



Concours en Biologie et Géologie
Epreuve de Physique

Date : Jeudi 07 Juin 2007 Heure : 8 H Durée : 3 H Nbre pages : 04

Barème : Problème 1 : 11 / 20

Problème 2 : 09 / 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

I- DECHARGE D'UN CONDENSATEUR À TRAVERS UNE BOBINE

Un condensateur de capacité $C = 0,1 \mu\text{F}$, initialement chargé sous une tension $E = 5\text{V}$, est branché dans un circuit comportant une bobine d'inductance L et de résistance interne r (Figure 1). A la date $t = 0$, on ferme l'interrupteur K .

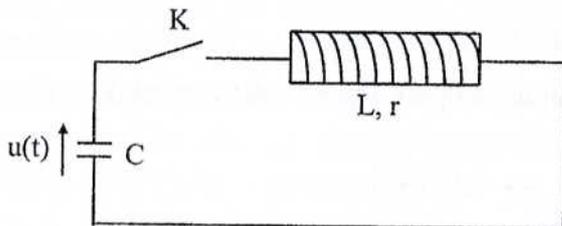


Figure 1



- 1- Calculer la charge initiale du condensateur.
- 2- Etablir l'équation différentielle de la tension $u(t)$ aux bornes du condensateur.
- 3- Montrer que cette équation peut se mettre sous la forme : $\frac{d^2u(t)}{dt^2} + 2\alpha\omega_0 \frac{du(t)}{dt} + \omega_0^2 u(t) = 0$.

On exprimera les coefficients α et ω_0 en fonction de r , L et C .

4- Quels sont les régimes possibles de la décharge du condensateur ?

5- Quel est le régime de la décharge du condensateur dans la bobine, compte tenu des valeurs des différents dipôles utilisés ?

On donne : $L = 0,1 \text{ H}$ et $r = 40 \Omega$.

Dans la suite de cette partie, on conservera ces valeurs de L et de r .

6- Montrer que $u(t)$ s'écrit sous la forme : $u(t) = E e^{-\alpha\omega_0 t} \left(\cos\omega t + \frac{\alpha\omega_0}{\omega} \sin\omega t \right)$, où ω est un

coefficient à exprimer en fonction de α et ω_0 .

7- Exprimer la pseudo-période des oscillations en fonction de α et ω_0 et calculer sa valeur.

- 8- Calculer le temps au bout duquel l'amplitude des oscillations est divisée par 20.
Commenter le résultat.

II- REALISATION D'UNE RESISTANCE NEGATIVE

On considère un amplificateur opérationnel (noté AO), supposé idéal, dont la tension de saturation est notée V_{sat} ($V_{sat} > 0$). L'AO est utilisé dans le circuit dipolaire BM (Figure 2). R est une résistance qu'on peut varier.

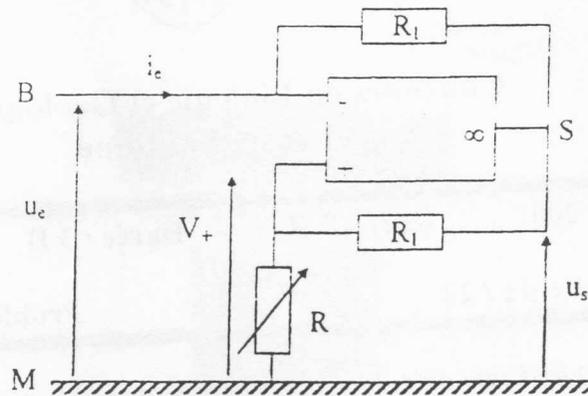


Figure 2

9-

9-1- Montrer que la tension V_+ s'écrit sous la forme : $V_+ = \frac{R}{R - R_1} u_s$.

9-2- Dans le cas où l'AO fonctionne en régime linéaire, déterminer la relation liant u_e et i_e .

9-3- Le dipôle BM est alors appelé « résistance négative ». Justifier cette appellation.

10- Déterminer la condition sur la tension u_e pour que le fonctionnement reste linéaire.

11- En régime de saturation, déterminer la relation liant u_e et i_e .

12- Représenter la caractéristique $u_e = f(i_e)$ du dipôle BM.

On prendra : $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$, $R = 500 \Omega$ et $V_{sat} = 12 \text{ V}$.

III- ENTRETIEN DES OSCILLATIONS

Le dipôle BM est inséré dans le circuit de la figure 1 pour obtenir celui de la figure 3.

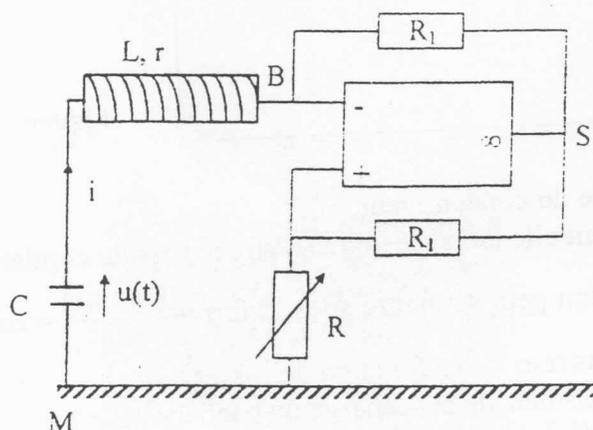


Figure 3

13- Reproduire la figure 3 sur votre copie en remplaçant le dipôle BM par son dipôle équivalent déterminé dans la question 9.

14- Etablir l'équation différentielle de la tension $u(t)$ aux bornes du condensateur.

15- On augmente la valeur de la résistance R à partir de zéro.

15-1- À quelle condition les oscillations de $u(t)$ sont-elles sinusoïdales ?

15-2- Déterminer, dans ce cas, la pulsation et la période des oscillations.

Problème 2

Données numériques :

- * Pression de l'atmosphère : $P_0 = 1 \text{ bar}$
- * Constante des gaz parfaits : $R = 8,31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
- * Masse molaire du butane : $M_{\text{C}_4\text{H}_{10}} = 58 \text{ g mol}^{-1}$
- * Chaleur latente massique de vaporisation de l'eau : $L_{\text{vap}}(373 \text{ K}, 1 \text{ bar}) = 2,24 \cdot 10^6 \text{ J kg}^{-1}$

	butane	eau
$T_c \text{ (K)}$	426	647
$T_v \text{ sous 1 bar (K)}$	273	373
$P_{\text{sat}} \text{ à 293 K (bar)}$	1,1	
$\rho_{\text{liq}} \text{ (kg m}^{-3}\text{)}$	585	

où T_c , T_v et P_{sat} sont respectivement la température critique, la température de vaporisation et la pression de vapeur saturante du corps pur considéré. ρ_{liq} est la masse volumique du corps pur à l'état liquide, supposée indépendante de la température et de la pression.

I- CHANGEMENT DE PHASE SOLIDE-LIQUIDE

On considère l'équilibre entre les deux phases liquide et solide de l'eau. Les variables d'état sont la température absolue T , la pression P et le volume massique v .

1- Tracer l'allure du diagramme de phase $P=f(T)$ d'un corps pur quelconque. Que représentent les courbes, les domaines qu'elles délimitent et les points remarquables ?

2-1- Ecrire la différentielle de la fonction enthalpie libre massique $g(T,P)$. On notera s l'entropie massique.

2-2- Ecrire la condition d'équilibre thermodynamique entre deux phases (1) et (2) à pression et à température fixées.

2-3- Dédurre que la relation de Clapeyron relative à l'équilibre entre deux phases s'écrit :

$$L_{1 \rightarrow 2} = T (v_2 - v_1) \left(\frac{dP}{dT} \right)_{1 \rightarrow 2}$$

Que représente $L_{1 \rightarrow 2}$? Donner son unité.

3- On s'intéresse à l'influence de la pression sur l'équilibre solide-liquide de l'eau. A une température $T_0 = 273 \text{ K}$, sous la pression P_0 , la chaleur latente massique de fusion vaut $L_{\text{fus}} = 3,33 \cdot 10^5 \text{ J kg}^{-1}$, et les volumes massiques du liquide et du solide valent respectivement $v_l = 1,00 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ et $v_s = 1,09 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$.

3-1- Calculer la pente relative à la courbe d'équilibre solide-liquide de l'eau au point (T_0, P_0) .

3-2- En assimilant la courbe de fusion à une droite, évaluer la température de fusion de la glace, sous une pression de 1000 bars. Commenter.

II- CHANGEMENT DE PHASE LIQUIDE-VAPEUR

On considère l'équilibre entre les phases liquide et vapeur d'un corps pur. On note (T_c, P_c, v_c) les coordonnées du point critique.

4- Représenter, dans le diagramme (P, v) , les isothermes d'Andrews d'un corps pur. On fera apparaître les paliers de changement de phase, la courbe de rosée, la courbe d'ébullition et le point critique.

5-1- Exprimer, en fonction de L_{vap} et T , les variations d'enthalpie massique Δh et d'entropie massique Δs associées au changement de phase liquide \rightarrow vapeur.

5-2- A la température de 373 K, calculer Δh et Δs dans le cas de l'eau. Le signe de Δs est-il prévisible ? Justifier.

6- Déterminer l'entropie massique créée lors de la vaporisation de l'eau en contact avec un thermostat à la température 373 K sous une pression de 1 bar.

III- APPLICATION : STOCKAGE DES FLUIDES

7- Une bouteille remplie de butane, assimilée à un cylindre de volume $V = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$, renferme une masse $m = 5 \text{ kg}$.

7-1- Déterminer la masse volumique ρ_{vap} du butane gazeux, considéré comme un gaz parfait, lorsqu'il est porté à la température 293 K et sous la pression de vapeur saturante.

7-2- En comparant les trois valeurs ρ_{liq} , ρ_{vap} et la masse volumique moyenne ρ du butane, déduire la nature des phases présentes dans la bouteille.

Quelle est alors la pression du butane dans la bouteille ?

8- Expliquer la présence d'un détendeur dans les installations de butane.

FIN DE L'EPREUVE.