Institut Préparatoire aux Etudes d'Ingénieurs de Sfax	IPEIS	MP 1 A.U : 2020-2021 Le 1er Avril 2021 Durée : 1H30

Devoir de Contrôle n°2

Epreuve de Physique

– L'usage des calculatrices est autorisé.

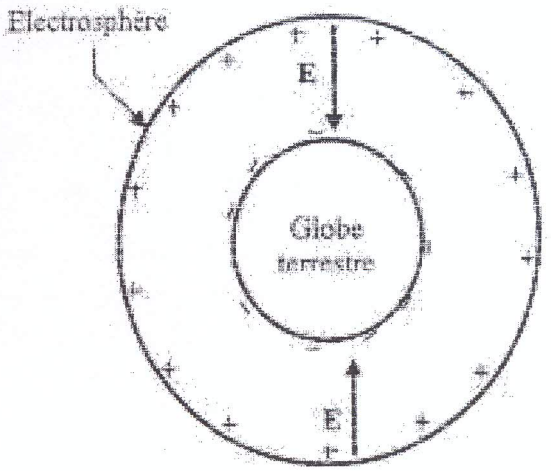
– Les résultats littéraux devront être encadrés.

– Toute application numérique ne comportant pas d'unité sera considérée comme fausse.

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

Exercice 1 : (Electrostatique)

L'environnement atmosphérique terrestre possède des caractéristiques électrostatiques. La partie de cette atmosphère, située au-delà d'une altitude h_m=60 km environ, est appelée électrosphère. Sur la surface de la Terre une charge négative (-Q) est répartie avec une densité surfacique de charges uniforme σ_{sol}. Pour étudier ces caractéristiques électrostatiques deux modèles sont considérés :



A/ Premier modèle : L'électrosphère est considéré comme une couche atmosphérique ionisée positivement en surface portant une charge totale (+Q) répartie avec une densité surfacique de charge uniforme σ_{atm}. L'électrosphère et la Terre de rayon R=6370 km, forment un gigantesque condensateur où le champ électrique par beau temps est dirigé de l'électrosphère vers la Terre et atteint un module 120 Vm^{-1} au niveau du sol, voir figure.

On donne la constante de permittivité électrique dans le vide $\epsilon_0 = 8{,}854\ 10^{-12}(SI)$.

1) Etudier les propriétés de symétrie et d'invariance de la distribution de charge de l'ensemble Terre et Electrosphère et déduire la direction du champ électrostatique $\vec{E}(M)$ et la variable dont il dépend, M désigne un point de l'espace distant de r par rapport au centre O de la Terre, et $\overrightarrow{u_r} = \overrightarrow{OM}/\|\overrightarrow{OM}\|$ le vecteur unitaire de la direction radiale.
2) Calculer le champ électrostatique $\vec{E}(M)$ en tout point M de l'espace. On s'exprimera sur la continuité du champ E aux différentes interfaces (r= R et r= R+ h_m).

3) Trouver une relation entre σ_{sol} et σ_{atm} puis calculer leurs valeurs.
4) Tracer l'allure du champ E(r) en fonction de la position r.
5) Déterminer l'expression du potentiel électrostatique V(r) associé à chaque position M. On prend V(∞)=0. Tracer son allure.
6) Soit C la capacité de l'ensemble Terre-électrosphère. Cette capacité est définie par la relation : $C = \frac{Q}{V(R+h_m)-V(R)}$.
   Calculer cette capacité lorsqu'on considère que $R \gg h_m$. Commenter.

B) Deuxième modèle : l'atmosphère, milieu compris entre le sol terrestre et l'électrosphère, est supposé chargé en volume (nuages) de densité constante ρ. Soit h l'altitude du point considéré M par rapport au sol ($h = r - R$).

7) Déterminer l'expression de ρ. Calculer sa valeur.
8) Calculer le nouveau champ électrostatique $\vec{E}'(M)$ d'un point M appartenant à l'atmosphère. Que peut-on dire sur la continuité du champ $\vec{E}'$ aux différentes interfaces (r=R et r=R+ h_m).
9) Trouver la nouvelle expression du potentiel V'(r) pour un point M appartenant à l'atmosphère.
10) Comparer à travers un tracé, les potentiels V' et V de la question 5. Commenter.

Exercice 2 : (Magnétostatique)

On considère un cylindre creux, d'axe vertical de révolution $(z'z)$, de rayon intérieur R et d'épaisseur e, de longueur L >> R, que nous pouvons considérer comme infini.

Le cylindre est parcouru par un courant orthoradial réparti uniformément en volume entre R et (R+e). On pose $\vec{j} = j_0 \overrightarrow{u_\theta}$ la densité volumique du courant avec j_0 une constante positive. Un point M de l'espace est repéré par ses coordonnées cylindriques (r, θ, z).

1) Par des raisons de symétrie et d'invariance de la distribution du courant, déterminer les caractéristiques principales du vecteur champ magnétique $\vec{B}_c(M)$ créé par le cylindre creux.
2) Par application judicieuse du théorème d'Ampère, déterminer l'expression du vecteur champ magnétique $\vec{B}_c$ en tout point M de l'espace sachant que le champ magnétique lointain issu de la présence de cette distribution de courant est nul.
3) Présentez la courbe de variation de B_c en fonction de r.
4) Soit maintenant un fil infini porté par l'axe $(z'z)$ et traversé par un courant I dans le sens négatif (du haut vers le bas). Donner l'expression du champ $\vec{B}_f$ créé par le fil infini.
5) Déduire, par superposition, le champ total $\vec{B}$ en tout point M de l'espace. Dans chaque région donner la condition pour que le champ $\vec{B}$ soit orienté de π/6 par rapport à l'axe $(z'z)$.