

Electromagnétisme, Thermodynamique

Extrait de l'entête des sujets de la banque PT :

« La **présentation**, la lisibilité, l'orthographe, la qualité de la rédaction, la **clarté et la précision** des raisonnements entreront pour une **part importante** dans l'**appréciation des copies**. En particulier, les résultats non justifiés ne seront pas pris en compte. Les candidats sont invités à encadrer les résultats de leurs calculs. »

Problème 1 : Rail de Laplace vertical

On considère un dispositif de rail de Laplace vertical, dans lequel une barre métallique PQ , de masse m , peut glisser sans frottement le long de deux rails verticaux distants de a . Ces rails sont reliés à un générateur de tension, délivrant une force électromotrice continue U_0 .

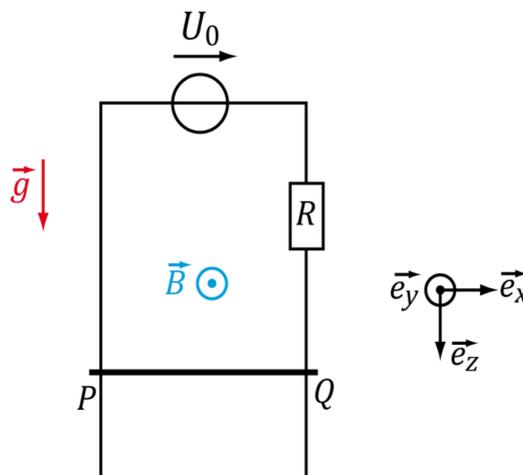
La résistance totale du circuit est notée R et elle est indépendante de la position de la barre PQ . On suppose enfin que l'inductance propre du circuit est négligeable.

Dans l'espace où peut se déplacer la barre règne un champ magnétique stationnaire et uniforme :

$$\vec{B} = B\vec{e}_y$$

A l'instant initial, la barre est lâchée sans vitesse initiale.

$$m = 0,5 \text{ g} ; U_0 = 1,5 \text{ V} ; B = 0,5 \text{ T} ; R = 8 \Omega ; a = 5 \text{ cm}$$



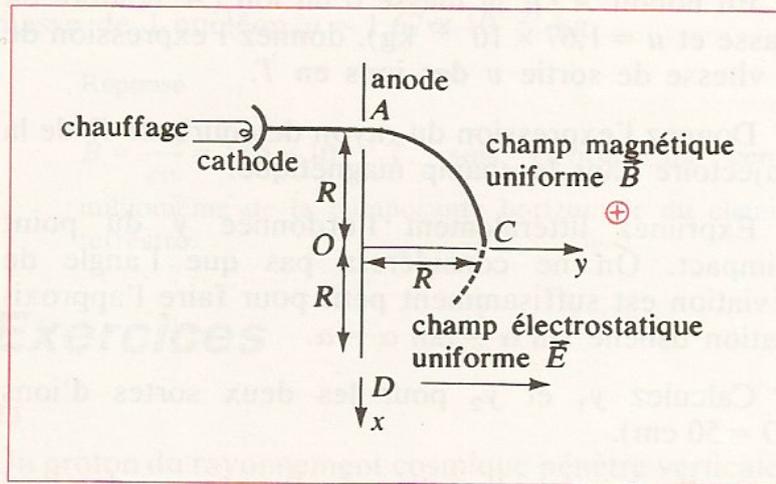
- 1)** Expliquer physiquement l'apparition d'un courant induit $i(t)$ dans le dispositif et déterminer, en justifiant, son sens. Déterminer la valeur de la f.e.m (tension) induite notée $e(t)$.
- 2)** Faire un schéma électrique équivalent du dispositif et en déduire l'expression du courant $i(t)$ en fonction des paramètres du problème et de la vitesse de la barre $v(t)$. Cette équation sera appelée **l'équation électrique**.
- 3)** Ecrire **une équation mécanique** qui gouverne l'évolution de la vitesse de la barre $v(t)$.
- 4)** Résoudre le système d'équations couplées ainsi déterminé. En déduire les expressions de la vitesse $v(t)$ et de l'intensité induite $i(t)$.
- 5)** Quelle condition doit satisfaire la résistance du circuit pour que la barre tombe ? Donner une explication physique et faire l'application numérique.
- 6)** Déterminer la vitesse limite prise par la barre. Faire l'application numérique.

Problème 2 : Faisceau d'électrons

1° Un faisceau d'électrons, émis d'une cathode par effet thermoélectronique est accéléré au moyen d'une anode OA . La différence de potentiel entre anode et cathode est $U_0 = 285$ volts.

Cette valeur est suffisamment faible pour que le mouvement des électrons entre les deux électrodes soit non relativiste.

En admettant que les électrons sont émis par la cathode avec une vitesse négligeable, exprimer littéralement puis numériquement la vitesse v_0 des électrons lorsqu'ils traversent le trou A .



2° Le faisceau d'électrons pénètre ensuite dans une région où règne un champ magnétique \vec{B} , dans laquelle il décrit un quart de cercle de rayon $R = 20$ cm.

Calculer littéralement (en fonction de U_0 et de R), puis numériquement, la norme B du champ magnétique.

Caractériser le vecteur-vitesse \vec{v} des électrons (direction et norme) à la traversée du trou C .

3° Le faisceau d'électrons est enfin dévié par un champ électrostatique uniforme \vec{E} parallèle à l'axe Oy , régnant dans le dièdre xOy (fig. ci-dessus).

Établir les équations horaires du mouvement projeté sur les axes Ox et Oy .

En déduire l'équation et la nature de la trajectoire. Calculer la valeur à donner à la norme E du champ électrostatique pour que le faisceau d'électrons traverse le trou D à une distance R du point O ; on exprimera E en fonction de U_0 et de R .

Données numériques :

charge de l'électron : $-e = -1,6 \times 10^{-19}$ C;

masse de l'électron : $m = 9,1 \times 10^{-31}$ kg.

Problème 3 : Cycle de Stirling et réversibilité

On considère $n = 40 \cdot 10^{-3}$ mol d'air, considéré comme un gaz parfait de rapport $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ constant et égal à 1,4, subissant un cycle modélisé par les évolutions suivantes à partir de l'état A : $p_1 = 1$ bar (soit 10^5 Pa), et $T_1 = 300$ K :

- compression isotherme réversible au contact de la source S_1 à T_1 , jusqu'à l'état B, de volume $V_2 = V_1 / 10$.
- échauffement isochore *au contact thermique de la source S_2* à $T_2 = 600$ K jusqu'à l'état C, de température T_2 .
- détente isotherme réversible au contact de la source S_2 à la température T_2 jusqu'à l'état D, de volume V_1 .
- refroidissement isochore *au contact thermique de la source S_1* jusqu'à l'état A, de température T_1 .

1. Calculer les valeurs numériques de P, V et T pour chacun des états A, B, C, et D (on présentera les résultats dans un tableau).
2. Représenter l'allure du cycle en coordonnées de Clapeyron (P,V).
Comment peut-on, sans calcul, savoir si le cycle proposé est celui d'un moteur, ou d'un système mécaniquement récepteur ?
3. Calculer pour chaque étape la chaleur (ou transfert thermique) et le travail reçus par le fluide.
4. Commenter ces résultats.
A-t-on bien un cycle moteur ?
5. Quelle est, sur le plan énergétique, la production de ce système, sur un cycle ?
Quel en est le coût, toujours sur le plan énergétique ?
En déduire l'expression et la valeur numérique du rendement.
6. Calculer la valeur de l'entropie créée par irréversibilité au sein du système au cours d'un cycle.
Quel type d'irréversibilité entre en jeu ici ?
7. Calculer la création d'entropie au sein du système au cours de l'échauffement isochore BC.