

Devoir de synthèse de Physique du deuxième Semestre

(Durée : 3 H)

Exercice1 : optique géométrique (4 points)

I-Un rayon lumineux provenant d'un milieu 1, caractérisé par un indice de réfraction n_1 , arrive sur un dioptre plan séparant ce milieu d'un second milieu d'indice de réfraction n_2 .

- 1) Tracer les rayons réfracté et réfléchi.
- 2) Expliquer brièvement les phénomènes de réflexion totale et l'angle limite de réfraction.

II-On considère un prisme d'angle $A = 60^\circ$ d'indice $n = 1.5$ plongé dans l'air d'indice $n_0 = 1$. Un rayon incident qui fait un angle $i = 30^\circ$ avec la normale à la surface d'entrée du prisme (voir figure 1).

- 1) Tracer le rayon lumineux à travers le prisme.
- 2) Déterminer la déviation du rayon incident à travers le prisme.

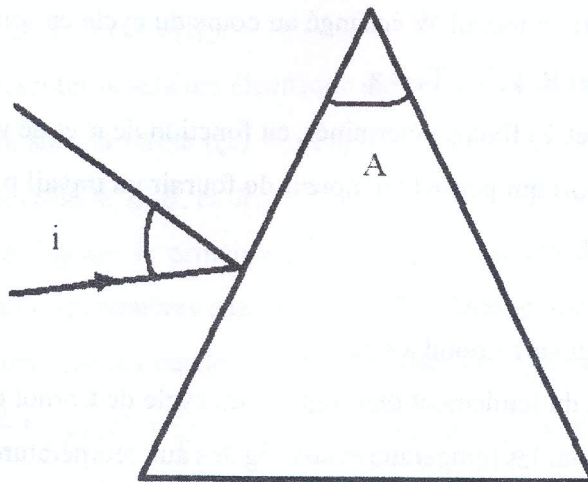


Figure 1

Exercice 2 : Thermodynamique (7 points)

Un moteur à gaz fonctionne suivant le cycle théorique de Joule composé de deux adiabatique réversibles reliés par deux isobares réversibles, comme suit :

- Une compression adiabatique de l'état A (P_1, V_1, T_1) à l'état B (P_2, V_2, T_2) dans un compresseur ;
- Un échauffement isobare de l'état B à l'état C (P_3, V_3, T_3) dans un échangeur thermique ;
- Une détente adiabatique de l'état C à l'état D (P_4, V_4, T_4) dans une turbine à gaz ;
- Un refroidissement isobare de l'état D à l'état A dans un second échangeur thermique.

Le cycle est décrit par une mole d'un fluide supposé comme gaz parfait de rapport γ , constant, des capacités calorifiques ($\gamma = 1.4$). On désigne par x les taux de compression ($x = \frac{P_2}{P_1}$) et par

α le rapport des températures T_3 et T_1 ($\alpha = \frac{T_3}{T_1}$).

- 1) Représenter le cycle dans le diagramme de Clapeyron.
- 2) Donner les signes des chaleurs échangées.
- 3) Déterminer les expressions des chaleurs échangées au cours de chaque transformation.
- 4) Déterminer la variation d'entropie, ΔS , du gaz au cours de cycle ; conclure.
- 5) Exprimer le rendement r de ce moteur en fonction
 - a- Des températures T_1, T_2, T_3, T_4 .
 - b- Du taux de compression x et γ .
- 6) Déterminer l'expression du travail W échangé au cours du cycle en fonction de la constante des gaz parfait R , γ , T_1 , T_3 et x .
- 7) Pour des valeurs de T_1 et T_3 fixées, déterminer, en fonction de α et de γ , le taux de compression x (noté $x_{\max}$) qui permet au moteur de fournir un travail maximal
- 8) Pour $\alpha = 9$, déterminer :
 - a- La valeur de $x_{\max}$
 - b- La valeur de $r_{\max}$ qui correspond à $x = x_{\max}$.
- 9) Quelle est l'expression du rendement thermique r_c du cycle de Carnot correspondant (utilisant des sources dont les températures sont égales aux températures extrêmes T_1 et T_3). Déterminer pour $\alpha = 9$ la valeur de r_c et la comparer à $r_{\max}$.

Problème : Rail de Laplace avec deux tiges (9 points)

Deux tiges T_1 et T_2 identiques, chacune de masse m et de résistance R , sont mobiles sans frottement sur deux rails parallèles de résistances négligeables et distants de a . L'ensemble (tiges, rails) est situé dans un plan horizontal (voir figure 2).

Un champ magnétique $\vec{B} = B\vec{u}_z$ permanent, uniforme et vertical règne en tout point de l'espace de travail.

A l'instant initial $t = 0$, on communique à la tige T_1 une vitesse $\vec{v}_0 = v_0\vec{u}_x$ tandis que la tige T_2 est immobile.

Les deux tiges et les deux rails forment un circuit fermé. On néglige les effets dus à l'inductance propre du circuit.

1) Montrer qualitativement que T_1 va ralentir et que T_2 va se mettre en mouvement.

2) Montrer que l'une des tiges se comporte en générateur et l'autre en récepteur.

On pose, à un instant $t > 0$, $i(t)$ le courant induit qui circule dans le circuit, $\vec{v}_1(t)$ la vitesse de la tige T_1 et $\vec{v}_2(t)$ la vitesse de la tige T_2 .

3) Reproduire la figure 2 sur votre copie d'examen et représenter, qualitativement, les forces de Laplace $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$ exercées respectivement sur les tiges T_1 et T_2 , le sens réel du courant induit $i(t)$ qui circule dans le circuit ainsi que les vitesses $\vec{v}_1(t)$ et $\vec{v}_2(t)$.

4) Exprimer le flux Φ du champ magnétique $\vec{B}$ à travers la surface de la spire formée par le circuit, en fonction de a , B , x_1 et x_2 : positions respectives des tiges T_1 et T_2 sur l'axe (Ox) . Déduire l'expression de la force électromotrice induite $e(t)$, en fonction de a , B , $v_1(t)$ et $v_2(t)$.

5) Représenter le schéma électrique équivalent du circuit. Mettre l'équation électrique du circuit sous la forme $i(t) = A(v_1(t) - v_2(t))$, où A est une constante qu'on exprimera en fonction de a , B , et R .

6) En appliquant le principe fondamental de la dynamique, établir les deux équations mécaniques relatives aux tiges T_1 et T_2 . Déduire que $v_1(t) + v_2(t) = v_0$.

7) Montrer que les équations différentielles en $v_1(t)$ et $v_2(t)$ s'écrivent sous la forme : $\frac{dv_1(t)}{dt} + \frac{1}{\tau} v_1(t) = \frac{1}{2\tau} v_0$ et $\frac{dv_2(t)}{dt} + \frac{1}{\tau} v_2(t) = \frac{1}{2\tau} v_0$. τ est une constante qu'on exprimera en fonction de a , B , m et R .

8) En déduire les expressions des vitesses $v_1(t)$ et $v_2(t)$. Tracer, sur le même graphe, $v_1(t)$ et $v_2(t)$. Commenter la situation finale obtenue ($t \rightarrow \infty$).

- 9) Déduire l'expression du courant induit $i(t)$. Tracer sa courbe représentative.
Commenter la situation finale obtenue ($t \rightarrow +\infty$).

10) Etude   nerg  tique.

- Exprimer, en fonction de m et v_0 , l'énergie cinétique initiale E_{Ci} (   $t = 0$) du système formé par les deux tiges.
- Exprimer, en fonction de m et v_0 , l'énergie cinétique finale E_{Cf} (   $t \rightarrow \infty$) du système formé par les deux tiges.
- Déduire, en fonction de m et v_0 , $\Delta E_C = E_{Cf} - E_{Ci}$.
- Exprimer, en fonction de m et v_0 , l'énergie dissipée par effet joule W_J dans le circuit électrique.
- Comparer ΔE_C    W_J . Conclure.

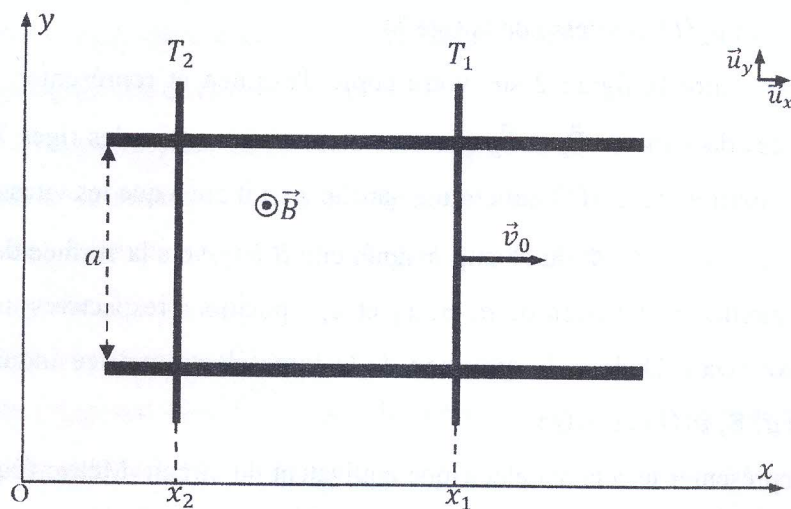


Figure 2