REPUBLIQUE TUNISIENNE
Ministère de l'Enseignement Supérieur

Concours Nationaux d'Entrée aux Cycles de Formation d'Ingénieurs
Session : Juin 1999

Concours en Biologie
Epreuve de Physique

Durée : **3 heures**	**Date** : **7 Juin 1999**	**Heure** : **8 H**	**Nb pages** : **4**

Barème : Partie 1: 2/20 ; Partie 2 : 4/20 ; Partie 3: 4/20 ; Partie 4: 4/20 ; Partie 5: 6/20

l'usage d'une calculatrice (non-programmable) est autorisé

Si, au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en indiquant les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre.

L'épreuve est constituée d'un seul problème comportant cinq parties indépendantes.

****

PROPAGATION D'ONDE SONORE

1. Propagation du son dans l'air

Un haut-parleur est alimenté par une tension sinusoïdale de fréquence f constante. On étudie la propagation du son émis dans l'air considéré comme étant un milieu homogène non absorbant et non dispersif.

1.1. Pourquoi dit-on qu'une onde sonore est longitudinale ?

1.2. On désigne par P(x,t) la surpression accompagnant l'onde sonore, c'est à dire l'écart par rapport à la pression atmosphérique au point d'abscisse x à l'instant t.

P(x,t) est solution de l'équation d'Alembert à une dimension du type :

$$\frac{\partial^2 P(x,t)}{\partial x^2} - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 P(x,t)}{\partial t^2} = 0$$

Donner sans démonstration, la forme générale des solutions de cette équation et préciser leur signification. Que représente c ?

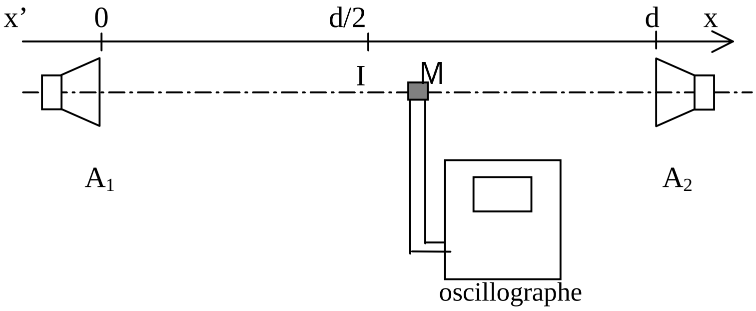
1.3. En supposant qu'à la sortie du haut-parleur, on observe une onde sonore plane progressive sinusoïdale ; donner l'expression de la surpression instantanée P(x,t) sachant qu'à la sortie du haut-parleur (x = 0), on observe $P(0,t) = P_0 \sin 2\pi ft$ et que l'on néglige toute atténuation.

1.4. Calculer la vitesse du son dans l'air sachant que pour une fréquence f = 1700 Hz, la longueur d'onde est λ = 20 cm.

2. Interférences de deux ondes sonores

On s'intéresse maintenant aux interférences des ondes sonores produites par deux haut-parleurs identiques, placés face à face (figure 1), et alimentés par la même tension sinusoïdale de fréquence f. Le phénomène de réflexion des ondes sonores sera négligé. Un microphone M de faibles dimensions, relié à un oscillographe permet de visualiser l'état vibratoire des points situés entre les deux sources sonores.

Figure 1



Les membranes A_1 et A_2 des haut-parleurs ont, au repos, les abscisses respectives : x = 0 et x = d. On suppose que la distance d est très supérieure à la longueur d'onde λ des ondes sonores émises.
Les surpressions générées par les membranes A_1 et A_2 sont notées respectivement $P_1(x,t)$ et $P_2(x,t)$.

2.1. Préciser les conditions d'obtention d'interférences sur l'axe x'x entre A_1 et A_2.

2.2. Qu'observe-t-on sur l'écran de l'oscillographe lorsqu'on déplace le microphone sur l'axe x'x ?

2.3. Sachant que $P_1(0,t) = P_2(d,t) = P_0 \sin 2\pi ft$, où P_0 est l'amplitude de la vibration, donner les expressions de $P_1(x,t)$ et $P_2(x,t)$.

2.4. Sans faire de calcul, décrire l'état vibratoire du point I, milieu du segment A_1A_2.
Justifier la réponse proposée.

2.5. Déterminer P(M,t) définissant l'état vibratoire en un point M du segment A_1A_2 d'abscisse x à l'instant t.

2.6. Montrer alors qu'il existe deux familles de points dont l'état vibratoire est particulier. Préciser la nature de chaque famille.

2.7. On désigne par e la distance séparant deux points consécutifs ayant le même état vibratoire. Sachant que f = 1250 Hz et e = 13,8 cm, déterminer la valeur de la célérité du son dans les conditions de l'expérience.

3. Taux d'ondes stationnaires

On se propose d'étudier dans cette partie le phénomène d'interférence qui résulte de la superposition des deux ondes $P_1(x,t)$ et $P_2(x,t)$ au voisinage de A_1 ($x \ll d$).
A cause de l'atténuation, les amplitudes $P_{01} = P_0$ de $P_1(x,t)$ et P_{02} de $P_2(x,t)$ sont supposées différentes.

3.1.a. Dans le cas où P_{02} est égale au dixième de P_{01}, montrer que les expressions $P_1(x,t)$ et $P_2(x,t)$ s'écrivent comme suit :

$$P_1(x,t) = P_0 \sin[\theta(x,t)]$$

$$P_2(x,t) = \frac{P_0}{10}\sin\left[\theta(x,t) + \frac{2\pi f}{c}(2x - d)\right]$$

Donner l'expression de $\theta(x,t)$.

3.1.b. Montrer dans ces conditions, que l'amplitude de l'onde résultante est comprise entre deux valeurs extrêmes P_{MAX} et P_{MIN}.

Calculer le rapport P_{MAX}/P_{MIN} ; comparer le résultat obtenu à celui d'une onde progressive.

3.2.a. On suppose à présent que les amplitudes des ondes provenant de A_1 et A_2 sont dépendantes de x. Elles décroissent de manière linéaire de P_0 à zéro au bout de la distance d. Ecrire les expressions des amplitudes $P_{01}(x)$ et $P_{02}(x)$ en fonction de x, d et P_0.

3.2.b. Calculer dans ces conditions le rapport P_{MAX}/P_{MIN} pour x quelconque compris entre 0 et d. Vérifier que ce paramètre varie entre 1 et l'infini.

Donner une représentation graphique des variations de ce paramètre appelé « Taux d'ondes stationnaires ». Justifier cette appellation.

4. Impédance acoustique

A présent, on garde le haut-parleur A_1 placé en x = 0 et on retire A_2. Une onde sonore plane progressive sinusoïdale se propage suivant les x croissants. Elle est représentée par l'onde de surpression donnée par : $P(x,t) = P_0 \sin 2\pi f(t - x/c)$.

On désigne par ρ la masse volumique de l'air et par u(x,t) la vitesse particulaire (des oscillations).

Par application de la relation fondamentale de la dynamique à une tranche d'air comprise entre x et x + dx, on montre que : $\rho \dfrac{\partial u(x,t)}{\partial t} = -\dfrac{\partial P(x,t)}{\partial x}$.

4.1. Trouver l'expression de u(x,t). En déduire l'impédance caractéristique $Z = P(x,t)/u(x,t)$ de l'air. Commenter le résultat obtenu.

4.2. Exprimer la grandeur physique $I(x,t) = Z\,[u(x,t)]^2$ en fonction des données du problème. Vérifier que I(x,t) est homogène à une puissance par unité de surface. En déduire que l'onde progressive est un moyen de transport d'énergie.

4.3. Le plan (x = d) sépare l'air d'un milieu d'impédance inconnue Z'. L'onde incidente décrite ci-dessus $P_i(x,t) = P_0 \sin 2\pi f(t - x/c)$, donne naissance à une onde réfléchie $P_r(x,t)$ tel que $P_i(x = d,t) = P_r(x = d,t)$.

Ecrire les expressions de $P_r(x,t)$, $u_i(x,t)$ et $u_r(x,t)$. En déduire celle de $Z' = \dfrac{P_i(d,t) + P_r(d,t)}{u_i(d,t) + u_r(d,t)}$.

4.4. Calculer $I_i(x,t)$ et $I_r(x,t)$ associés respectivement à l'onde incidente et l'onde réfléchie. Vérifier qu'il se produit une réflexion totale en x = d.

5. Alimentation des haut-parleurs

Pour alimenter les haut-parleurs par une tension sinusoïdale, on se propose d'étudier le fonctionnement du circuit représenté par la figure 2.a.

On désigne par i le courant qui circule dans l'association R-C série, par Ve la tension V_A-V_B et par V_S la tension utilisée pour l'alimentation.

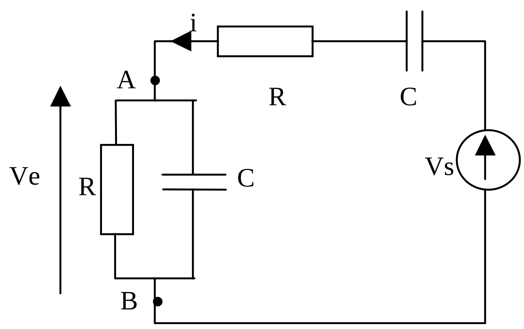


Figure 2.a

5.1.a. En appliquant la loi des nœuds, déterminer i en fonction de Ve et dVe/dt.

5.1.b. Etablir l'équation différentielle : $\frac{dVs}{dt} = RC\frac{d^2Ve}{dt^2} + 3\frac{dVe}{dt} + \frac{Ve}{RC}$.

5.2. Le générateur de tension Vs est en fait une source commandée par Ve, de telle façon que l'on ait : $Vs = G\ Ve$, où G est une constante.

5.2.a. Ecrire l'équation différentielle vérifiée par Ve. Pour quelle valeur G_0 de G, cette équation admet-elle une solution sinusoïdale non amortie ?

5.2.b. Donner l'expression de la pulsation en fonction des données.

5.2.c. Application numérique : calculer la fréquence f pour C = 100 nF et R = 4,7 kΩ.

5.3. Les conditions précédentes sont assurées par un amplificateur opérationnel idéal (A.O.), d'impédances d'entrée infinie et de sortie nulle. Le circuit d'amplification est encadré en pointillé dans la figure 2.b. Les tensions Vs et Ve sont portées sur cette même figure.

Le fonctionnement de l'A.O. est supposé linéaire dans le domaine -14V<Vs<14V.

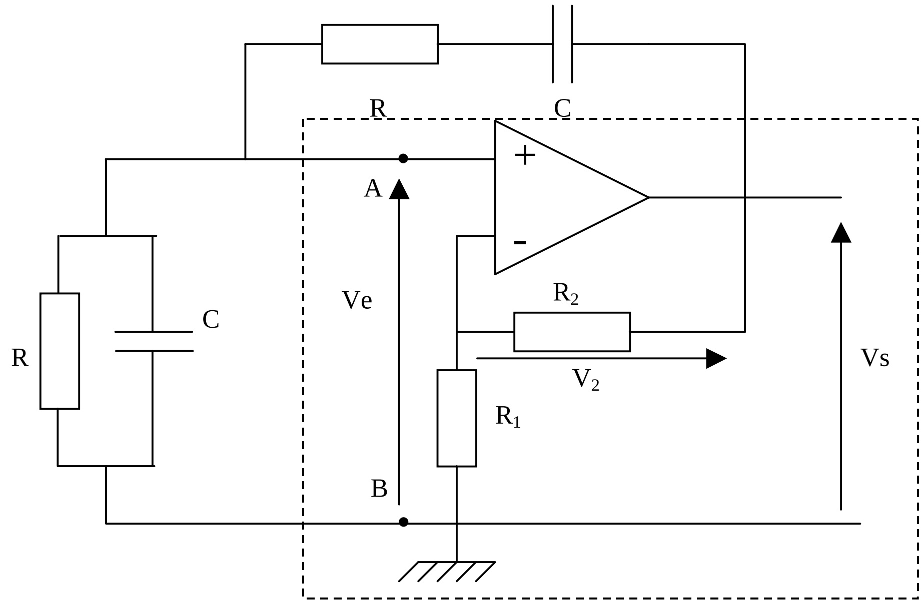


Figure 2.b

5.3.a. Quelle doit être la valeur de R_2 pour avoir $G = G_0$? On donne $R_1 = 55$ kΩ.

5.3.b. Que se passe-t-il si accidentellement, G s'écarte légèrement de G_0 ?

5.4. Pour stabiliser l'oscillateur, on remplace la résistance R_2 par une varistance V.D.R. dont la résistance diminue lorsque la différence de potentiel V_2 à ses bornes augmente. Les couples de valeurs numériques caractérisant la V.D.R. sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

R_2 (kΩ)	238	185	150	126	106	90	74	51	37
V_2 (Volts)	4	5	6	7	8	9	10	12	14

5.4.a. Déterminer l'expression de Vs en fonction de G et de V_2.

5.4.b. En déduire les valeurs numériques de G et de Vs pour les différentes valeurs de V_2.

5.4.c. Tracer la courbe G(Vs). En déduire l'amplitude Vs des oscillations fournies par le montage pour $G = G_0$.