Concours Commun Marocain		Session : 1997
MP et TSI	Epreuve de Physique II	Durée : 4 h

Les différentes parties de ce sujet sont indépendantes.

Les correcteurs apprécieront des copies correctement présentées. Les numéros des questions traitées seront clairement indiqués.

Première Partie : Electronique ; Analyseur de Fourier.

Les amplificateurs opérationnels utilisés sont idéaux et fonctionnent en régime linéaire. Pour les applications numériques, on prendra $R_0 = 1M\Omega$, $R_1 = 10k\Omega$, $R_2 = 3k\Omega$, $R_b = R_e$, $C_0 = 3nF$.

1. Déterminer en régime sinusoïdal de pulsation ω, le rapport u_s / i_1 dans le montage (M) de la figure 1. En déduire que la partie A du montage (M) est équivalente à une inductance L et une résistance R_e placées en parallèle.
2. Déterminer de même le rapport u_s / i_2 dans le montage (M) de la figure 1.
3. En déduire un schéma équivalent au montage (M), comportant, en plus de la résistance R_0, une résistance R, une capacité C et une inductance L. Donner les expressions de L, R et C en fonction des éléments du montage (M).
4. Déterminer la fonction de transfert complexe $\underline{H}(j\omega) = u_s / u_e$ du montage (M).
5. La figure 2 donne l'allure du module de $\underline{H}(j\omega)$, noté $H(\omega)$, en fonction de ω.
   a. Donner l'expression de la pulsation ω_0 pour laquelle ce module est maximal, ainsi que l'expression de ce module maximal noté H_{max}.
   b. Calculer numériquement C_A et R_A pour avoir $\omega_0 = 2000\pi$ rd.s^{-1} et $H_{max} = 0,5$.
   c. Soient les pulsations ω_1 et ω_2 définies par $H(\omega_1) = H(\omega_2) = H_{max} / 10$. Ecrire (sans la résoudre) l'équation qui permet de calculer ces deux pulsations.
   d. Avec les valeurs numériques du 5b, la résolution de cette équation donne $\omega_1 = 0,994\ \omega_0$ et $\omega_2 = 1,006\ \omega_0$. Commenter ces valeurs.
6. On place désormais en tension d'entrée un signal périodique de période T_0, avec $T_0 = 10^{-3}$s. La décomposition en série de Fourier de ce signal s'écrit sous la forme : $u_e(t) = E_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos\left(2\pi n \frac{t}{T_0}\right)$

   Les coefficients a_n sont tous inférieurs à 1 volt (afin d'éviter tout risque de saturation des amplificateurs opérationnels du montage).

   a. Former, en représentation complexe, la décomposition en série de Fourier de la tension de sortie $u_s(t)$.
   b. C_A et R_A ayant les valeurs calculées en 5b, donner une expression simple approchée de $u_s(t)$.

7. Expliquer comment peut-on, en ajustant les valeurs de certains éléments du montage, mesurer successivement les coefficients de la décomposition en série de Fourier du signal d'entrée.

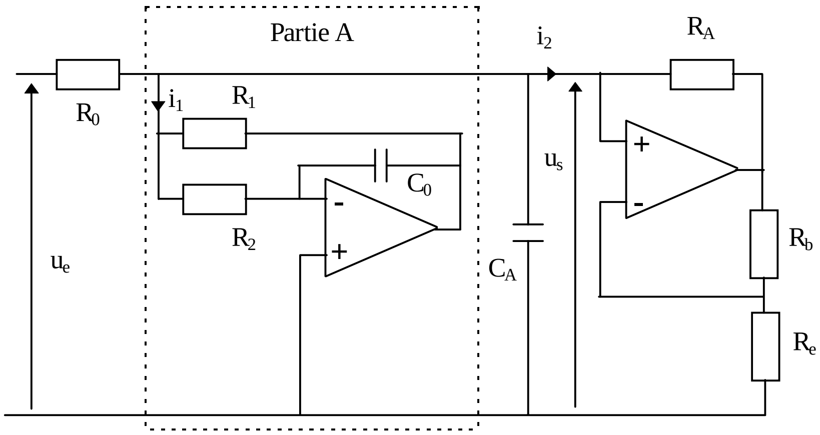

Figure 1 : Montage (M)

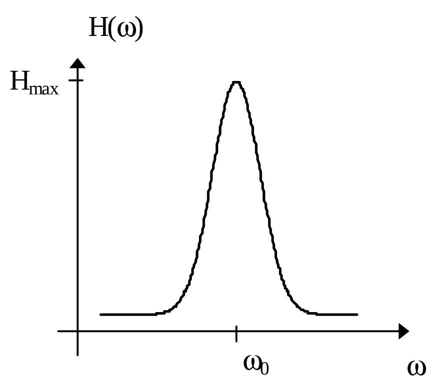

Figure 2

Seconde Partie : Induction.

On considère le dispositif représenté figure 3, constitué de deux rails conducteurs parallèles, placés dans un même plan horizontal, séparés d'une distance d. Sur ces rails peuvent glisser deux barres conductrices, ayant chacune une masse M. Durant tous leurs mouvements, ces deux barres restent perpendiculaires aux rails. L'ensemble constitue un circuit fermé de résistance totale R que l'on admettra indépendante de la position des barres.

Le glissement entre barres et rails se fait avec frottements. La force que subit une de ces barres du fait des frottements suit les lois suivantes (appelées lois de Coulomb) :

- Si la barre est immobile, il faudra pour la mettre en mouvement lui appliquer une force horizontale de module supérieur ou égal à f.M.g (où g est le module de l'accélération de la pesanteur, M la masse de la barre et f une constante) ;
- Si la barre est en mouvement, le frottement se traduit par une force de module f.M.g, de direction parallèle à la vitesse de la barre mais de sens opposé.

Ce dispositif est plongé dans un champ magnétique $\vec{\mathbf{B}}$ uniforme et indépendant du temps, vertical et ascendant.

La position de la première barre est repérée par son abscisse $x_1(t)$, la seconde par son abscisse $x_2(t)$. Les vitesses de ces barres seront notées $v_1(t)$ et $v_2(t)$. La figure ci-dessous précise les notations et indique le sens positif choisi pour l'orientation du circuit. Le référentiel lié aux rails est galiléen.

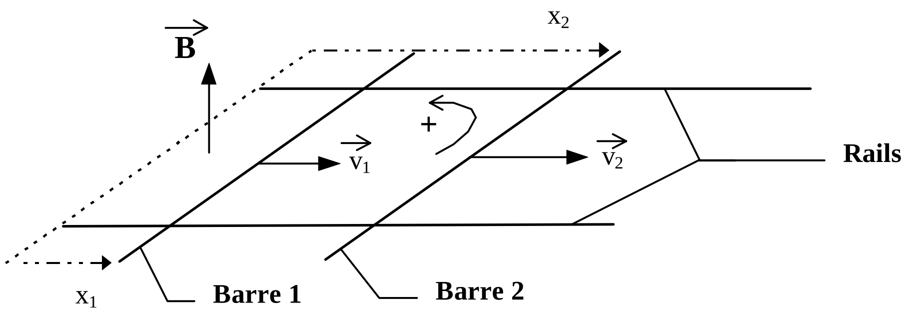

Figure 3

<u>Données</u> : M = 10 g, R = $2.10^{-2}\ \Omega$, B = 0,1 T, d = 0,1 m, f = 10^{-2}, g = 10 ms^{-2}.

<u>A. Equations Générales :</u>

1. Equations électriques :

   a. Compte tenu de l'orientation imposée sur le circuit, déterminer le flux du champ magnétique à travers le circuit à l'instant t.

   b. En déduire l'expression de la force électromotrice d'induction qui apparaît dans le circuit pendant le mouvement des barres.

   c. Donner l'expression de l'intensité i du courant électrique circulant à l'instant t dans le circuit, compté positivement dans le sens d'orientation du circuit.

2. Equations mécaniques :

   a. Effectuer un bilan des forces subies par chacune des deux barres. On donnera l'expression de chacune de ces forces.

   b. En écrivant le principe fondamental de la dynamique pour chacune des deux barres, former deux équations différentielles satisfaites par v1(t) et v2(t) lorsque les deux barres sont en mouvement dans le sens des x croissants.

<u>B. Conditions initiales:</u>

A t = 0s, la barre 2 est arrêtée, on communique à la barre 1 une vitesse initiale $v_1(0)$ positive puis on la lâche.

1. Quelles sont les forces subies par la barre 2 à $t = 0^+$?
2. Montrer que $v_1(0)$ doit être supérieure à une valeur v_{1min} pour que la barre 2 se mette en mouvement. Donner l'expression de v_{1min} et calculer sa valeur numérique.

Pour la suite du problème, on prendra $v_1(0) = 0{,}5ms^{-1}$.

<u>C. Lois des vitesses des barres :</u>

1. Déduire des équations du A, une équation valable lorsque les deux barres sont en mouvement, ne faisant intervenir que la variable $V(t) = v_1(t) - v_2(t)$ et résoudre cette équation.
2. Trouver les lois $v_1(t)$ et $v_2(t)$.
3. a. A partir de l'expression de V(t), montrer que la barre 2 s'arrêtera
   b. Déterminer numériquement ou graphiquement l'instant τ auquel la barre 2 s'arrête.
   c. Calculer la valeur numérique de la vitesse de la barre 1 à cet instant τ.
4. Etablir la loi $v_1(t)$ pour $\tau > t$ et calculer la valeur numérique de l'instant τ' auquel la barre 1 s'arrête.

D. Bilan énergétique :

1. Pour une durée dt de la première partie du mouvement ($t < \tau$), donner les expressions :
   a. de l'énergie dJ dissipée par effet Joule dans le circuit,
   b. du travail dL des forces de Laplace,
   c. du travail dF des forces de frottement.
2. Ecrire deux équations traduisant les transferts d'énergie pendant dt.

Troisième partie : Electromagnétisme.

Un câble coaxial est formé de deux conducteurs parfaits cylindriques coaxiaux :

- un cylindre plein de rayon R_1,
- un cylindre creux, de rayon R_2, d'épaisseur négligeable. On a $R_2 > R_1$.

Ces deux cylindres sont séparés par du vide, et seront pour les calculs demandés, assimilés à des cylindres infiniment longs.

Un courant I continu monte par le cylindre intérieur et redescend par le cylindre extérieur. Dans le cylindre intérieur, la distribution de courant est supposée uniforme. A une extrémité du câble, un générateur maintient le conducteur intérieur au potentiel V_1 et le conducteur extérieur au potentiel V_2. Une résistance joint ces deux conducteurs à l'autre extrémité du câble.

1. Champ magnétique.
   a. En s'appuyant sur des considérations de symétries, préciser en un point quelconque de l'espace la direction du champ magnétique et les variables d'espace dont dépend son module.
   b. Calculer le champ magnétique en tout point de l'espace.
   c. Calculer l'énergie magnétique W_m par unité de longueur de câble.
   d. Calculer le coefficient d'auto-induction L par unité de longueur de câble.

2. Champ électrique.
   a. En s'appuyant sur des considérations de symétries, préciser en un point quelconque de l'espace la direction du champ électrique et les variables d'espace dont dépend son module.
   b. Calculer le champ électrique en tout point de l'espace.
   c. Calculer l'énergie électrique W_e par unité de longueur de câble.
   d. Calculer la capacité C par unité de longueur de câble.

3. Vecteur de Poynting.
   a. Déterminer le vecteur de Poynting en tout point de l'espace.
   b. Calculer le flux du vecteur de Poynting à travers une section du câble. Interpréter.

Fin de l'épreuve