SESSION 2005

BANQUE D'EPREUVES G2E

PHYSIQUE

Durée : 3 heures

Les calculatrices programmables et alphanumériques sont autorisées.

L'usage de tout ouvrage de référence et de tout document est strictement interdit.

Si, au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il en fait mention dans sa copie et poursuit sa composition. Dans ce cas, il indique clairement la raison des initiatives qu'il est amené à prendre.

Les candidats doivent respecter les notations de l'énoncé et préciser, dans chaque cas, la numérotation de la question posée.

Une grande attention sera apportée à la clarté de la rédaction et à la présentation des différents schémas.

---

1. ETUDE D'UN CIRCUIT RC

On considère le dispositif représenté par la figure n°1.

1.1. On ferme l'interrupteur (K) à la date t = 0. Ecrire l'équation différentielle vérifiée par s(t).
On supposera que e(t) = E = constante.

1.2. L'intégrer en considérant le condensateur déchargé à t = 0. On posera τ = RC.
Représenter l'allure de s(t).

1.3. On considère maintenant le montage de la figure 2.

1.3.1. Montrer que s(t) satisfait à l'équation différentielle : $\frac{d^2s}{dt^2} + \frac{3}{\tau}\frac{ds}{dt} + \frac{s}{\tau^2} = 0$.

1.3.2. Donner l'expression de s(t). Les condensateurs ne sont pas chargés à la date t = 0.
On posera : $\lambda = \frac{\sqrt{5}}{2\tau}$.

1.4. On considère toujours le montage de la figure 2 mais à présent, la source de tension est sinusoïdale, soit e(t) = $E_m \sin \omega t$.

1.4.1. Déterminer l'impédance complexe du circuit en fonction de R, τ et ω.

1.4.2. Déterminer la fonction de transfert complexe : $\underline{H} = \frac{\underline{s}}{\underline{e}}$.

1.4.3. On pose : $\underline{H} = H\, e^{j\varphi}$ où H est le module de la fonction de transfert complexe et φ son argument. Donner les expressions de H et de tan φ en fonction de τ et de ω.

2. REDRESSEMENT DU COURANT ALTERNATIF

Une source de tension alternative, e(t) = $E\sqrt{2}\sin\omega t$, alimente le montage schématisé par la figure n°3.

La caractéristique de la diode est telle que :

i(t) = 0 pour $u_d < 0$ et i(t) = k u_d pour $u_d \geq 0$.

2.1. Déterminer l'expression de i(t) sur une période.Tracer l'allure de la courbe représentant i(t).

2.2. Calculer l'intensité efficace du courant.

2.3. En déduire la puissance moyenne dissipée dans le résistor.
AN : E = 220 V ; R = 2 kΩ et k = 0,01 A/V.

2.4. On désire recharger une batterie de fém E_1 et de résistance interne R (figure n°4).
Dans cette partie la diode est ***<u>idéale.</u>***

2.4.1. Exprimer l'intensité du courant i(t) dans le circuit.
Quelle est la condition de circulation du courant ?

2.4.2. Sur une période, déterminer les instants t_1 et $t_2 > t_1$ entre lesquels le courant circule.
Sur un même graphe on représentera e(t) et E_1. On placera t_1 et t_2.
AN : E = 220 V , E_1 = 24 V et ω = 314 rad/s.

3. DIAGRAMME ENTROPIQUE D'UN CYCLE MOTEUR

Un kilogramme d'eau subit la transformation décrite, dans le diagramme entropique, par le cycle ABCDE (figure n°5). Toutes les transformations sont réversibles.

¤ La branche AC sépare la phase liquide du mélange liquide + vapeur.

¤ La branche DF sépare le mélange liquide + vapeur de la phase vapeur.

♣ AB : compression de l'eau liquide.
La température finale est celle de la source chaude (chaudière) soit T_C = 473 K.

♦ CD : vaporisation totale de l'eau, isobare et isotherme.

♥ DE : détente, dans une turbine, de la vapeur d'eau jusqu'à la température de la source froide (condenseur) soit T_F = 300 K.

♠ EA : liquéfaction totale isotherme et isobare.

On donne les chaleurs latentes de vaporisation de l'eau en kJ/kg : à 473 K : 1940 et à 300 K : 2430.

3.1. Par convention l'entropie de l'eau sera prise nulle au point A.
Calculer les entropies aux points C, D et F. Le long du trajet AC, la chaleur massique, c, de l'eau est constante. On donne c = 4,18 $kJ.kg^{-1}.K^{-1}$.

3.2. Le titre en vapeur d'un mélange liquide-vapeur est égal au rapport de la masse de vapeur à la masse totale. Montrer que le titre au point E est égal à AE/AF.
Le déterminer par simple lecture du graphique.

3.3.1. Quelles sont sur le graphique les surfaces qui représentent les quantités de chaleur Q_C et Q_F échangées par le fluide avec la chaudière et le condenseur.

3.3.2. Déduire de même l'aire correspondant au travail total fourni par le système au cours d'un cycle.

3.3.3. En déduire le rendement de ce cycle moteur. Montrer qu'il est égal à celui de Carnot.

4. VISCOSIMETRE A CHUTE DE BILLE

Une bille sphérique, de masse volumique μ_B et de rayon R, est lâchée sans vitesse initiale dans un fluide de masse volumique μ et de viscosité η. On note g l'accélération de la pesanteur.
En plus du poids et de la poussée d'Archimède, on tient compte de la force de viscosité exercée par le fluide sur la bille, opposée au déplacement et de norme :

$6\pi \eta R v$ où v est la vitesse de la bille.

4.1. Ecrire l'équation différentielle vectorielle vérifiée par le vecteur vitesse de la bille.

4.2. Montrer qualitativement que la vitesse tend vers une valeur limite notée v_∞.

4.3. On suppose que la bille atteint très rapidement cette vitesse limite. On mesure la durée, Δt, nécessaire pour que la bille parcoure une distance H donnée.
Etablir la relation entre Δt, g, H, R, μ_B , μ et η.

4.4. Montrer que l'expression de la viscosité peut se mettre sous la forme : $\eta = K(\mu_B - \mu)\,\Delta t$.
Exprimer la constante d'étalonnage K.

4.5. La durée de chute de la bille est de 83 s. Calculer la viscosité du liquide.
AN : K = 14.10^{-8} SI ; μ_B = 7880 kg/m^3 ; g = 10 m / s² et μ = 912 kg/m^3.

5. VISCOSIMETRE A TUBE CAPILLAIRE

On réalise un tel dispositif en reliant un tube horizontal AB, de longueur L = 2m et de rayon r = 2 mm, au fond d'une cuve cylindrique de rayon R = 50 cm (figure n°6).
La cuve est remplie jusqu'à une hauteur h_0 d'un liquide de masse volumique μ = 1234 kg/m^3 et de viscosité η.
On laisse le liquide s'écouler, dans l'air ambiant à travers le tube AB, pendant la durée Δt.
On constate que la hauteur du liquide dans la cuve passe de h_0 à $h_1 < h_0$.
Dans la cuve l'effet de viscosité est négligeable. On se place en régime quasi- permanent.

5.1. Montrer que la vitesse du liquide en C est négligeable devant la vitesse du liquide en A.

5.2. En appliquant le théorème de Bernoulli entre les points A et C, exprimer la perte de charge $\Delta P = P_A - P_B$ en fonction de μ, g, v_A et h.
<u>On négligera par la suite v_A^2 devant 2 $\mu g h$.</u>

5.3. Dans le capillaire, la vitesse du fluide en un point situé à la distance x de l'axe AB est donnée par la relation : $v(x) = v_0 \left[1-\left(\frac{x}{r}\right)^2\right]$ avec $v_0 = \frac{r^2}{4\eta}\left(\frac{\Delta P}{L}\right)$.

5.3.1. Montrer que le débit volumique dans le capillaire s'écrit : $D = \frac{\pi r^4}{8\eta}\left(\frac{\Delta P}{L}\right)$.

5.3.2. En exprimant le débit volumique de deux façons différentes trouver l'équation donnant la viscosité. La calculer si Δt = 250 s, g = 10 m/s², h_0 = 10 cm et h_1 = 9,9 cm.

FIGURES

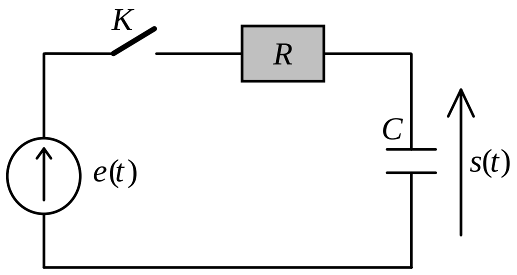

Figure n°1

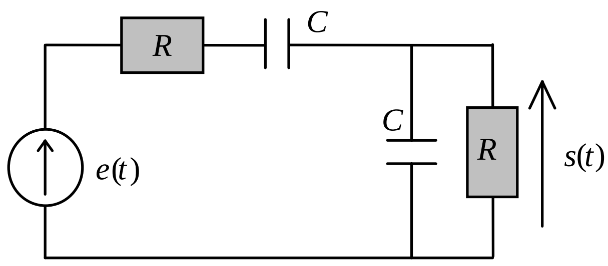

Figure n°2

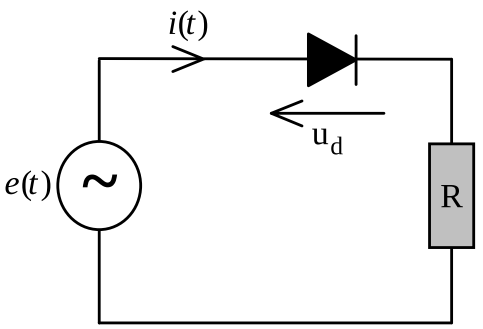

Figure n°3

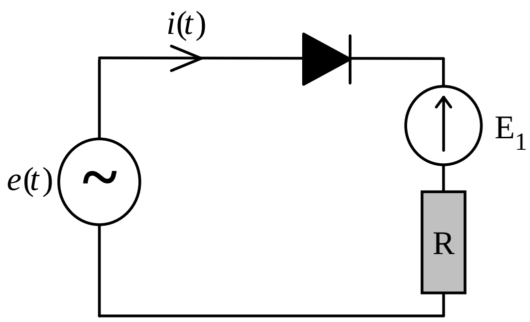

Figure n°4

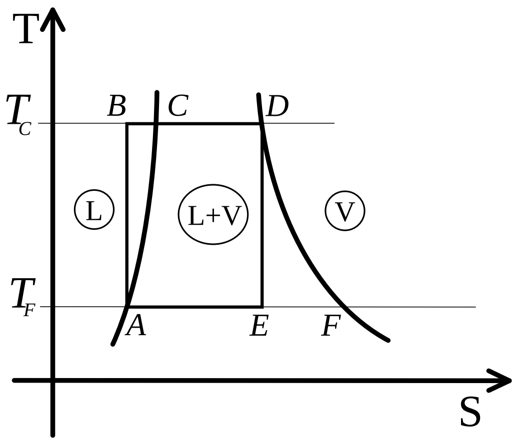

Figure n°5

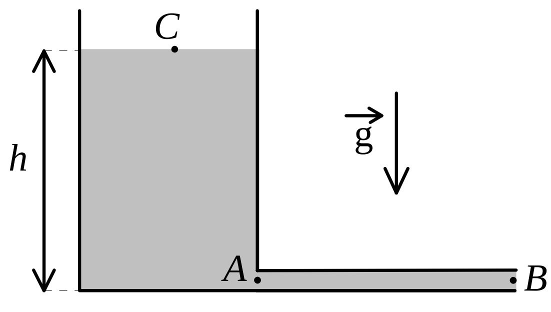

Figure n°6