

Devoir de Contrôle n°2
Epreuve de Physique

– Les résultats littéraux devront être encadrés.

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



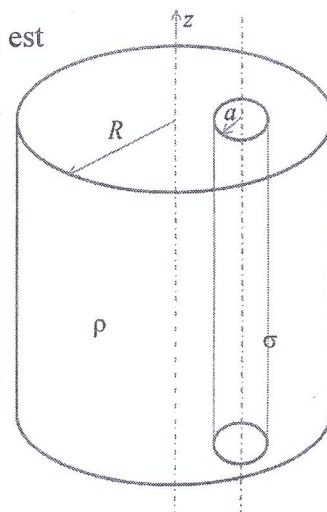
Exercice 1 :

On considère un cylindre $\mathcal{C}$ de rayon R et de longueur infinie, uniformément chargé en volume avec une densité de charge volumique constante $\rho > 0$.

- 1) Par des raisons de symétrie et d'invariance, trouver la direction et les variables d'espace dont dépend le champ électrostatique $\vec{E}(M)$ en tout point M de l'espace.
- 2) Déterminer l'expression du champ $\vec{E}(M)$, M étant un point de l'espace. Tracer son allure.

Une cavité cylindrique $\mathcal{C}'$ de rayon a , supposée aussi infinie en longueur, est aménagée dans le cylindre $\mathcal{C}$ tel que son axe de révolution est décalé du rayon a tel que $R > 3a$, voir figure ci-contre. La surface de la cavité est chargée uniformément avec une densité de charge surfacique $\sigma > 0$.

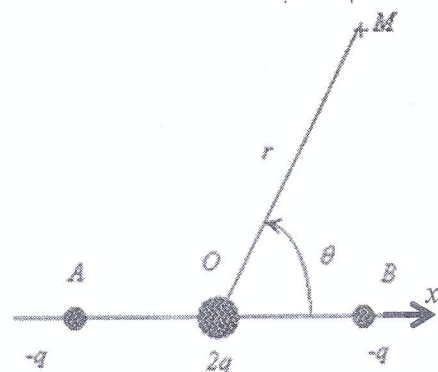
- 3) Déterminer à partir du théorème de Gauss le champ électrostatique $\vec{E}(M)$ créé uniquement par la distribution de charges surfacique dans $\mathcal{C}'$ en tout point M de l'espace.
- 4) Trouver l'expression du champ électrostatique résultant d'un point M à l'intérieur de la cavité $\mathcal{C}'$. Conclure.



Exercice 2:

La molécule de dioxyde de carbone peut être modélisée électriquement par un triplet de charges ponctuelles et alignées comme le montre la figure ci-contre.

Il s'agit de trois charges placées en $A(-q)$; $O(+2q)$; $B(-q)$ avec $AO = OB = a$, A et B étant symétriques par rapport à O . Soit (Ox) l'axe défini par AOB et (r, θ) les coordonnées polaires d'un point M .



- 1) Définir le moment dipolaire $\vec{p}$ d'un dipôle électrostatique. Tracer celui de la molécule du dioxyde de carbone. A-t-on affaire à une molécule apolaire ?
- 2) Déterminer le potentiel électrostatique $V_O(M)$ dû à la présence de la charge $(+2q)$ en O ainsi que les potentiels électrostatiques $V_A(M)$ et $V_B(M)$ relatifs à la présence d'une charge $(-q)$ respectivement en A et B. Déduire le potentiel total $V(M)$ en fonction des distances OM, AM et BM.

A partir d'un développement limité à l'ordre 2 inclus en a/r , le potentiel $V(M)$ peut se mettre sous la forme suivante :

$$V(M) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \frac{a^2}{r^3} (1 - 3\cos^2\theta)$$

- 3) Déterminer alors l'expression du champ électrostatique $\vec{E}(M)$ dans la base polaire $(\vec{u}_r, \vec{u}_\theta)$.
- 4) Déterminer l'équation de la surface équipotentielle $V(M) = V_0$.
- 5) Déterminer l'équation que vérifie une ligne de champ électrostatique.

Exercice 3 :

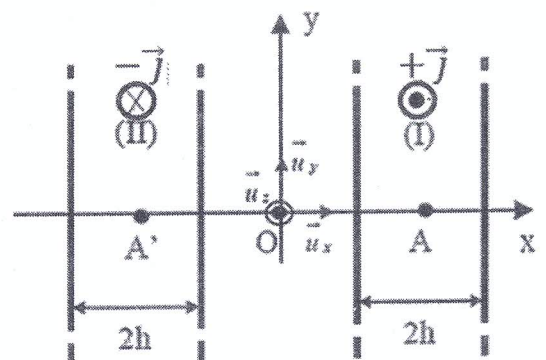
On considère une lame infinie, disposée dans le plan (yOz) , d'épaisseur $2h$ et centrée au point O, est parcourue par un courant volumique uniforme de densité $\vec{j} = j_0 \vec{u}_z$.

- 1) Étudier les invariances et les symétries de cette distribution de courant. En déduire que le champ magnétique $B(M)$ créé est une fonction impaire de x : $B(-x) = -B(x)$.
- 2) Calculer le champ magnétique en tout point de l'espace en appliquant le théorème d'Ampère.

On considère maintenant la distribution de courant représentée sur la figure ci-dessous comprenant deux lames infinies (I) et (II) dans les directions y et z , d'épaisseur $2h$, centrées respectivement en A et A' et d'abscisses respectives $+a$ et $-a$ sachant que $a > h$. Les lames I et II sont parcourues par les courants uniformes, suivant l'axe (oz) de densité $+\vec{j}$ et $-\vec{j}$ respectivement.

On désigne par $\vec{B}_I(M)$ le champ magnétique créé par la lame de centre A et $\vec{B}_{II}(M)$ celui créé par la lame de centre A'.

- 3) En utilisant le résultat de la question 2, déterminer l'expression de $B_I(M)$ dans la zone de $x > 0$. On distinguera les trois cas suivants :
 - * $x \geq a + h$
 - * $a - h \leq x \leq a + h$
 - * $0 \leq x \leq a - h$



- 4) Déterminer l'expression $\vec{B}_{II}(M)$ puis celle du champ résultant $\vec{B}(M)$ dans la zone $x > 0$.
- 5) En déduire les expressions du champ résultant $\vec{B}(M)$ dans la zone $x < 0$ sachant que le plan (yOz) est un plan de symétrie impaire du système des deux lames I et II.