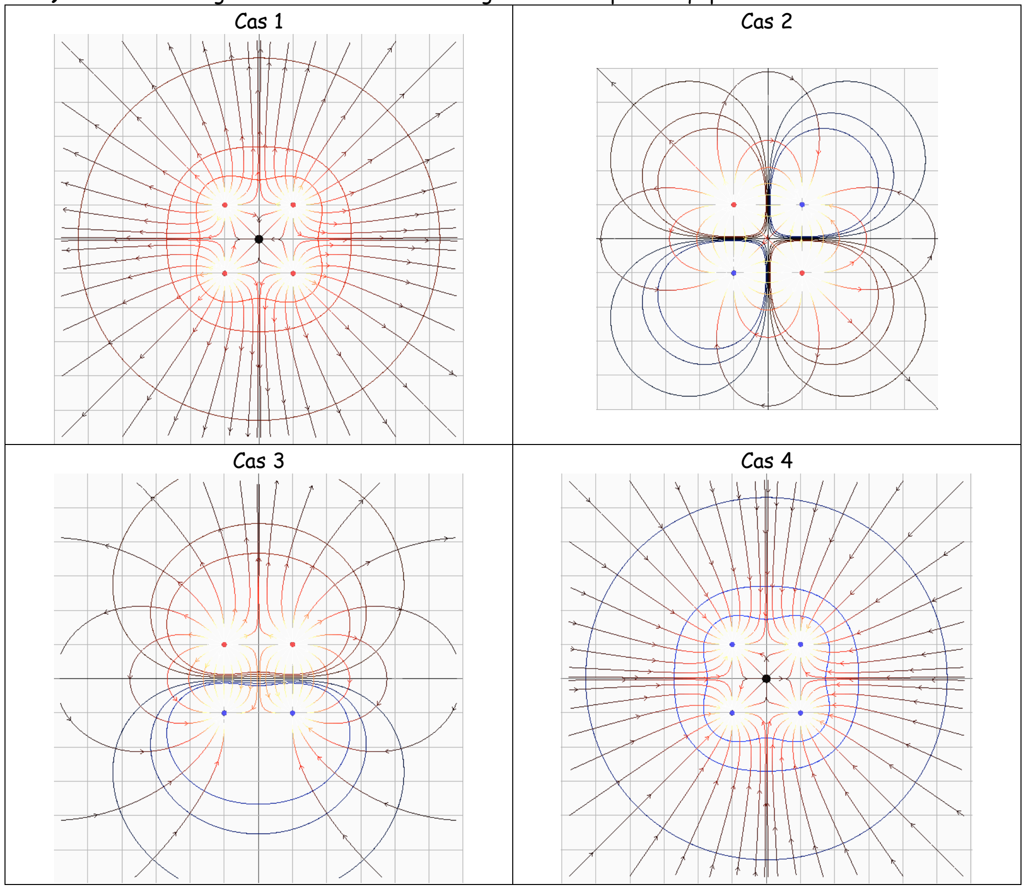
ELECTROMAGNETISME

Chapitre 1 : Electrostatique

Exercice 1 : Interprétation de carte de champ et d'équipotentielles

Quatre charges ponctuelles sont situées aux sommet d'un carré de centre O. Les quatre charges ont même valeur en valeur absolue. Répondre aux questions suivantes dans chaque cas.

1) Donner le signe des charges ponctuelles.
2) Donner les plans de symétrie et d'antisymétrie.
3) Y a-t-il des points de champ nul ?
4) Commenter soigneusement ces cartes de lignes de champ et d'équipotentielles.



Exercice 2 : Distribution surfacique

On considère un cylindre creux d'axe Oz, de longueur infinie, de rayon R uniformément chargé en surface, de densité surfacique de charge σ.

1) Déterminer et tracer le champ électrique créé en tout point de l'espace par cette distribution.
2) Déterminer et tracer le potentiel créé en tout point de l'espace par cette distribution.

Exercice 3 : Distribution sphérique non uniforme

Soit une distribution de charges dont la densité volumique est donnée par la loi suivante :

$$\begin{cases} \rho(r) = \rho_0 \dfrac{k}{r} \;\; pour\, r \leq R \\ \rho(r) = 0 \;\; pour\, r > R \end{cases}$$

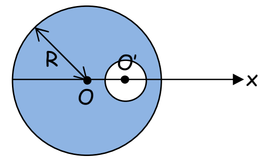
ρ_0 et k sont deux constantes positives.

Déterminer les expressions du champ électrostatique $\vec{E}(M)$ ainsi que du potentiel $V(M)$ créés en tout point M de l'espace par cette distribution.

Exercice 4 : Trou sphérique

Soit une sphère de centre O et de rayon R, chargée uniformément avec la densité volumique de charges ρ. Cette sphère possède un trou sphérique (dans lequel il n'y a pas de charges) de rayon R/4 et de centre O' se trouvant sur l'axe (Ox) à la distance R/2 de O

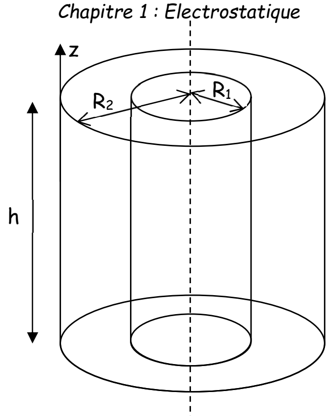
Montrer que le champ électrique est uniforme dans le trou sphérique. Déterminer son expression.



Exercice 5 : Atome d'hydrogène

1) Calculer le champ électrostatique associé au potentiel $V(r) = \frac{e}{4\pi\varepsilon_0 r} \exp\left(-\frac{r}{a}\right)$, puis son flux à travers une sphère de rayon r.
2) On cherche une distribution continue de charges de densité volumique $\rho(r)$ qui puisse créer ce champ. En utilisant le théorème de Gauss pour une couronne comprise les sphères de rayon r et $r + dr$, déterminer $\rho(r)$. Cette distribution peut-elle décrire le nuage électronique d'un atome d'hydrogène ?
3) En utilisant le théorème de Gauss pour une sphère dont le rayon tend vers 0, montrer que la source du champ comprend aussi une charge ponctuelle en O et la déterminer. Que représente-t-elle ?

Exercice 6 : Le condensateur cylindrique



Un condensateur cylindrique est constitué de deux conducteurs cylindriques coaxiaux de hauteur h. Le conducteur interne C_1 est de rayon R_1 et le conducteur externe C_2 est creux et de rayon interne R_2 et on suppose que $h \gg (R_2 - R_1)$, ce qui signifie que l'on peut négliger les effets de bord. L'espace inter-armatures et l'extérieur du condensateur sont vides : on note ε_0 la permittivité du vide.

Les conducteurs sont en équilibre électrostatique, ce qui signifie qu'ils ne sont le siège d'aucun courant. On montre alors que la charge qu'ils portent est répartie sur leur surface et que le potentiel est uniforme dans tout le conducteur.

Les conducteurs sont en influence totale : les surfaces en regard des deux conducteurs portent une charge égale et opposée. On notera Q_1 la charge portée par la surface de C_1 (supposée répartie uniformément). Alors, la charge Q_2 portée par la face interne de C_2 est telle que $Q_2 = -Q_1$.
Enfin, on appelle capacité du condensateur le coefficient positif ne dépendant que des caractéristiques intrinsèques du condensateur et tel que (en convention récepteur) :
$C = \frac{Q_1}{V_1 - V_2}$ où V_1 et V_2 sont respectivement les potentiels de C_1 et C_2.

1) Calculer le champ électrostatique créé par la distribution en tout point de l'espace.
2) En déduire la capacité de ce condensateur.
3) <u>Aspects énergétiques :</u>
   a) Calculer l'énergie électrique $\mathcal{E}_e$ que possède ce condensateur.
   b) Soit $u_e(M) = \frac{1}{2}\varepsilon_0\left[\vec{E}(M)\right]^2$, grandeur homogène à une énergie volumique : $dU_e(M) = u_e(M)dV(M)$ est une énergie contenue dans l'élément de volume $dV(M)$. Intégrer cette fonction sur l'espace inter-armature et comparer avec l'énergie électrique du condensateur. Que représente $u_e(M)$?