

Examen de Fin du 2^{ème} Semestre de Physique

- L'usage des calculatrices est autorisé.
- Les résultats littéraux devront être encadrés.
- Toute application numérique ne comportant pas d'unité sera considérée comme fausse.
- Les résultats littéraux non homogènes entraîneront la perte de tous les points de la question.

N. B. : Le candidat attachera la plus grande importance à la clarté, à la précision et à la concision de la rédaction.



PROBLEME 1 : (THERMODYNAMIQUE)

Un moteur ditherme fonctionne entre deux sources selon un cycle quasi-statique (ci-contre), constitué de deux adiabatiques et de deux isochores. Les températures des sources extérieures sont T_2 (source chaude) et T_1 (source froide), avec $T_2 > T_1$. Le cycle est décrit par n moles d'un gaz parfait de capacité thermique molaire à volume constant C_V constante et telle que $\gamma = 1,4$.

Les différentes phases du cycle sont :

- Phase AB : compression adiabatique supposée réversible
- Phase BC : échauffement isochore du gaz à travers son contact avec la source chaude T_1
- Phase CD : détente adiabatique réversible
- Phase DA : Refroidissement isochore du gaz à travers son contact avec la source froide T_2

À chaque cycle correspond un tour de l'arbre moteur.

Chaque variable d'état (pression P , volume V et température T) du gaz en un point du cycle sera indiquée par la lettre de cet état. On notera α le rapport volumétrique $\alpha = V_A/V_B$.

On donne : $T_1 = 300$ K, $T_2 = 1000$ K, $\alpha = 10$, $n = 0,05$ mol et la constante de gaz parfait $R = 8,32$ J.K⁻¹ mol⁻¹.

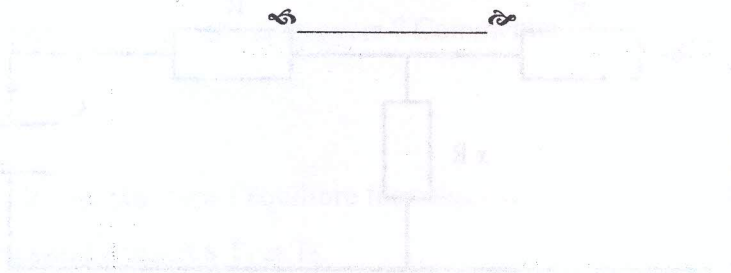
vers l'infini de manière à ce que le dipôle $x.R$ se comporte comme une branche ouverte. Le quadripôle (ABCD) comporte deux résistances de valeurs $19R$ et R et un condensateur de capacité C .

Ce quadripôle (ABCD) est caractérisé par la fonction de transfert en notation complexe et définie par $\underline{H}(j\omega) = \frac{\underline{U}_C(t)}{\underline{E}(t)} = G(\omega)e^{j\omega\varphi}$.

- 3) Déterminer l'expression de la fonction $\underline{H}(j\omega)$. La mettre sous la forme ci-dessous dont on explicitera les pulsations ω_1 et ω_2 en fonction des données du problème.

$$\underline{H}(j\omega) = \frac{1 + j\frac{\omega}{\omega_1}}{1 + j\frac{\omega}{\omega_2}}$$

- 4) Dédurre l'expression du gain $G(\omega)$ ainsi que celle du gain en décibels (G_{db}). On donne $G_{db} = 20 \log(G(\omega))$.
- 5) Déterminer l'expression de la phase φ en fonction de ω .
- 6) Représenter le diagramme de Bode (G_{db} et φ) de ce quadripôle (ABCD) en fonction de $\log(\omega)$.

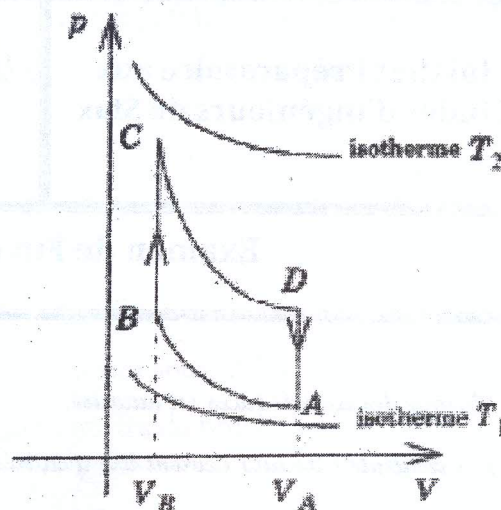


- 1) Déterminer les expressions des capacités calorifiques du gaz à pression constante et à volume constant. Calculer leurs valeurs.

I- Partie 1

Dans cette première partie, le gaz n'arrive pas à atteindre l'équilibre thermique avec les deux sources. En effet, la mesure des températures des états A et C lors de ce cycle a conduit aux valeurs suivantes :

Soient dans cette partie $T_A = 320 \text{ K}$ et $T_C = 900 \text{ K}$.



- 2) Déterminer les températures T_B et T_D . On notera tout d'abord l'expression littérale suivie de l'application numérique.
- 3) Déterminer littéralement les transferts thermiques Q reçus par le gaz au cours de chaque phase. Déduire les différents travaux mécaniques W de chaque phase du cycle.
- 4) Donner l'expression du rendement de ce moteur en fonction de a et γ . Faire l'application numérique.
- 5) Calculer l'entropie échangée avec le milieu extérieur au cours des phases BC et DA.
- 6) Quelle est l'entropie créée S_c au cours d'un cycle ? Commenter.

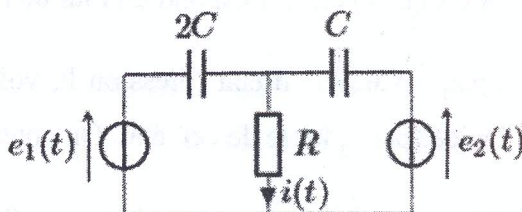
II- Partie 2

Dans la suite du problème, le gaz réalisera l'équilibre thermique avec les deux sources de manière que T_A et T_C seront égales respectivement à T_1 et T_2 .

- 7) Calculer les nouvelles températures T_B et T_D .
- 8) Refaire le bilan entropique en calculant l'entropie créée S'_c si elle existe. Commenter.
- 9) Le rendement de ce moteur conservera-t-il la même expression de la question 4 ? Le comparer avec celui de Carnot qui fonctionne selon les isothermes (T_1 et T_2). Commenter.

PROBLEME 2 : (ELECROCINETIQUE)

Dans le circuit représenté ci-contre, on utilise à la fois deux générateurs de tension alternative e_1 et e_2 . Ces tensions, ayant la même pulsation ω , sont déphasés l'un par rapport à l'autre de $2\pi/3$.



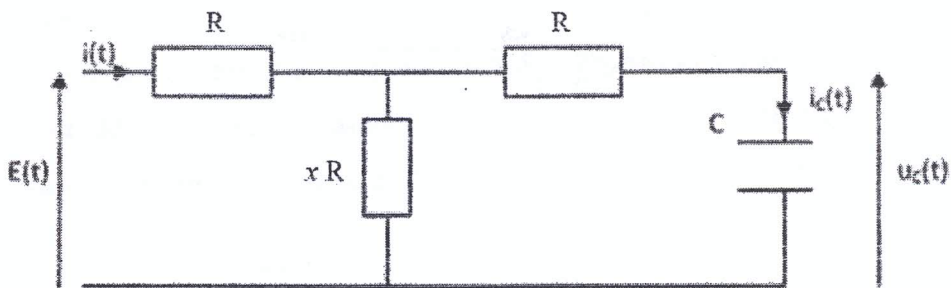
E représente la force électromotrice des deux signaux, C la capacité du condensateur du côté de e_2 et R une résistance électrique à valeur constante. Soient les expressions $e_1(t)=E.\cos(\omega t)$ et $e_2(t)=E.\cos(\omega t + \frac{2\pi}{3})$.

Les deux condensateurs de capacités respectives $2C$ et C sont initialement déchargés. On note par $i(t)$ l'intensité du courant qui circule dans la résistance R et on pose $i(t)=I_m.\cos(\omega t + \varphi)$. Soit $\underline{i}(t) = \underline{I}_m e^{j\omega t}$, le nombre complexe associé à $i(t)$.

- 1) Trouver l'amplitude complexe $\underline{I}_m$ en utilisant les lois de Kirchhoff.
- 2) Retrouver l'expression de l'amplitude complexe $\underline{I}_m$ à l'aide du théorème de Millmann.
- 3) Déterminer l'expression de l'amplitude maximale réelle I_m en fonction de E , R , C et ω .
- 4) Déterminer l'expression du déphasage φ entre $e_1(t)$ et $i(t)$.

PROBLEME 3 : (ELECROCINETIQUE)

Soit le circuit ci-dessous qui comporte 3 résistances électriques notées R , R et $x.R$ tel que x est un coefficient positif, voir figure ci-dessous. $E(t)=E$ est la force électromotrice constante du générateur de tension et C est un condensateur initialement déchargé.



- 1) Etablir l'équation différentielle que vérifie $u_c(t)$. Résoudre cette équation et déduire l'expression $u_c(t)$ en tenant compte des conditions initiales. Tracer l'allure.
- 2) Déterminer l'expression du courant $i_c(t)$.
Déduire celle de $i(t)$.

Maintenant, on remplace le générateur $E(t)$ est un GBF de tension $E(t)=E.\cos(\omega t)$ où ω est sa pulsation ajustable, voir figure ci-contre. Le coefficient x tend

