



Concours Biologie et Géologie Epreuve de Physique

Date: Jeudi 11 Juin 2015

Heure: 8H

Durée: 3H

Nbre de pages: 05

Barème: Problème A: 8 pts

Problème B: 7 pts

Problème C: 5 pts

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

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

Un candidat peut toujours se servir d'un résultat fourni par l'énoncé pour continuer sa composition.

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

Problème A

Cette partie concerne l'étude des ondes acoustiques. On mettra en évidence leur propagation, et leur interférence. Une application est envisagée en vue d'identifier un liquide inconnu.

A-I- Partie Préliminaire

A-I-1 Décrire une expérience réalisable au laboratoire permettant de mettre en évidence un phénomène de propagation à une dimension.

On rappelle qu'un phénomène ondulatoire qui se propage suivant la direction (Ox) peut être décrit par une variable $\psi(x, t)$, vérifiant l'équation aux dérivées partielles suivante:

$$\frac{\partial^2 \psi(x, t)}{\partial x^2} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \psi(x, t)}{\partial t^2} \quad \text{Equation 1}$$

A-I-2 Qu'appelle-t-on cette équation? Ecrire et caractériser sa solution générale.

A-I-3 Que représente la grandeur C ? Quelle est son unité dans le système international?

A-I-4 Définir une onde transversale et une onde longitudinale. Donner un exemple pour chaque type tout en précisant dans chaque cas la grandeur qui se propage.

A-I-5 Vérifier que les fonctions d'onde:

$\psi_1(x, t) = a \cos(\omega(t - \frac{x}{c}))$ et $\psi_2(x, t) = a \cos(\omega(t + \frac{x}{c}))$ sont des solutions de l'équation 1.

A-I-6 Déterminer la fonction d'onde $\psi(x, t)$ résultante de la superposition des deux phénomènes ondulatoires décrits par ψ_1 et ψ_2 . Caractériser cette onde.

A-II- Interférences des ondes sonores

Un générateur de basses fréquences alimente deux hauts parleurs A_1 et A_2 identiques placés face à face sur un même axe (Ox) et distants l'un de l'autre de $d = 6,5m$. Ils émettent des ondes monochromatiques de même amplitude et de fréquence $f = 2000Hz$. Le centre de A_1 est en $x = 0$ et le centre de A_2 en $x = d$.

Un petit microphone M peut être déplacé sur l'axe (Ox) . On envoie sur un oscilloscope le signal du générateur alimentant les deux haut-parleurs et la tension U délivrée par le microphone (Figure 1).

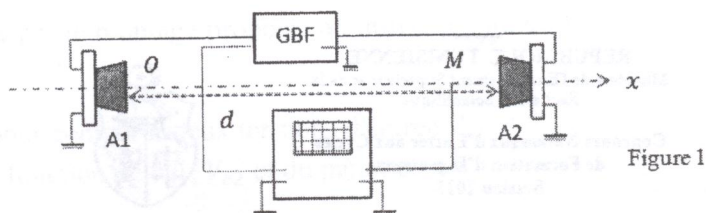


Figure 1

A-II-1 Décrire le phénomène observé en déplaçant le microphone sur l'axe (Ox) .

A-II-2 La fonction d'onde représentée par l'onde sonore est la surpression. Celles générées par les sources A_1 et A_2 en un point M d'abscisse x sont notées respectivement $p_1(x, t)$ et $p_2(x, t)$. On suppose que le phénomène de réflexion est négligeable et que:

$p_1(0, t) = p_2(d, t) = p_0 \cos(\omega t)$ ou p_0 est une constante positive. Ecrire les expressions de $p_1(x, t)$ et $p_2(x, t)$ au point M à l'instant t .

A-II-3

A-II-3-1 Déterminer la surpression résultante $p(x, t)$ au point M situé entre les deux sources A_1 et A_2 .

A-II-3-2 Déterminer les positions des points d'amplitude maximale et les points d'amplitude nulle.

A-II-4 Calculer la célérité du son dans l'air sachant que l'oscilloscope passe par deux maximums successifs lorsque le microphone est déplacé de $8,5 \text{ cm}$.

A-II-5 Quelle est l'état vibratoire du point I milieu de $[A_1, A_2]$.

A-II-6 Pour identifier un liquide inconnu (L), on reprend le montage de la figure 1, et on place devant le microphone A_2 une cuve de largeur e suivant (Ox) (figure 2). Cette cuve contient un liquide inconnu. Les points correspondant au maximum du son se déplacent d'une distance d_1 .

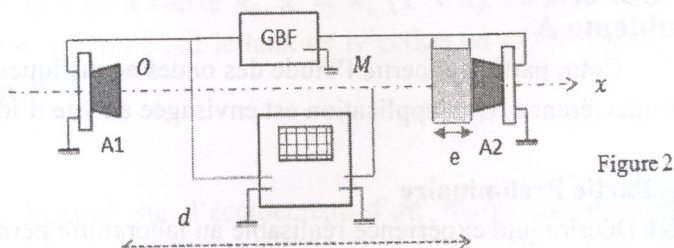


Figure 2

A-II-6-1 Montrer que la différence de phase entre les deux surpressions p_1 et p_2 est:

$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = \frac{2\pi}{\lambda} [(2x - d) + e(1 - \alpha)]$$

φ_1 et φ_2 sont respectivement les phases des surpressions p_1 et p_2 . $\alpha = \frac{c}{V}$ avec V la vitesse de l'onde dans le liquide (L) et c la vitesse de cette onde dans l'air.

A-II-6-2 Expliquer le déplacement d_1 et indiquer son sens.

A-II-6-3 Calculer la vitesse V de propagation de l'onde sonore dans le liquide.

On donne, $c = 345 \text{ ms}^{-1}$ et $d_1 = 0,386 e$.

A-II-6-4 On rappelle que la vitesse de propagation d'une onde sonore dans un liquide de masse volumique ρ_0 et de coefficient de compressibilité isentropique χ_s est $V = \frac{1}{\sqrt{\rho_0 \chi_s}}$.

En utilisant les données du tableau suivant, identifier le liquide (L).

	$\rho_0 (\text{kgm}^{-3})$	$\chi_s (\text{Pa}^{-1})$
Eau	1000	$4,5 \cdot 10^{-10}$
Alcool	789	$11 \cdot 10^{-10}$
Mercure	13600	$4,0 \cdot 10^{-10}$

Problème B

La photodiode est un dipôle électrique non linéaire. Sa caractéristique courant-tension dépend de l'intensité lumineuse reçue par ce composant. Le réseau des caractéristiques de la photodiode est donné par la figure 3.

B-I- Caractéristiques électriques d'une photodiode à l'obscurité.

À l'obscurité la photodiode se comporte comme une diode réelle.

B-I-1 Tracer l'allure de la caractéristique électrique $I(V)$ d'une diode idéale ayant une résistance interne r_D et une tension seuil V_S . Préciser les différentes zones de son fonctionnement. Repérer sur la caractéristique la tension seuil V_S et indiquer ce que représente r_D .

B-I-2 Donner le schéma équivalent de la diode idéale dans les différentes zones de son utilisation tout en précisant l'expression de la tension V entre ses bornes en fonction du courant I qui la traverse.

B-I-3 Le constructeur précise que la tension seuil $V_S = 0.7V$, la résistance $r_D = 30\Omega$ et la puissance maximale admise en direct $P_{max} = 21mW$. Sur le même graphique réalisé dans la question B-I-1, tracer l'allure de la courbe $I(V)$ associée à P_{max} . Calculer le courant I_{max} .

B-II Caractéristiques électriques d'une photodiode

Dans cette partie on étudie la photodiode lorsqu'elle est éclairée par un flux lumineux variable ϕ .

B-II-1 Dans quel cadran de la caractéristique devrait se situer le point de fonctionnement (I, V) afin d'avoir un courant proportionnel au flux lumineux.

B-II-2 On branche la photodiode en série avec un générateur de tension E et de résistance R .

B-II-2-1 Proposer alors un schéma de branchement convenable afin de travailler dans le régime désiré pour la photodiode.

B-II-2-2 Reprendre sur votre copie la caractéristique associée à un flux $2\phi_1$, puis tracer la droite de charge sur celle de la photodiode, placer le point de fonctionnement de ce circuit ainsi que les points particuliers de la droite de charge.

B-III- Etude des circuits associés à la photodiode

Le courant I_1 délivré par la photodiode lorsqu'elle est polarisée en inverse est très faible, il convient dans un premier temps de le transformer en tension puis l'amplifier. Les amplificateurs opérationnels utilisés dans les montages suivants sont idéaux. Ils fonctionnent en régime linéaire.

B-III-1 Pour transformer le courant I_1 fourni par une photodiode éclairée par le flux lumineux ϕ_1 en tension V_1 , on utilise le montage de la figure 4.

B-III-1-1 Exprimer V_1 en fonction de I_1 .

B-III-1-2 La tension V_1 obtenue par le montage précédent est de signe opposé au courant I_1 , proposer alors un montage qui permet d'inverser V_1 en V'_1 , soit $V'_1 = -V_1$.

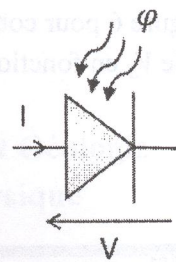


Figure 3

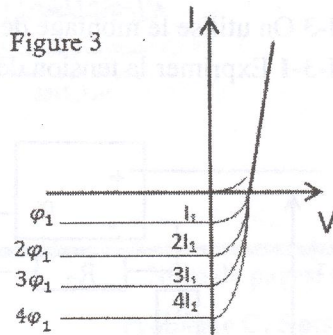


Figure 4

B-III-2 Pour amplifier la tension V'_1 délivrée par le montage proposé, on utilise le montage de la figure 5. Exprimer le rapport $A_v = \frac{V_{S1}}{V'_1}$.

B-III-3 On utilise le montage de la figure 6 pour comparer deux tensions d'entrée V_{e1} et V_{e2}

B-III-3-1 Exprimer la tension de sortie V_S en fonction de V_{e1} , V_{e2} et du paramètre k .

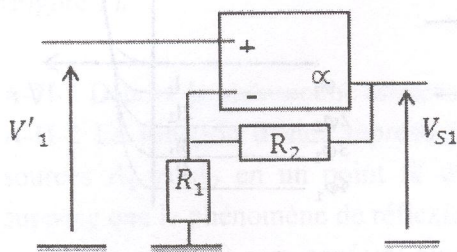


Figure 5

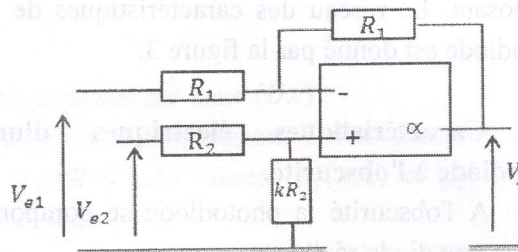


Figure 6

B-III-3-2 On pose $V_d = V_{e2} - V_{e1}$ (tension d'entrée en mode différentiel) et $V_c = (V_{e1} + V_{e2})/2$ (tension d'entrée en mode commun). Ecrire la tension de sortie V_S sous la forme $V_S = G_d V_d + G_c V_c$, où G_d représente le gain en mode différentiel et G_c représente le gain en mode commun de ce montage. Exprimer G_d et G_c en fonction de k . Pour quelle valeur k_0 de k , le montage fonctionne-t-il en amplificateur différentiel idéal?

B-III-3-3 Dans la pratique, le paramètre k est voisin de la valeur k_0 , $k = k_0 (1 + a)$, où le facteur a représente la tolérance sur la valeur de k , $a \ll 1$. On définit le taux de réjection en mode commun $TRMC = G_d/G_c$. Exprimer ce taux en fonction de a .

Problème C

Cette partie traite l'étude de l'effet Venturi sur l'écoulement d'un fluide parfait. Une application de cet effet est portée sur l'écoulement sanguin.

C-I Partie Préliminaire

Le système étudié est rapporté à un repère galiléen (O, x, y, z) , d'axe (Oz) ascendant.

C-I-1 Rappeler l'équation fondamentale de l'hydrostatique.

C-I-2 Dans cette partie on se propose d'établir la relation de Bernoulli à partir de l'équation d'Euler. Le fluide considéré est parfait, incompressible, homogène et de masse volumique ρ . On se place dans le cas d'un écoulement permanent où la force volumique $\vec{F}$ dérive d'un potentiel U . On rappelle que l'équation d'Euler pour un écoulement irrotationnel s'écrit:

$$\vec{F} - \overrightarrow{\text{grad}} P = \rho \left(\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + \overrightarrow{\text{grad}} \left(\frac{v^2}{2} \right) \right) \quad \text{Equation 2}$$

P et $\vec{v}$ sont respectivement la pression et la vitesse d'un point M de l'écoulement.

C-I-2-1 En projetant l'équation 2 suivant une direction $\vec{dl}$ quelconque, montrer que:

$$\overrightarrow{\text{grad}} \left(P + U + \rho \frac{v^2}{2} \right) \cdot \vec{dl} = 0$$

C-I-2-2 La force de volume considérée est la force de pesanteur. Dédurre que:

$$P + \rho g z + \rho \frac{v^2}{2} = cte \quad (\text{Relation de Bernoulli}).$$

C-II Le débitmètre de Venturi

Le débitmètre de Venturi illustré dans la figure 7 comporte:

- Un tube de Venturi composé d'un cylindre de diamètre D égal à celui de la canalisation, d'un convergent de diamètre d avec $d < D$ appelé "col du Venturi" et d'un divergent dont l'extrémité possède le même diamètre que la canalisation.
- Un manomètre différentiel à tube en U de faible section, rempli de mercure de masse volumique ρ_m , raccordé à l'entrée du col du Venturi; il indique une dénivellation h .

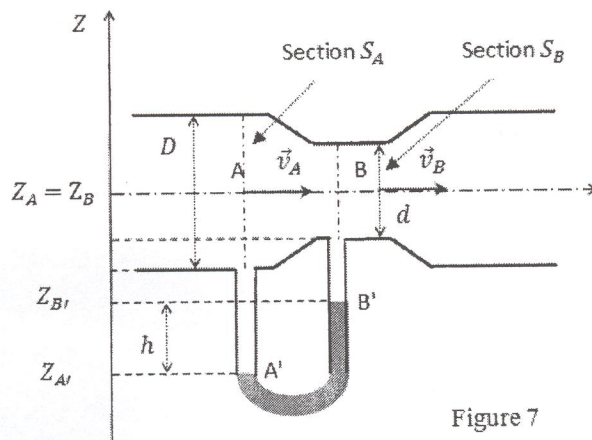


Figure 7

Le fluide considéré est l'eau, de masse volumique constante ρ , supposé parfait et incompressible. L'écoulement dans la canalisation et dans le tube de Venturi est supposé permanent.

Les champs de vitesse et de pression $(\vec{v}_A, P_A)$ et $(\vec{v}_B, P_B)$ sont considérés uniformes sur les sections droites A et B du tube de Venturi.

C-II-1 Ecrire l'équation traduisant la conservation du débit volumique entre les deux sections A et B. En déduire la vitesse v_B de l'écoulement au col en fonction de la vitesse v_A lorsque $D = 3d$.

C-II-2 En appliquant la relation fondamentale de l'hydrostatique entre les points A' et B' relative à l'équilibre du mercure, déterminer la différence de pression $P_{A'} - P_{B'}$ en fonction de g , ρ_m , $Z_{A'}$ et $Z_{B'}$.

C-II-3 Exprimer la différence de pression $P_A - P_{A'}$ en fonction de g , ρ , $Z_{A'}$ et Z_A .

C-II-4 Exprimer la différence de pression $P_B - P_{B'}$ en fonction de g , ρ , $Z_{B'}$ et Z_B .

C-II-5 Déduire $P_A - P_B$ en fonction de ρ_m , ρ , g et h .

C-II-6 Déterminer l'expression de la vitesse d'écoulement v_A en fonction de ρ_m , ρ , g et h .

C-II-7 Déduire l'expression du débit volumique Q_v en fonction de D , ρ_m , ρ , g et h .

C-III Application: Pression sanguine.

C-III-1 En supposant que le sang est un fluide non visqueux de vitesse faible et constante dans les artères. En utilisant la relation de Bernoulli, justifier les différences de pression, entre le cœur et le cerveau, puis entre le cœur et les pieds.

C-III-2 La pression exercée par le cœur $P_{cœur}$ est de l'ordre de 13.3 kPa et la masse volumique du sang est de 1060 kg m^{-3} . Les hauteurs du cœur et du cerveau par rapport aux pieds sont respectivement $h_{cœur} = 1.3 \text{ m}$ et $h_{cerveau} = 1.8 \text{ m}$. Calculer les pressions $P_{cerveau}$ et P_{pied} respectivement aux niveaux du cerveau et des pieds.

C-III-3 L'anévrisme est une dilatation d'un vaisseau sanguin. Comment varie la pression au niveau de cette dilatation? Quelle serait alors la conséquence de cet anévrisme sur l'artère? Justifier.

C-III-4 Une sténose est une modification anatomique qui se traduit par un rétrécissement d'une structure (canal, vaisseau). Expliquer comment varie le régime de l'écoulement du sang au niveau d'une sténose vasculaire? Conclure.

Fin de l'épreuve