Apprentissage – Electromagnétisme – TD 1

Exercice 1 : 10^{40}

Evaluer le rapport de la force électrique F_e et de la force gravitationnelle F_G agissant sur l'électron d'un atome d'hydrogène.

On prendra comme rayon de l'atome d'hydrogène $a_0 \sim 10^{-10}$m, G=6,67x10^{-11}kg^{-1}.m^3.s^{-2}. La masse de l'électron est m_e=9x10^{-31}kg et celle du proton m_p=1,67x10^{-27}kg.

Exercice 2 : Forces électrostatiques

Trois particules chargées électriquement sont disposées aux sommets d'un triangle équilatéral dont la longueur d'un côté est $\boldsymbol{\ell}$. Deux de ces particules ont une charge +q alors que la troisième a une charge -q.

Déterminez l'expression de la norme du vecteur résultant de la somme des forces électrostatiques exercées sur une des particules de charge +q par les deux autres.

Exercice 3 : Champ de deux charges identiques

Deux particules fixes de même charge Q>0 sont placées aux points A(a,0) et B(-a,0) symétriques par rapport à l'origine O(0,0).

On désigne par M une particule mobile de masse m et de charge q>0.

1. Champ électrostatique $\vec{E}$ au voisinage de O
   a. Représenter la direction et le sens du champ électrostatique $\vec{E}$ en des points voisins de O et situés respectivement sur Ox et Oy.
   b. Sans calcul, en déduire la stabilité pour M de la position d'équilibre O vis-à-vis des mouvements le long de Ox et de Oy.
2. Donner l'expression approchée de $\vec{E}$ en un point de Ox voisin de O et en déduire l'équation du mouvement de M quand elle est abandonnée sans vitesse en un point $(x_0,0)$ avec $x_0 \ll a$.
3. De même sur Oy.
4. Représenter les équipotentielles du champ des charges A et B :
   a. Près de A ou de B.
   b. Loin de O.
   c. Tracer l'allure de la carte des équipotentielles du système.
5. De façon équivalente, on peut présenter la fonction potentiel V(x,y) par une surface S (V jouant le rôle de la côte z). En termes géographiques, que représente pour S la carte des équipotentielles tracée dans la question précédente ? Décrire l'allure de S en précisant notamment la nature du point de S correspondant à O, relier ce résultat à ceux des 3 premières questions.

Exercice 4 : Anneau chargé

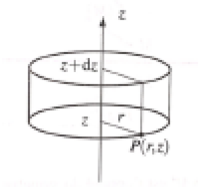
On considère un cerceau d'axe Oz portant la charge Q uniformément répartie. Le champ sur l'axe de l'anneau, en un point M de cote z, est de la forme $\vec{E} = E_0(z)\vec{u}_z$. L'expression de la fonction E(z) est inutile pour résoudre l'exercice. On s'intéresse au champ électrostatique au voisinage de l'axe. On calcule donc le champ en un point P défini par des coordonnées cylindriques (r,θ,z), avec r << a où a est le rayon de l'anneau, c'est aussi la distance caractéristique des variations spatiales des composantes du champ $\vec{E}$.

De manière générale : $\vec{E}(P) = \vec{E}(r,\theta,z) = E_r(r,\theta,z)\vec{u}_r + E_\theta(r,\theta,z)\vec{u}_\theta + E_z(r,\theta,z)\vec{u}_z$

1. Montrer par des arguments de symétrie très précis, qu'en P, $E_\theta(r,\theta,z) = 0$.

2. Montrer que $E_r(r,\theta,z)$ et $E_z(r,\theta,z)$ ne dépendent que de r et de z.

3. Montrer qu'au voisinage de l'axe, le flux du champ $\vec{E}$ est conservatif. Que peut-on dire de sa circulation le long d'un contour fermé ?



4. On choisit r et dz tels que r/a et dz/a soient des infiniment petits du premier ordre. Calculer le flux du champ électrostatique à travers ce cylindre et en déduire l'expression de $E_r(r,z)$ en fonction de $E_0(z)$et/ou de sa dérivée.

Exercice 5 : Sphère chargée

On considère une sphère de centre O et de rayon R uniformément chargée (densité volumique de charge constante ρ).

Calculer le champ et le potentiel électrostatique créés par cette distribution de charge en tout point M de l'espace, situé à une distance r du point O.

Exercice 6 : Plans infinis

Calculer le champ électrique créé par

- Un plan infini uniformément chargé par une densité de charges surfaciques $\sigma > 0$
- 2 plans infinis parallèles uniformément chargés par des densités de charges surfaciques $(+\sigma)$ et $(-\sigma)$

En déduire les potentiels correspondants.