CONCOURS D'ACCES EN PREMIERE ANNEE DU CYCLE D'INGENIEURS D'ETAT

16 Juillet 2012

Epreuve de PHYSIQUE

(Durée :2 h 00mn)

Avertissement

- Les 3 exercices sont indépendants et doivent être traités sur des 2 livrets séparées (les exercices 2 et 3 sur un même livret).
- L'appréciation des copies tient compte de la rigueur, de la clarté des raisonnements et de la présentation.
- Encadrer vos résultats.
- Ecrire avec un stylo à bille ou à encre, bleu ou noir.

Exercice 1 : Etude d'un condensateur

Valeurs numériques des constantes physiques

- Vitesse de la lumière dans le vide : $c = 3\ 10^8 ms^{-1}$;
- Constante de Planck : h = 6,63 10–34 J s ;
- Charge électrique élémentaire : q = 1,6 10–19 C;
- Permittivité du vide : ε_0 = 8,85 10–12 Fm^{-1} ;
- Perméabilité du vide : μ_0 = 4π 10–7 Hm^{-1}.

On considère un condensateur (Fig.1) plan d'épaisseur b = 1mm dont les armatures sont des disques de rayon a = 20 cm. On utilise un système de coordonnées cylindriques (z, r, θ) d'origine O au centre du condensateur. L'axe z'Oz, qui est l'axe du condensateur, coupe les armatures inférieure et supérieure aux points A (z = –b/2) et B(z = b/2) respectivement. On appelle intérieur du condensateur le volume cylindrique $|z| < b/2, r \leq a$.

L'armature inférieure porte la charge q et l'armature supérieure la charge opposée.

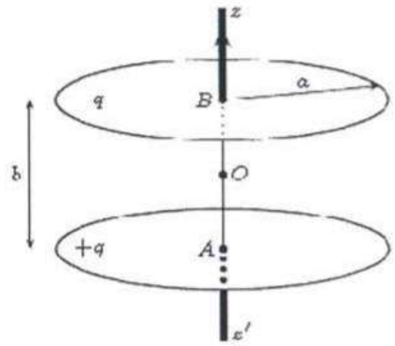

Fig.1

I. Cas de l'électrostatique

Dans cette question, le condensateur est isolé et à l'équilibre électrostatique.

1) Justifier soigneusement pourquoi on peut considérer que le champ électrique est uniforme à l'intérieur du condensateur

$$\vec{E}(z,r,\theta) = E.\overrightarrow{u_z}$$

Exprimer q en fonction de E.

2) Calculer la différence de potentiel $U = U_A - U_B$ entre les points A et B. On exprimera la réponse en fonction de E.

3) En déduire la capacité C (valeurs littérales et numériques) du condensateur.

4) Calculer l'énergie électrique du condensateur en intégrant la densité d'´energie électromagnétique à l'intérieur du condensateur. On exprimera la réponse en fonction de E.

5) Le champ électrique maximum possible dans l'air est $E_m = 3\ 10^6\ Vm^{-1}$. Au delà l'air est ionisé et devient conducteur par décharges. Quelle est numériquement l'énergie électrique maximum qui peut être emmagasinée dans le condensateur? Que vaut alors la différence de potentiel U ?

II. Régime variable quasistationnaire

A partir de maintenant on considère un régime variable tel que :

- le champ électromagnétique varie sinusoïdalement avec la pulsation ω ;
- la répartition des charges et des courants dans les armatures du condensateur est invariante dans la symétrie par rapport à tout plan contenant l'axe z'Oz.

Le champ électrique, à l'intérieur du condensateur, est donné approximativement par :

$\vec{E} = A\cos(wt)\,\vec{u}_z$ où $A = 1000 Vm^{-1}$ est une constante.

1) Le condensateur fait partie d'un circuit électrique. Les fils électriques du circuit reliés au condensateur sont situés le long de z'A et Bz sur la figure 1. Ils sont parcourus par un courant d'intensité I(t) qui est la même en tous points des fils (approximation du régime quasistationnaire). L'orientation choisie pour mesurer I(t) est indiquée par une flèche sur le fil Bz.

Déterminer l'intensité I(t) en fonction de A et ω.

2.a) Le champ magnétique $\vec{B}$ n'est pas identiquement nul dans le condensateur. Justifier cette affirmation.

b) Démontrer en utilisant des considérations de symétrie que le champ magnétique est de la forme : $\vec{B}(t,z,r,q) = B(t,z,r)\,\vec{u}_\theta$ où B(t, z, r) est une fonction indépendante de θ.

c) Soit S le disque d'axe z'Oz, de rayon r et situé à la cote z.
Son bord est le cercle C = ∂S orienté dans le sens trigonométrique pour un observateur placé en z = ∞ (cf. fig.2).
Appliquer le théorème d'Ampère généralisé au contour C et à la surface S. En déduire le champ magnétique B (t, z, r, θ) à l'intérieur du condensateur (r ≤ a) en fonction de A et ω.

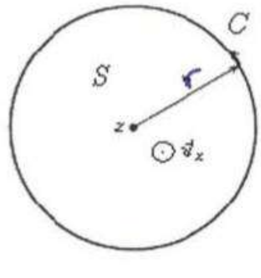

Fig.2

Exercice 2

La méthode de résolution est laissée au choix du candidat.

Soit un circuit linéaire dont les résistances des conducteurs ohmiques, les f.é.m. des sources de tension et les c.é.m. des sources de courant sont indiqués sur la figure **4**.

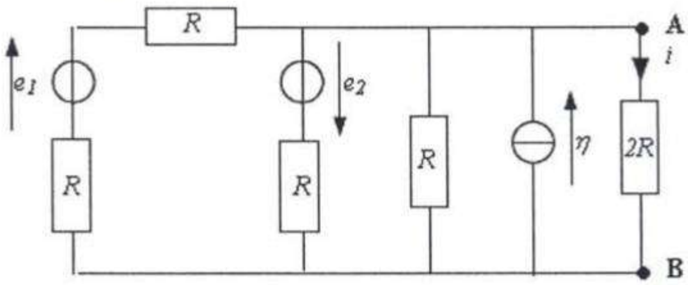

figure 4

1) Déterminer, en fonction de e_1, e_2, η et R, l'intensité i du courant qui circule dans le dipôle **AB**, de résistance 2 R.

2) *Application numérique.* e_1 = 20V ; e_2 = 5,0V ; η = $2{,}0\times10^{-2}$ A ; R = 50Ω.
Calculer i.

Exercice 3

<u>I) Sonde thermique</u>

Une sonde thermique est constitué de deux dipôles D_1 et D_2 possédant des caractéristiques identiques et soumis aux tensions respectives u_1 et u_2. Ces deux dipôles sont intégrés dans un montage, décrit à la figure 5, qui fait intervenir un amplificateur opérationnel idéal, en fonctionnement linéaire, des résistances et des sources de tension.

Bien que D_1 et D_2 soient des dipôles non linéaires, aucune connaissance spécifique sur ce type de composants n'est requise pour traiter cet exercice.

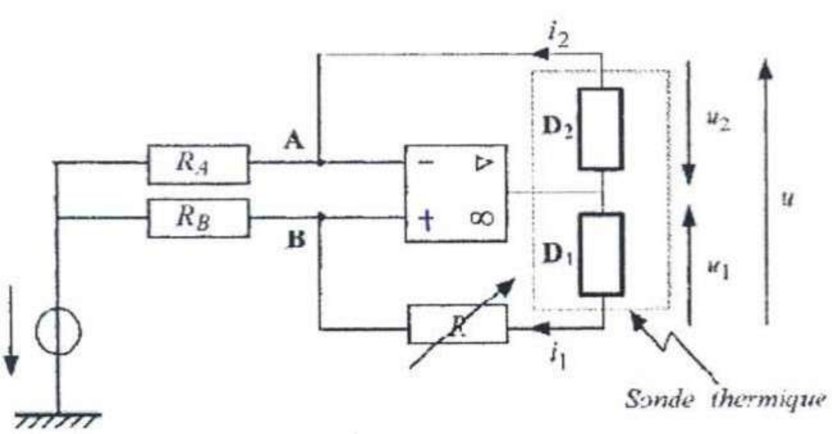

Figure 5

D_1 et D_2, en équilibre thermique avec le milieu extérieur dont on souhaite mesurer la température T (température absolue, exprimée en °K avec 1°k= 1°C+273), sont parcourus respectivement par les courants d'intensité :

$i_1 = I_0(T)exp\left(\beta\frac{u_1}{T}\right)$ et $i_2 = I_0(T)exp\left(\beta\frac{u_2}{T}\right)$. Le coefficient $I_0(T)$ positif ne dépend que de la température et β est une constante.

1) Donner la relation entre les tensions u, u_1 et u_2.
2) Exprimer, en fonction de β, u et T, le rapport i_1/i_2.
3) Etablir, en fonction de β, R_A, R_B et T, l'expression de la tension u.
4) Montrer que le potentiel V_A du point A peut s'exprimer en fonction de e, R, R_B et u.
5) En déduire l'expression littérale de la fonction $V_A(T)$.
6) Tracer l'allure de la courbe $V_A(T)$, si $R_B > R_A$.
7) Application numérique : $\beta = 5{,}80\times10^3$ KV^{-1}; e= 10,0 V ; R_A = 10,0kΩ, R_B=20,0kΩ.
   a) Quelle valeur numérique donner à R pour qu'à T = 273 K (0°C), la tension V_A s'annule ?
   b) En déduire, dans ce cas, l'expression numérique de la tension V_A, en fonction de T.

II De la sonde au capteur de température

Afin d'obtenir un capteur capable de fournir une tension de sortie u_S proportionnelle à la température absolue T, à raison de 1 volt pour 10° Kelvins, la tension V_A est amplifiée grâce à un dispositif employant un second amplificateur Opérationnel idéal, en fonctionnement linéaire et des résistances. (figure 6)

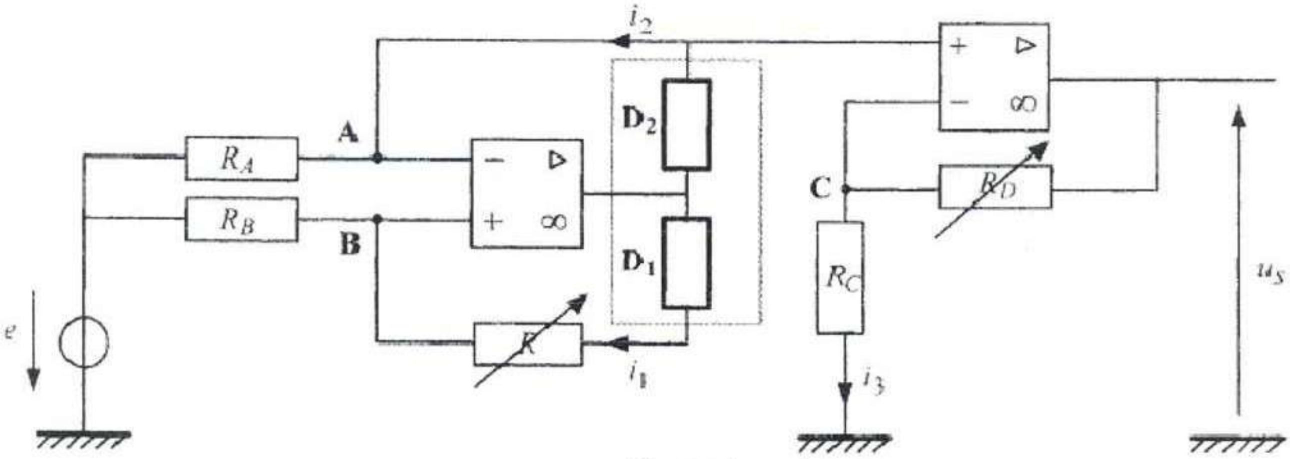

Figure 6

1) Le branchement du second amplificateur opérationnel, au montage initial modifie-t-il le potentiel V_A du Circuit de la partie I ?
2) Exprimer en fonction de R_C et R_D, l'amplification en tension $G = u_S/V_A$.
3) Application numérique : R_C = 1kΩ.
   a) Calculer G nécessaire à l'obtention d'une tension de sortie u_s proportionnelle à la température absolue T, à raison 1 volt pour 10° Kelvins, ce qui correspond à $\frac{du_S}{dT}$=0,10.
   b) En déduire la valeur numérique qu'i faut imposer à la résistance R_D.
   c) Un voltmètre électronique indique u_S= 1,90V. Quelle est la valeur de la température T ainsi mesurée.