

DS 7 - Thermodynamique et régime sinusoïdal forcé

Durée : 2h

Indications

- Le sujet est divisé en 4 parties **indépendantes**.
- Les calculatrices sont **interdites**.
- Une absence d'unité non justifiée à la fin d'une application numérique **ne comptera aucun point**.
- Indiquer clairement le numéro de la question, aérer la copie et encadrer vos résultats afin de **faciliter le travail du correcteur**.

Données

- Constante des gaz parfaits : $R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$.
- Coefficient de Laplace de l'air : $\gamma = \frac{c_P}{c_V} = 1,40$.

1 Etudes de transformations d'un gaz parfait

Concours communs polytechnique TSI (2006)

On étudie différentes transformations de n moles d'un gaz parfait.

On notera P la pression du gaz, V son volume et T sa température.

On notera R la constante des gaz parfaits.

Soit c_V la capacité calorifique molaire à volume constant du gaz.

Soit c_P la capacité calorifique molaire à pression constante du gaz.

Soit γ le rapport des capacités calorifiques molaires à pression constante et à volume constant : $\gamma = \frac{c_P}{c_V}$.

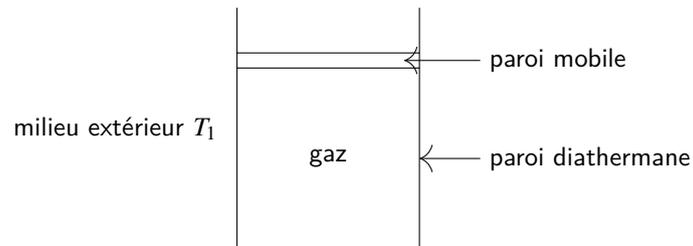
1.1 Préambule

1. Donner l'équation d'état du gaz parfait. Préciser, pour chacune des grandeurs utilisées dans cette équation, l'unité qui lui correspond dans le système international.
2. Donner la relation de Mayer qui relie les capacités calorifiques molaires c_P et c_V et la constante des gaz parfaits R . Dédurre de la relation de Mayer et de la définition du coefficient γ la relation entre c_V , R et γ , d'une part, et entre c_P , R et γ , d'autre part.
3. Rappeler l'expression différentielle de la variation d'énergie interne dU de n moles d'un gaz parfait au cours d'une transformation quelconque en fonction de la température T .

1.2 Détente isotherme

On enferme le gaz dans une enceinte diathermane (permettant les échanges thermiques) dont une paroi horizontale (piston), de masse négligeable, est mobile verticalement sans frottement.

La température T_1 du milieu extérieur est constante. L'extérieur se comporte comme un thermostat. A l'état initial le gaz est caractérisé par une pression P_1 , un volume V_1 et une température T_1 et la paroi est bloquée.



On débloque la paroi et on la déplace de manière quasi-statique jusqu'à une position, telle que le volume V_1' offert au gaz soit $V_1' = 2V_1$, et on la bloque à nouveau.

4. Déterminer la pression P_1' du gaz dans l'état final en fonction de P_1 .
5. Déterminer l'expression du travail W_1 mis en jeu par le gaz au cours de cette transformation en fonction de n , R et T_1 .
6. Calculer la variation d'énergie interne ΔU_1 du gaz au cours de cette transformation. En déduire le transfert thermique Q_1 reçu par le gaz en fonction de n , R et T_1 .

2 Transformations polytropiques

Une transformation polytropique est une transformation quasistatique vérifiant PV^k constante.

7. Calculer le travail des forces de pression pour un gaz parfait subissant une transformation polytropique entre (P_0, V_0, T_0) et (P_1, V_1, T_1) en fonction des pressions et volumes ainsi que de k .
8. On note $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ qui est une constante pour un gaz parfait. Trouver une expression du transfert thermique au cours de la transformation précédente de la forme $C(T_1 - T_0)$ où C est une constante.
9. Donner une interprétation physique de C .
10. Étudier en les interprétant physiquement les cas suivants : $k = \gamma$, $k = 0$, $k \rightarrow \infty$ et $k = 1$.

3 Étude d'une résonance

Soit le circuit suivant, où $e(t)$ est une tension sinusoïdale de pulsation ω . On étudie l'intensité parcourant le générateur.

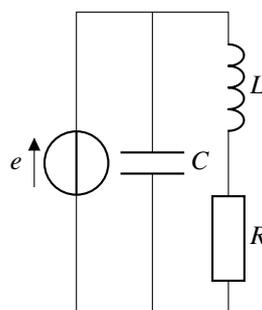


Figure 1: Schéma du circuit électrique

11. Exprimer l'impédance complexe du circuit.
12. On pose $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$, $Q = \frac{L\omega_0}{R}$ et $x = \frac{\omega}{\omega_0}$. Donner l'expression de l'impédance en fonction de x , Q et R .
13. Établir l'existence d'un extremum du module de l'impédance pour certaines valeurs de Q qu'on précisera (on pourra effectuer le changement de variable $u = x^2$).
14. Donner l'expression de la pulsation correspondant à l'extremum.
15. En étudiant les limites du module de l'impédance, en déduire qu'il s'agit d'un maximum.
16. Décrire l'intensité du courant parcourant le générateur.
17. Dans le cas où le facteur de qualité Q est grand, donner les expressions approchées de la pulsation de résonance en impédance et de la valeur correspondante du maximum de $|Z|$.

4 Problème ouvert

Lors d'une expérience, on met en contact un bloc de métal de masse 1,0 kg avec un système de chauffage électrique. Lors d'une première expérience, on chauffe le bloc pendant 10 minutes. La puissance reçue par le bloc est constante. La température initiale du bloc est de 22 °C et la température finale est de 40 °C. On répète le même protocole expérimental, mais pendant 15 minutes avec une température initiale de 19 °C.

Quelle est la température finale du bloc de métal ?

FIN DU SUJET