UNIVERSITE MOULAY ISMAIL
FACULTE DES SCIENCES MEKNES
DEPARTEMENT DE PHYSIQUE

A.U : 19/20
Section : SMPC
Electrostatique-Electrocinétique

Série N°2

Exercice 1

Soient trois boules ***A***, ***B*** et ***C*** identiques. Les deux boules ***A*** et ***B*** sont fixes et placées à une distance ***d*** l'une de l'autre. Leurs charges respectives sont **q** et **q'=2q**. La troisième boule ***C*** initialement neutre peut se déplacer librement sur la droite joignant les deux boules ***A*** et ***B***. On amène la boule ***C*** au contact de ***A*** et on l'abandonne.

1- Déterminer la position d'équilibre de la boule ***C***.
2- Trouver la relation entre q et q' pour que la boule C retrouve son équilibre au milieu de la distance séparant les deux boules ***A*** et ***B***.

Exercice2

A/ Un fil de section négligeable en forme d'un cercle de centre O et de rayon R placé dans le plan xOy, porte une charge électrique répartie avec une densité linéique λ :
$\lambda = \lambda_0 \sin\theta$ où λ_0 est une constante positive et $\theta = (\overrightarrow{Ox}, \overrightarrow{OP})$, P étant un point quelconque du cercle (voir figure 1).

Calculer les composantes de la force $\vec{F}$ exercée sur une charge ponctuelle q_0 (>0), placée en O, par l'ensemble de la charge portée par le cercle.

B/On considère la surface (S) découpée sur une sphère de centre O et de rayon r par un cône de sommet O et de demi-angle au sommet θ_0 (calotte sphérique). Cette surface est uniformément chargée avec la densité surfacique $\sigma > 0$ (voir figure2).

Calculer la charge totale Q portée par cette surface (S) et déterminer la force électrostatique $\vec{F}$ qu'elle exerce sur une charge ponctuelle q_0 positive placée en O.

On considère par la suite, un cône découpé sur deux sphères, de même centre O et de rayon R_1 et R_2 ($R_1 < R_2$), deux calottes (S_1) et (S_2). Le volume délimité par (S_1) et (S_2) et le cône est uniformément chargé avec la densité volumique ρ positive (voir figure 3).

Calculer la charge totale Q portée par le volume considéré et déterminer la force électrostatique $\vec{F}$ qu'elle exerce sur une charge ponctuelle q_0 positive placée en O.

Exercice3

Soit un anneau circulaire de centre O, de rayon R, uniformément chargé avec une densité linéique $\lambda_0=\lambda$ représenté sur la figure 4.

Calculer le champ $\vec{E}$ crée, en un point M de l'axe $\overrightarrow{z'z}$ de l'anneau :

a) Directement puis à partir du potentiel électrostatique

On considère une nouvelle forme de l' anneau de centre O et de rayon R qui ne porte une densité de charge linéique uniforme λ que sur un arc d'angle au centre 2α symetrique par rapport à l'axe Ox.

Déterminer le champ électrostatique en O.

On reprend l'anneau circulaire, mais cette fois, il est chargé avec une densité linéique de charge $\lambda(P) = \lambda_0 \sin\theta$ où $\theta = (\overrightarrow{Ox}, \overrightarrow{OP})$.

Déterminer le potentiel et le champ électrostatique créés par cette répartition de charges en un point M de l'axe de l'anneau.

Exercice 4

Soit un cylindre d'axe z'z dont l'origine **O** est confondu avec son centre (voir figure 5). Ce cylindre est uniformément chargé sur sa surface latérale avec une densité superficielle uniforme $\sigma > 0$. Calculer le champ électrostatique en un point M de l'axe du cylindre.

Exercice 5

On considère une demi sphère de centre O, de rayon R, chargée uniformément en surface avec la densité surfacique σ.

1). Déterminer le champ électrostatique au point O.

2). Même question en un point M de l'axe de symétrie Oz de cette demi-sphère. Retrouver le résultat de la question 1.

Exercice 6

L'espace est rapporté à un repère orthonormé direct $(O, \vec{u}_x, \vec{u}_y, \vec{u}_z)$. Un point M de l'espace est repéré dans la base cylindrique $(\vec{u}_r, \vec{u}_\theta, \vec{u}_z)$ par ses coordonnées(r, θ, z).

A/ On considère un cylindre creux (S) de rayon R, de longueur infinie, chargé en surface par une densité surfacique de charges uniforme $\sigma > 0$ (voir figure 6). Soit M un point quelconque de l'espace.

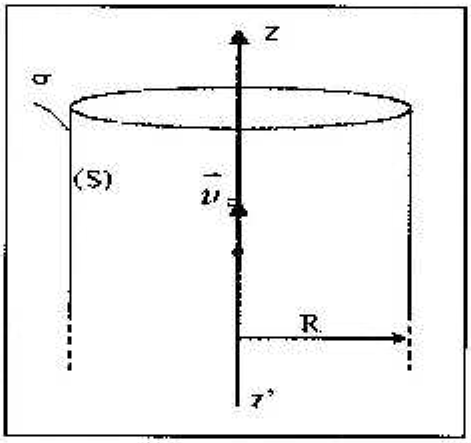

Figure 1

1) Indiquer les coordonnées dont dépend le champ électrostatique $\vec{E}(M)$ et déterminer sa direction.

2) a) Définir et justifier la surface de Gauss.

b) Déterminer le champ $\vec{E}(M)$ en tout point M de l'espace ($r < R$ et $r > R$).

3) a) Tracez l'allure de $E(r)$ en fonction de r (où $E(r)$ est la norme du champ).

b) Le champ $\vec{E}(M)$ est-il continu à la traversée de la surface du cylindre.

4) En prenant comme référence du potentiel V_0 ($V_{r=0}$), calculez le potentiel $V(r)$ en tout point M de l'espace.

5) a) Tracez l'allure de $V(r)$ en fonction de r.

b) Vérifier que le potentiel $V(r)$ est continu à la traversée du cylindre (à la surface).

B/ Une couronne cylindrique (C) d'axe $\overrightarrow{z'z}$ et de rayon intérieur R_1 et extérieur R de longueur infinie, porte une charge volumique répartie entre les surfaces des deux cylindres avec une densité constante $\rho > 0$ (figure 7).

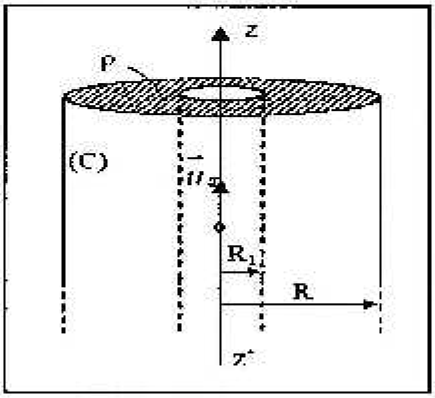

Figure 2

6) Précisez les invariances du champ électrostatique $\vec{E}(M)$ et déterminer sa direction.

7) a) En utilisant le théorème de Gauss, donner les expressions du champ électrostatique $\vec{E}(M)$ en tout point M de l'espace.

b) Le champ $\vec{E}(M)$ est-il continu à la traversée des deux surfaces de la couronne cylindrique (C) ?

8) On fait tendre $R_1 \rightarrow R$, la charge totale de la distribution volumique de la couronne cylindrique est alors répartie sur la surface d'un cylindre creux de longueur infinie et de rayon R. Soit σ la densité de charges du cylindre creux.

a) Exprimer σ en fonction de ρ, R_1 et R.

b) Retrouver les expressions de $\vec{E}(M)$ crée par un cylindre creux.

9) On se place maintenant dans le cas où $R_1 = 0$ et on suppose que le rayon R est négligeable devant la longueur du cylindre chargé. La charge totale de la distribution volumique peut être considérée répartie uniformément sur un fil infini. On désigne par λ la densité linéique du fil.

a) Exprimer λ en fonction de ρ et R.

b) En déduire l'expression du champ $\vec{E}(M)$ crée par le fil.

c) Retrouver $\vec{E}(M)$ crée par un fil de longueur infinie à partir du théorème de Gauss.

d) En déduire l'expression du potentiel V(M) crée par le fil infini à une constante additive près qu'on notera K.

Exercice 7

Considérons une charge ponctuelle positive q en O, et une charge volumique uniformément répartie dans une sphère de centre O et de rayon R de densité ρ avec $\rho = \frac{-3q}{4\pi R^3}$.

On suppose le potentiel est nul à l'infini.

a) Discuter les conséquences des symétries et invariances sur le champ électrique en tout point de l'espace.

b) Calculer le champ électrique E en tout point de l'espace. Tracer $\|E\|$ en fonction de r, avec r = OM.

c) Calculer le potentiel électrique V en tout point de l'espace. Tracer V en fonction de r.

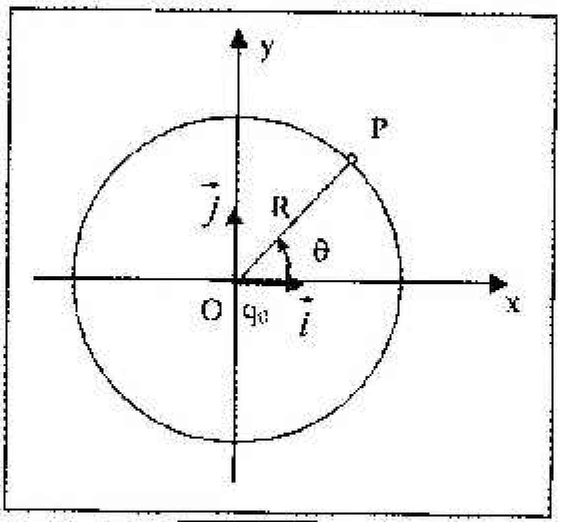

Figure1

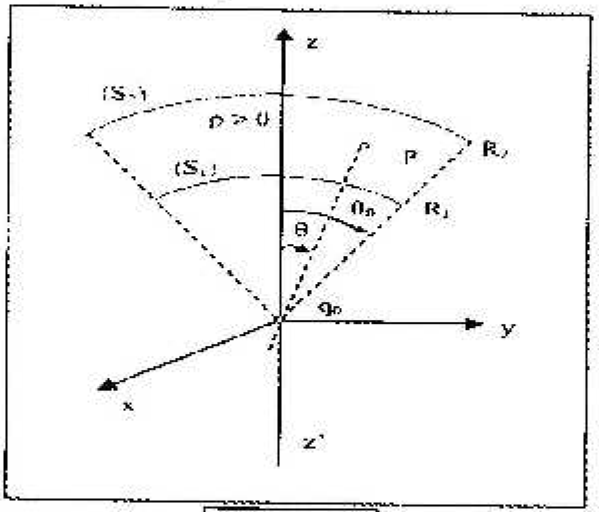

Figure 3

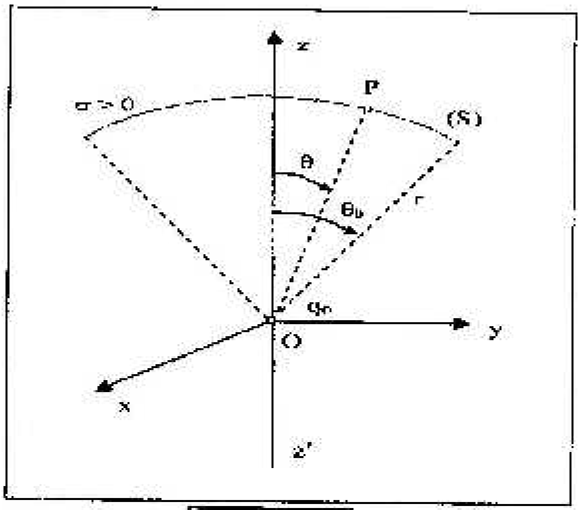

Figure 2

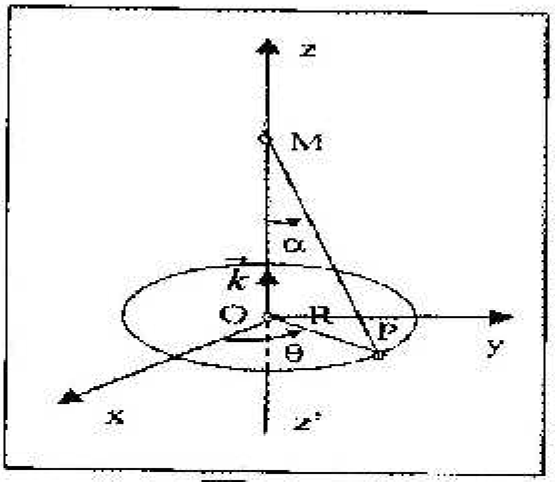

Figure 4

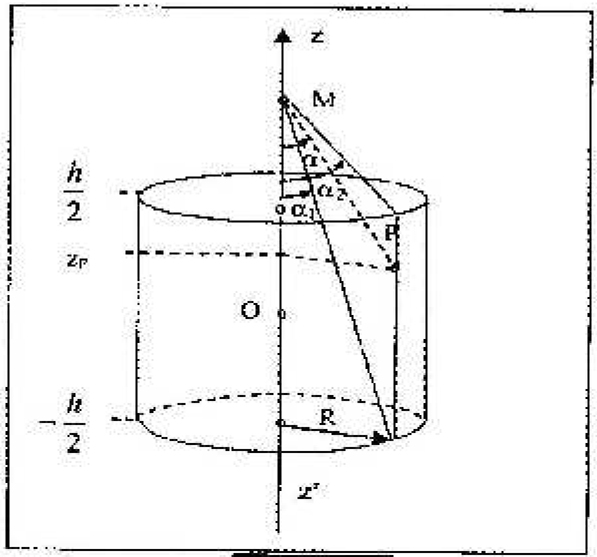

Figure 5