

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

– L'usage des calculatrices est autorisé.

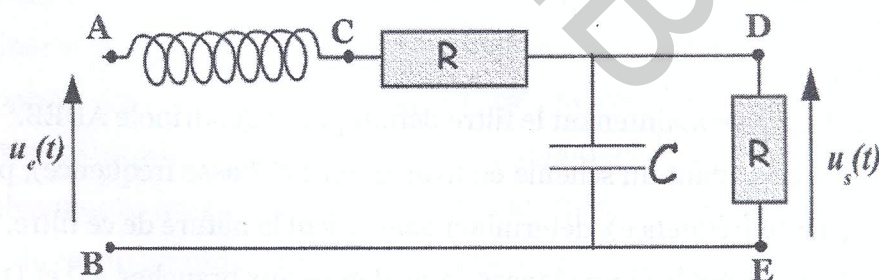
– Les résultats littéraux non homogènes entraîneront la perte de tous les points de la question.

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



Problème 1:

Le circuit représenté ci-dessous est alimenté entre les bornes d'entrée A et B par un générateur de tension sinusoïdale de pulsation ω réglable, d'impédance interne négligeable qui fournit une tension $u_e(t)$ d'amplitude E constante. Le circuit est composé d'une bobine d'inductance L en série avec une résistance R , suivi d'un condensateur de capacité C en parallèle avec une résistance R .



Partie 1

On s'intéresse dans un premier temps au quadripôle (CDEB) lorsque la bobine est court-circuitée. Ainsi,

- 1) Ce filtre est-il un passe-bas, passe-haut ou passe bande ? Justifiez votre réponse sans faire de calcul.

- 2) Etablir la fonction de transfert de ce filtre $\underline{H}(j\omega)$. En précisant les limites de cette fonction quand ω tend vers zéro et l'infini, vérifier la nature de ce filtre.
- 3) Déterminer le gain et la phase de cette fonction de transfert. Dédire le gain en décibel G_{db} .
- 4) Quelle est sa pulsation de coupure ω_c ainsi que sa bande passante $\Delta\omega$.
- 5) Etablir les équations des deux asymptotes du gain G_{db} .
- 6) Tracer l'allure du diagramme de Bode en gain et phase de ce filtre.

Partie 2

Dans cette partie, La bobine n'est plus court-circuitée. Elle est parcourue par le courant d'intensité $i(t)$. On applique à l'entrée du circuit une tension sinusoïdale $u_e(t) = E \cos(\omega t)$, on recueille en sortie, la tension aux bornes du condensateur $u_s(t) = U_{sm} \cos(\omega t + \varphi)$.

1. Etablir l'équation différentielle du circuit, en régime permanent, vérifiée par la tension aux bornes du condensateur.
2. Donner l'expression de l'amplitude complexe $\underline{U}_{sm}$ de la tension aux bornes du condensateur et en déduire son amplitude réelle.
3. Tracer la courbe représentative de U_{sm} en fonction de ω .
- 5) Déterminer l'amplitude complexe $\underline{I}$ de l'intensité du courant principal $I(t)$, déduire son amplitude maximale I_m et son déphasage $\Delta\varphi$ par rapport à la tension $u_e(t)$.

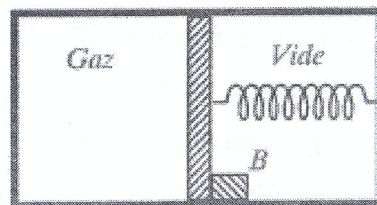
Partie 3

On considère maintenant le filtre défini par le quadripôle ADEB.

- 1) En effectuant un schéma équivalent en BF (basse fréquence), puis un autre en HF (haute fréquence), déterminer sans calcul la nature de ce filtre.
- 2) Déterminer les impédances équivalentes aux branches AD et DE.
- 3) Dédire la fonction de transfert de ce filtre. Quel est son ordre?
- 4) Exprimer le gain $G(\omega)$ ainsi que la phase $\varphi(\omega)$ en précisant son domaine de variation.
- 5) Tracer l'allure du diagramme de Bode en gain et de phase de ce filtre.

Problème 2:

On considère un piston calorifugé mobile dans un cylindre calorifugé horizontal de section constante S , voir figure. Le compartiment de gauche contient n moles d'un gaz parfait de coefficient isentropique γ et le compartiment de droite est soumis à un vide poussé. Le piston est relié à un ressort de raideur k . Soient $\gamma = 7/5$ et R la constante des gaz parfaits.



Initialement, le piston est coincé par une butée B, le ressort est au repos (ni comprimé, ni tendu), la pression du gaz est P_0 et sa température est T_0 . Soit le volume V_0 occupé initialement par le gaz.

On supprime la butée B. Le système évolue vers un nouvel état d'équilibre. On cherche à exprimer le volume final du gaz V_F , la pression finale P_F et la température T_F en fonction du déplacement du piston x_F .

- 1) En appliquant la condition d'équilibre mécanique au piston dans l'état final, donner la relation entre P_F , S , k et x_F .
- 2) Déterminer le volume final V_F en fonction de V_0 , x_F et S .
- 3) Déduire la température finale T_F en fonction de n , R , V_0 , x_F , k et S .
- 4) Déterminer le travail W de la tension du ressort en fonction de x_F et k .
- 5) On suppose que le travail du ressort est intégralement communiqué au compartiment gauche. Dans ces conditions, appliquer le premier principe de la thermodynamique au gaz. Déduire une relation entre T_F , T_0 , n , R , γ , k et x_F .
- 6) Déduire de ce qui précède, que la pression P_F vérifie l'équation suivante:

$$P_F^2 + \frac{5kV_0}{6S^2}P_F - \frac{5nRT_0}{6S^2}k = 0$$

- 7) Exprimer la variation d'entropie du gaz. S'agit-il d'un échauffement ou d'un refroidissement du gaz lors de cette évolution? Que peut-on dire quant à la création d'entropie?

Problème 3:

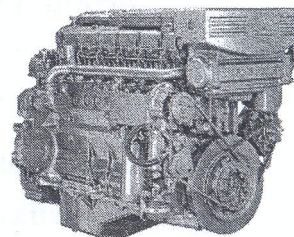
Les moteurs Diesel actuels fonctionnent suivant le cycle théorique réversible, dit de Diesel, qui est constitué des transformations suivantes :

A→B : compression adiabatique.

B→C : combustion isobare.

C→D : détente adiabatique.

D→A : refroidissement isochore.



On considère n moles de gaz supposé parfait de coefficient isentropique $\gamma=7/5$, décrivant le cycle. On pose : $a = V_A/V_B$: rapport volumétrique de compression et $b = V_D/V_C$: rapport volumétrique de combustion.

On prend $R=8.31 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$.

- 1) Tracer ce cycle sur le diagramme de Clapeyron. S'agit-il d'un cycle ditherme ?
- 2) Etablir les expressions des énergies thermiques échangées avec l'extérieur. Dédurre l'expression du travail du cycle.
- 3) Exprimer le rendement r du cycle en fonction des énergies thermiques échangées puis en fonction de n , R et les différentes températures de fonctionnement du cycle.
- 4) Démontrer que r vérifie la relation suivante :

$$r = 1 - \frac{a^\gamma - b^\gamma}{\gamma(ab)^{\gamma-1}(a-b)}$$

Pour réduire la taille du moteur, le gaz parfait suit un cycle dit de Diesel mixte (ou cycle de Sabathé : A→A'→B'→C→D) qui consiste à provoquer un état intermédiaire A' tel que $P_{A'}=P_D$. L'évolution A'→B' est alors une isochore qui ramène le gaz à la pression $P_{B'}=P_C$. Le gaz subit juste après un échauffement isobare jusqu'à l'état C puis il poursuit son cycle vers l'état D et A. Les états sont définis par : A ($T_A=293 \text{ K}$, $P_A=1 \text{ bar}$); C ($T_C=2073 \text{ K}$, $P_C=60 \text{ bars}$) ainsi que le rapport $a' = \frac{V_A}{V_{B'}} = 17$.

- 5) Tracer ce nouveau cycle sur le diagramme de Clapeyron. S'agit-il encore d'un cycle ditherme ?
- 6) Calculer les températures $T_{A'}$, $T_{B'}$ et T_D , la pression $P_{A'}$ ainsi que le rapport volumétrique $\frac{V_C}{V_{B'}}$.
- 7) Déterminer les expressions des énergies thermiques échangées avec l'extérieur, en déduire celle du travail du cycle de Sabathé.
- 8) Exprimer le rendement r' de ce cycle puis le calculer numériquement.

