Électromagnétisme

Introduction à l'électromagnétisme

Électrostatique

Calcul du champ et de potentiel électrostatique :

1. Calcul direct du champ électrostatique :

⋆ **Exercice 1 :** ***champ crée par un segement***
Déterminer le champ électrostatique créé en un point quelconque par un segment de longeur 2c portant une densité linéique de charges λ constante.

⋆ **Exercice 2 :*champ crée par un disque***
Soit un disque de rayon R d'épaisseur négligeable portant une densité surfacique de charges σ constante. Calculer le champ électrostatique crée en un point de l'axe du disque.

⋆ **Exercice 3 :** ***champ crée par un arc de cercle***
Calculer le champ électrostatique crée en son centre par un arc de cercle de rayon R vu du centre sous un angle 2α portant une densité liniéque de charges λ constante.

⋆ **Exercice 4 :** ***champ crée par une ligne infinie***
Calculer directement (sans utiliser le théroréme de Gauss) le champ électrostatique créé en un point par une ligne infinie portant une densité linéique de charges λ constante.

2. Théorème de Gauss :

⋆ **Exercice 5 :*champ crée par une sphère uniformement chargee en surface***
Soit une sphére de rayon R portant une densité surfacique de charges σ constante. Calculer le champ électrostatique crée en tout point.

⋆ **Exercice 6 :** ***champ crée par une sphère uniformement chargee en volume***
On considére une sphére de centre O de rayon R portant une densité volumique de charges ρ constante. Déterminer le champ crée en tout point.

⋆ **Exercice 7 :** ***champ crée par une ligne infinie***
Calculer (utiliser le théroréme de Gauss) le champ électrostatique créé en un point par une ligne infinie portant une densité linéique de charges λ constante.

⋆ **Exercice 8 :***champ crée par un cylindre niformement chargees en surfaces*
Soit un cylindre de longeur infinie, de rayon R, portant une densité surfacique de charges ? constante. Déterminer le champ électrostatique en tout point

⋆ **Exercice 9 :*Champ crée par un cylindre uniformement charge en volume***
Calculer le champ créé en tout point par un cylindre de longeur infinie, de rayon R, portant une densité volumique de charge ρ constante.

⋆ **Exercice 10 :*champ crée par un disque***
Soit un disque de rayon R d'épaisseur négligeable portant une densité surfacique de charges σ constante. Calculer le champ électrostatique crée en un point de l'axe du disque.

⋆ **Exercice 11 :** ***champ crée par un carée***
On considére un carré de coteés 2a, de centre. Une charge totale Q est uniformément répartie sur ce carré. Calculer le champ électrostatique crée en un point M situé sur l'axe du carré à une distance a de O.

3. potentiel électrostatique :

⋆ **Exercice 12 :*potentiel crée en son centre par une circonference uniformement chargée***
Calculer le potentiel créé en un point de son axe par une circonférence de rayon R portant une densité de charges λ constante. En déduire le champ électrostatique. Tracer les courbes représentatives de V et de E.

⋆ **Exercice 13 :*potentiel crée par un disque***
Calculer le potentiel créé par un point de son axe par un disque portant une densité de charges surfaciques σ constante. En déduire le champ électrostatique. On se limitera à la partie de l'axe située du coté des charges.

⋆ **Exercice 14 :** ***potentiel cree par deux plans parallèles*** Soient deux plans parallèles (π) et (π') infinis distants de a portant des densités de charges surfacique constantes respective $+\sigma$ et$-\sigma$. On prend $((\pi))$ comme origine des potentiels. Déterminer le potentiel en tout point d'un axe perpendiculaire à (π) et (π')

⋆ **Exercice 15 :** ***distributoin a système spherique***
On considère une sphère de centre O, de rayon R portant en un point P (OP=r<R) une densité volumique de charges $\rho = kr$ (k constante positive). Déterminer le champ et le potentiel électrostatique en tout point M de l'espace. Tracer les courbes représentatives.

⋆ **Exercice 16 :**
Soit la distribution volumique de charge définie en coordonnées cartésiennes par :

$$\rho = \begin{cases} +\rho_0 & \text{si } 0 \leq x \leq a \\ -\rho_0 & \text{si } -a \leq x \leq 0 \end{cases}$$

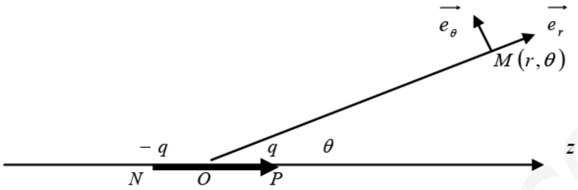
1. Etudier les symétries et les invariances de la distribution.
2. Calculer le champ électrostatique créé en tout point de l'espace par cette distribution.
3. En déduire l'expression du potentiel électrostatique créé en tout point par cette distribution. On notera V_0la valeur du potentiel en x=0.

4.Dipôle électrostatique

⋆ **Exercice 17 : :**

1- Propriétés du dipôle électrostatique

1. Rappeler la définition d'un dipôle électrostatique de moment dipolaire $\overrightarrow{p}$ ainsi que son unité (on note $p = \|\overrightarrow{p})\|$.Considérons le dipôle électrostatique représenté sur le schéma suivant :



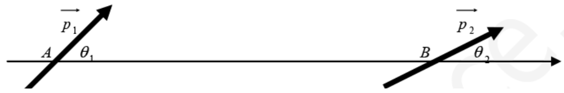
Dans la suite, on considère : $a = NP \ll r$ (approximation dipolaire) et le dipôle rigide.

2. Déterminer la direction de $\overrightarrow{E(M)}$ en précisons de quel paramètre dépend $\overrightarrow{E(M)}$ et V(M)(champ et le potentiel électrostatique).
3. Trouver l'expression de V(M) .Déduire les composantes de $\overrightarrow{E(M)}$. On prend $V(r \to \infty) = 0$
4. Montrer que l'expression de peut s'écrire sous la forme :
$$\overrightarrow{E(M)} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 r^3}[3(\overrightarrow{p}.\overrightarrow{e_r}).\overrightarrow{e_r} - \overrightarrow{p}]$$
5. Comparer l'évolution de ce champ à celui crée par une charge ponctuelle.
6. Définir une ligne de champ et surface équipotentielle. Etablir les équations des lignes de champ et des équipotentielles associées à cette distribution.
7. Tracer l'allure des lignes de champ et des surfaces équipotentielles associées à cette distribution.

2-Actions subies par un dipôle

Une molécule polaire peut être représentée électriquement par un dipôle électrostatique rigide de moment dipolaire $\overrightarrow{p} = q\overrightarrow{NP}$ avec NP = a.Cette molécule se trouve dans un champ électrostatique uniforme $\overrightarrow{E(M)}$.

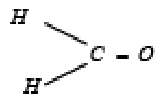
1. Quelle est la résultante des forces appliquées au dipôle.
2. Exprimer le moment résultant des actions subies par le dipôle en fonction de $\overrightarrow{E(M)}$ et $\overrightarrow{p}$.
3. Donner l'expression de l'énergie potentielle d'interaction entre $\overrightarrow{E(M)}$ et $\overrightarrow{p}$.Discuter la stabilité. Conclure.
4. On considère deux molécules polaires de moment dipolaires $\overrightarrow{p_2}$ et $\overrightarrow{p_1}$ (rigides) sont distants de $\|r = \overrightarrow{AB}\|$ (leurs centre étant respectivement en et on s'intéresse à leur interaction seulement).
   (a) Exprimer l'énergie potentielle d'interaction entre ces deux molécules E_{pe} .
   (b) On suppose dans la suite que les deux dipôles rigides sont situés dans un même plan, on note θ_1l'angle entre $\overrightarrow{p_1}$ et $\overrightarrow{AB}$ et θ_2 l'angle entre $\overrightarrow{p_2}$ et $\overrightarrow{AB}$.



   Montrer que :
$$E_{pe} = \frac{p_1 P_2}{4\pi\varepsilon_0 r^3}(\sin\theta_1 \sin\theta_2 - 2\cos\theta_1 \cos\theta_2)$$
   (c) On suppose que θ_1 est fixe. A quelle condition les deux molécules seront en équilibre l'une par rapport à l'autre. (Exprimer θ_2 en fonction de θ_1).
   (d) Donner la condition de stabilité de cet équilibre.
   (e) Donner pour les cas particuliers suivants les valeurs de θ_2 correspondant à un équilibre et préciser leur stabilité : $\theta_1 = 0$ $\theta_1 = \frac{\pi}{4}$

3- Application :

1. Quelle est l'unité utilisé en chimie pour caractériser le moment dipolaire d'une molécule ? Cette unité est -elle une unité du système international ?
2. La formule développée du formaldéhyde est la suivante :



   Quelle est la valeur théorique du moment dipolaire de cette molécule ?
   On donne : l'angle $\widehat{HCH}$ mesuré 116°, le moment dipolaire de liaison C-H vaut 0,40D et celui de la liaison C =O vaut 2,30D .

⋆ **Exercice 18 :*dipôle place dans un champ électrostatique exterieur***

Soit un champ uniforme $\overrightarrow{E_0}$ créant en un point O un potentiel V_0. En O, on place un dipôle de moment dipolaire $\overrightarrow{p}$ parallèle à $\overrightarrow{E_0}$ et de même sens.

1. Calculer le potentiel créé en un point M à grande distance.
2. En déduire qu'il existe une équipotentielle sphérique dont on déterminer le rayon.
3. Calculer le champ en M.