SESSION 2003

BANQUE D'EPREUVES G2E

PHYSIQUE

Durée : 3 heures

La calculatrice est autorisée pour cette épreuve.

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. RÉGIME TRANSITOIRE DANS UN CIRCUIT RC

On considère le circuit formé d'un condensateur, de capacité C_0, et d'un résistor, de résistance R, montés en série avec un générateur de tension (fig.1).
Le générateur fournit une tension continue $E(t) = E$ pour $t \geq 0$.
A l'instant initial le condensateur est déchargé.

1.1. Etablir l'équation différentielle vérifiée par la tension v(t) aux bornes du condensateur. En déduire l'expression de v(t). Donner l'allure de sa courbe représentative.

1.2. Calculer, à l'instant t, les grandeurs suivantes :
- l'énergie W_G fournie par le générateur depuis l'instant initial ;
- l'énergie W_R dissipée dans le résistor depuis l'instant initial ;
- l'énergie W_C emmagasinée dans le condensateur. Elle est égale à $\frac{1}{2} C_0 v^2(t)$.

1.3. Quelle relation existe-t-il entre ces trois grandeurs ? Quel est le principe vérifié ?

1.4. Déterminer le temps au bout duquel le régime permanent est atteint.
On pourra considérer que ce régime est atteint lorsque la valeur de v(t) est égale à 0,999 E.
On donne : $R = 1\ k\Omega$ et $C_0 = 70\ pF$.

1.5. Le condensateur est un condensateur plan. Il est constitué de deux disques rigides, les armatures, parallèles et séparés par de l'air. L'armature (A) est fixe, l'armature (B) est mobile.
La distance x entre les armatures varie autour d'une valeur x_0 en fonction du temps :
$x(t) = x_0 [\ 1 + \alpha \sin \omega t\ ]$ avec $\alpha << 1$. La capacité du condensateur varie selon la loi :
$C(t) = x_0\, C_0 / x(t)$.

1.5.1. Exprimer la charge q(t) du condensateur en fonction de E, R, C_0 , α, ω, t et i(t), l'intensité du courant dans le circuit.

1.5.2. En déduire l'équation différentielle liant i(t) et di(t) / dt.

1.5.3. Simplifier cette équation en ne gardant que les termes prépondérants.
Remarque : il y a deux infiniments petits du premier ordre.
On admettra que $i(t) << E/R$.
Vérifier que : $RC_0\, di(t)/dt + i(t) \# \alpha\, \omega\, EC_0 \cos \omega t$.

2. ÉTUDE SIMPLIFIÉE D'UN MICROPHONE

Ce condensateur modélise un microphone de pression à symétrie cylindrique (fig.2). L'armature (B) peut se déplacer par rapport au bâti parallèlement à elle-même. On note x son abscisse par rapport à l'armature (A).
Soit S la surface d'une armature. On notera P_a la pression atmosphérique s'exerçant sur la face externe de (B) et P la pression dans la cavité, de volume V, contenant (A).
A l'équilibre mécanique de l'armature (B) $x = x_0$, $V = V_0$ et $P = P_0$.

2.1. Lorsque (B) se déplace, l'air subit une transformation isentropique. L'air est considéré comme un gaz parfait. Donner la définition d'une transformation isentropique.

2.2. Exprimer la pression P en fonction de x, x_0, P_0, S, V_0 et γ.

2.3. En déduire par développement limité la variation $P - P_a$ ainsi que la résultante des forces de pression s'exerçant sur l'armature (B).

3. VIDANGE D'UN RÉSERVOIR

Un grand récipient, posé sur un plan horizontal (fig.3), contient de l'eau, de masse volumique $\mu = 1000\ kg/m^3$. On donne AB = H = 1 m et g = 10 m/s².
Un trou O est percé dans la paroi supposée mince à 20 cm de la surface libre B.

3.1.1. Si le niveau B est supposé constant, quelle est la vitesse d'écoulement v_0 par le trou O ?
3.1.2. Quelle serait sa valeur si on remplaçait l'eau par du mercure ?
3.1.3. On considère qu'une goutte d'eau, supposée ponctuelle, après son passage en O n'est plus soumise qu'à son poids. Calculer sa vitesse lorsqu'elle est sortie depuis 0,4 s.

3.2. Quelle est la nouvelle valeur v'_0 de la vitesse d'écoulement en O, si une surpression de 1 kPa s'exerce à la surface de l'eau de niveau constant ?

3.3. Le récipient a une section droite S = 20 cm² et le trou O, une section s = 2 mm².
Le niveau B de la surface libre n'est plus constant mais se déplace avec une vitesse de norme v_B.
Que devient la vitesse d'écoulement V_0 en O ?
On appliquera le théorème de Bernoulli entre un point de la surface libre et le point O.

3.4. La hauteur h_B de liquide diminue avec le temps à partir de la valeur initiale H à t = 0.
On admettra que : $v_B << V_0$ et $s << S$.

3.4.1. Quelle est l'expression de h_B en fonction du temps ?
3.4.2. En déduire les expressions littérales de la vitesse V_0 d'éjection en O, du débit volumique D_0 à travers le trou O et du volume de liquide τ_0 restant à l'instant t.
3.4.3. Au bout de quel temps t_0, l'écoulement par le trou O s'arrête-t-il ?
Quel volume τ_0' reste-t-il alors dans le réservoir ?

4. CONDUCTION DE LA CHALEUR

On se place en régime permanent. La température ne dépend que de la variable d'espace x.
Pour consolider une paroi rocheuse, plane et isotherme de température T_0, on coule un massif de béton, de conductivité thermique λ. Ce massif est limité de l'autre côté par un coffrage métallique, plan, de température uniforme $T_C < T_0$. Le coffrage est supposé très bon conducteur de la chaleur (fig.4). La température du coffrage est maintenue constante par aspersion d'eau. La prise du béton correspond à une réaction chimique exothermique. On note φ la puissance volumique de la chaleur dégagée dans la masse de béton.

4.1. Etablir l'équation différentielle vérifiée par la température, T(x), du massif de béton.

4.2. En déduire l'expression de T(x).

4.3. Calculer le vecteur densité de chaleur : $j_Q(x)$.
Montrer que si $\varphi > \varphi_0$, le signe du vecteur densité de chaleur n'est pas le même dans toute l'épaisseur du béton. Donner l'expression de φ_0 en fonction des paramètres du problème.

5. ECHAUFFEMENT D'UN RADIATEUR

On étudie un radiateur, en aluminium, dont la fonction est de dissiper la chaleur produite par un composant électronique. Sa capacité thermique est C = 50 mJ/K. Il reçoit une puissance P = 40 mW.
Il rayonne par convection la puissance thermique $\Phi = h(T - T_0)$ avec h = 2,5 mW/K.
T représente la température du radiateur et T_0 la température ambiante soit 25°C.

5.1. Etablir l'équation différentielle reliant la température T au temps θ.

5.2. En déduire la loi $T(\theta)$, si la température initiale du radiateur est T_0.

5.3. Déterminer la température en régime permanent.

Figures

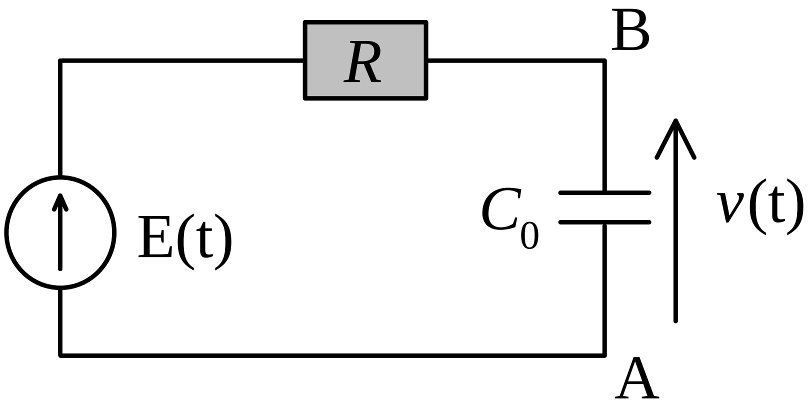

Figure 1

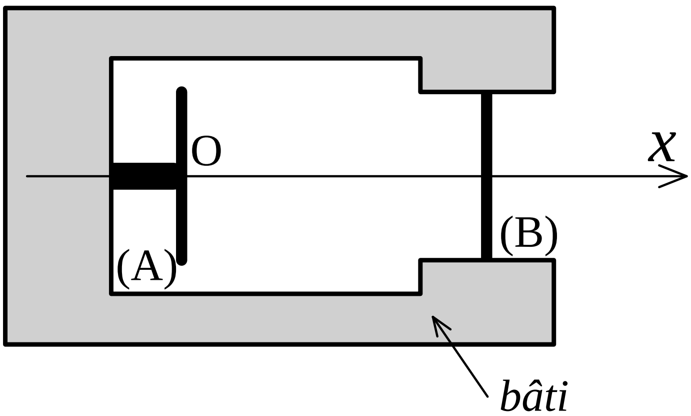

Figure 2

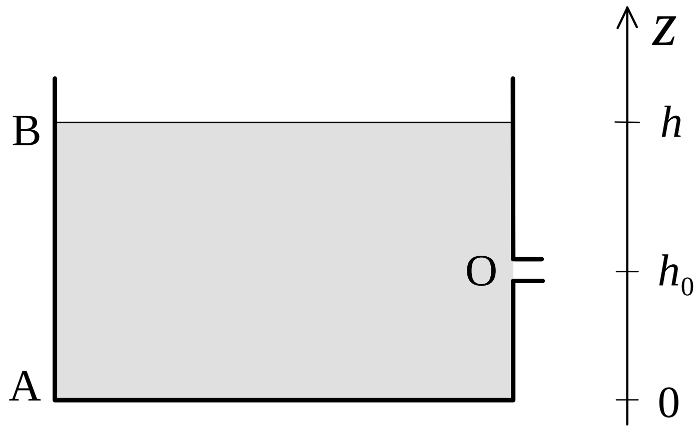

Figure 3

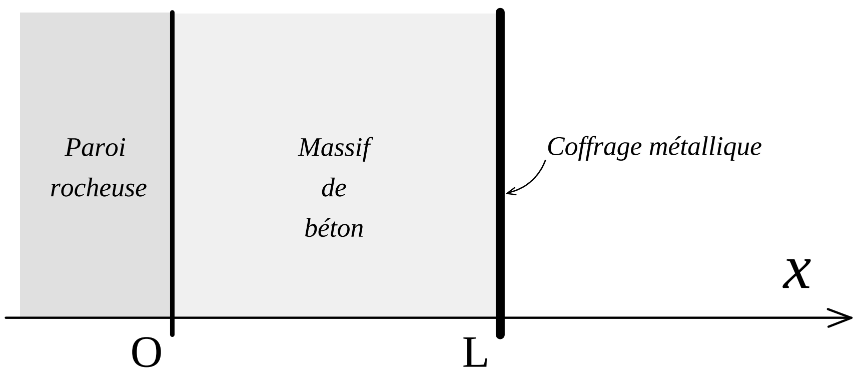

Figure 4