

Examen de Physique de fin du 2<sup>ème</sup> Semestre

(Durée : 2h 30mn)

N.B: Il sera tenu compte de la présentation des copies.

Exercice1

Une turbine à gaz fonctionne suivant le cycle théorique de Joule, appelé aussi cycle de Brayton, composé de deux adiabatiques reliées par deux isobares :

- \* compression adiabatique réversible de l'état A ( $P_1, V_1, T_1$ ) à l'état B ( $P_2, V_2, T_2$ ) dans un compresseur.
- \* échauffement isobare de l'état B ( $P_2, V_2, T_2$ ) à l'état C ( $P_3, V_3, T_3$ ) dans un échangeur thermique (chambre de combustion).
- \* détente adiabatique réversible de l'état C ( $P_3, V_3, T_3$ ) à l'état D ( $P_4, V_4, T_4$ ) dans la turbine à gaz.
- \* refroidissement isobare de l'état D ( $P_4, V_4, T_4$ ) à l'état A ( $P_1, V_1, T_1$ ) dans un second échangeur thermique.

Le cycle est décrit par n moles de fluide (supposé parfait).

- 1) Représenter le cycle de Joule dans le diagramme (P, V). S'agit-il d'un cycle moteur ou récepteur ?
- 2) Calculer les quantités de chaleur échangées par le système lors de chacune des transformations du cycle. En déduire le travail échangé au cours du cycle.
- 3) Calculer le rendement théorique du cycle de Joule :
  - a- en fonction des températures  $T_1, T_2, T_3$  et  $T_4$  du fluide dans chacun des quatre états envisagés.
  - b- en fonction du taux de compression  $x = P_2/P_1$  et du rapport  $\gamma = C_p/C_v$  des chaleurs massiques.
- 4) Le rapport  $T_3/T_1$  des températures a une valeur imposée.
  - a- Calculer le taux de compression qui permet d'obtenir un travail maximal.
  - b- Exprimer alors ce travail maximum en fonction de n,  $\gamma, T_1, T_3$ .

Exercice2

Une sphère creuse (S), de centre O, de rayon extérieur R et de rayon intérieur  $\alpha R$  avec  $\alpha < 1$ , est électriquement chargée en volume, avec une charge volumique uniforme  $\rho$  (voir figure1). On repère un

point M de l'espace par son vecteur de position  $\overrightarrow{OM} = r \vec{u}_r$  avec  $\vec{u}_r = \frac{\overrightarrow{OM}}{\|\overrightarrow{OM}\|}$

- 1) Discuter les symétries et les invariances pour le champ électrostatique  $\vec{E}$ .
- 2) Déterminer l'expression du champ électrostatique  $\vec{E}$  en tout point M de l'espace. Tracer  $\|\vec{E}\|$  en fonction de r et conclure.
- 3) En déduire le potentiel électrostatique en tout point M. On choisissant son origine à l'infini.

- 4) Lorsque  $1 - \alpha \ll 1$ , ( $S$ ) devient une coquille sphérique de faible épaisseur, que l'on assimile à une sphère de rayon  $R$ , uniformément chargée en surface, de charge surfacique  $\sigma$ . Exprimer  $\sigma$  en fonction de  $\rho$  et  $R$ .
- 5) Dans l'hypothèse de la question précédente  $1 - \alpha \ll 1$ , Calculer le champ électrostatique en tout point  $M$  de l'espace. Tracer  $\|\vec{E}\|$  en fonction de  $r$  et conclure.
- 6) Déterminer la différence de potentiel  $U = V_I(R) - V_{III}(O)$ .

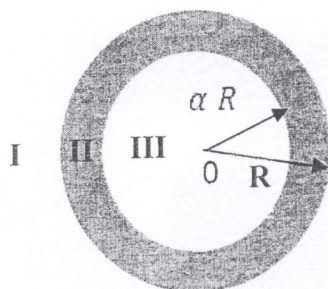


Figure 1

### Exercice 3

Soit un cylindre de longueur infini, d'axe ( $Oz$ ), de rayon  $R$  et parcouru par une densité volumique de courant  $\vec{j} = j_0 r^2 \vec{u}_z$  où  $j_0$  est une constante positive (figure 2).

- 1) Donnez la relation générale entre le courant  $I$  traversant une surface  $S$  et la densité de courant  $\vec{j}$ . Exprimer  $I$  en fonction de  $j_0$  et  $R$ .
- 2) Etudiez les invariances et les symétries de la distribution de courant et déduisez la direction et le sens du champ magnétique en un point  $M$  quelconque de l'espace, ainsi que les variables dont il dépend.
- 3) A partir d'arguments de symétrie, justifiez que le champ est nul sur l'axe ( $Oz$ ).
- 4) Donnez l'énoncé du théorème d'Ampère.
- 5) En utilisant le théorème d'Ampère, calculez alors le champ magnétique en tout point de l'espace en fonction  $I$ ,  $R$ ,  $\mu_0$  et  $r$  la position du point  $M$ . Tracer  $\|\vec{B}\|$  en fonction de  $r$ .

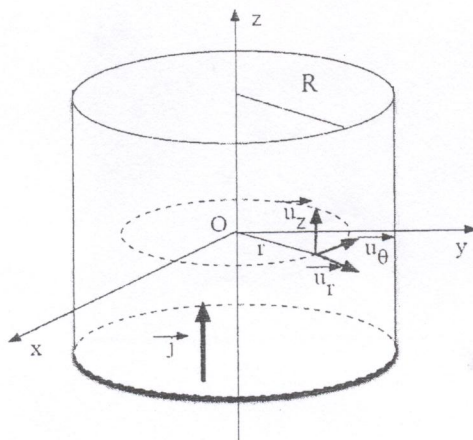


Figure 2