet de la tension superficielle.

4 -1- Quelle est l'origine de la diminution du niveau du fluide dans les différents tubes verticaux ?

4 -2- En exploitant la relation fondamentale de l'hydrostatique et la loi de Poiseuille, déterminer les hauteurs h_A et h_D . Déduire la viscosité dynamique η du fluide.

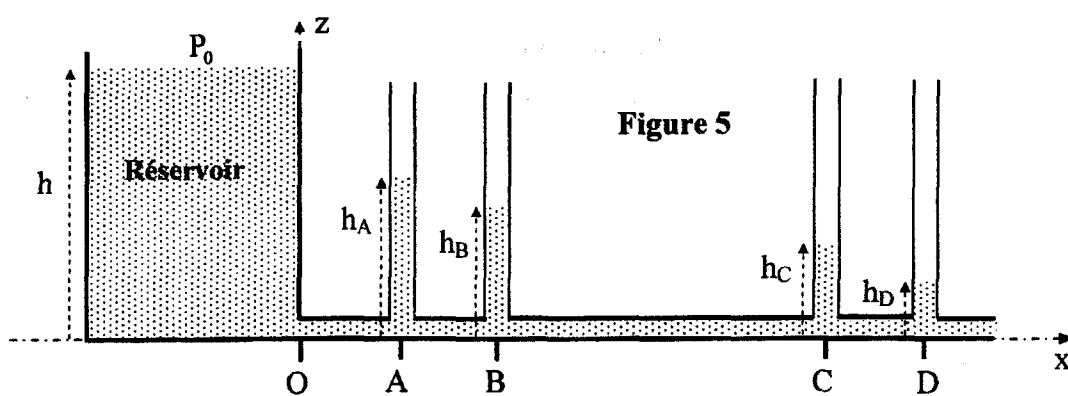


Figure 5

4 -3- On crée un étranglement entre les points B et C (Figure 6). L'écoulement est supposé toujours permanent et on maintient le même débit volumique le long de la conduite horizontale.

4 -3-1- En se basant sur la loi de Poiseuille et la notion de débit volumique déterminer la loi de variation de la pression $P(x)$ avant l'étranglement.

4 -3-2- Expliquer l'évolution des niveaux du fluide dans les quatre tubes verticaux par rapport au cas précédent.

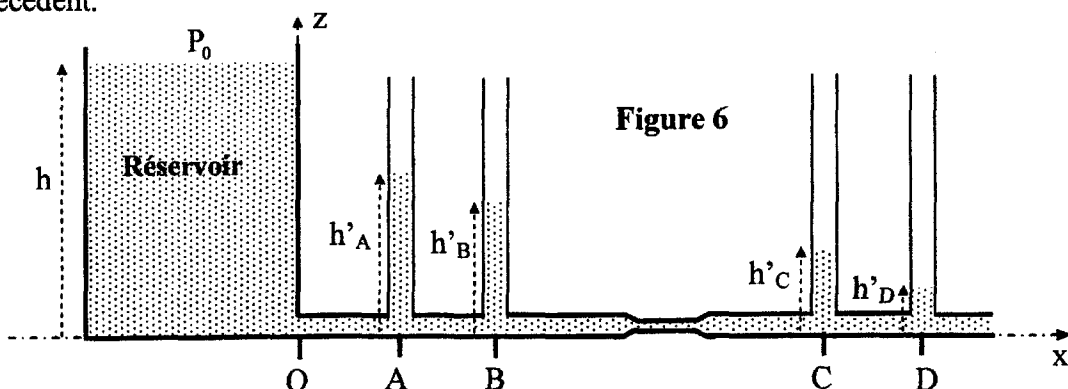


Figure 6

4 -4- Quel phénomène biologique illustre cette situation ?

Application :

5- Dans la circulation sanguine du corps humain, l'aorte se ramifie en artères qui se divisent à leur tour en artérioles. Ces dernières se ramifient en capillaires.

Les rayons de l'aorte et d'un capillaire sont respectivement $a_a = 1 \text{ cm}$ et $a_c = 10^{-3} \text{ cm}$. La section de tous les capillaires mis en parallèles est $S = 0,2 \text{ m}^2$.

Le débit volumique total à travers ces capillaires est : $Q_v = 8,3 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

5 -1- Calculer la vitesse moyenne de l'écoulement du sang dans l'aorte et dans un capillaire.

5-2-1- En supposant que la loi de Poiseuille reste valable dans les deux cas (aorte et capillaire), calculer la perte de pression par unité de longueur (perte de charge) $\frac{\Delta P}{L}$ relative à l'écoulement du

sang dans l'aorte et dans un capillaire.

On donne : viscosité dynamique du sang $\eta = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Poiseuille}$.

5 -2-2- Que peut-on déduire d'une comparaison qualitative entre les deux circulations sanguines ?

Quel phénomène physique néglige-t-on ?

5 -3-1- Déterminer le nombre de Reynolds $\mathcal{R}$ pour l'écoulement du sang dans l'aorte d'une part et dans un capillaire d'autre part.

5 -3-2- Que peut-on dire de l'hypothèse d'un écoulement laminaire dans chaque cas ?

On donne : la masse volumique du sang $\rho = 1,03 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$.

- FIN DE L'EPREUVE -