Électromagnétisme

Table des matières

1 informations utiles

Première partie

Charge élémentaire, densité de charges

2 Introductions

Proposition 1.
- *les corps elec exercent des forces*
- *l'electrisation peut ëtre transféré d'un corps à l'autre*
- *par convention, l'electron possède un charge négative*
- *deux corps de même elec se repoussent*
- *deux corps d'elec diff s'attirent*
- *la charge electrique est une grandeur extensive*
- *invariance de la charge electrique*
- *la charge est conservative*

3 Répartition de charges, densité de charges

Dans la matière, des quantités astronomiques de charges impliquent qu'on introduise la notion de densité de charges densités de charges volumiques, surfaciques, linéiques, ponctuelles

3.1 Densité volumique de charges

Le volume dV contient dQ charges
Soit ρ_c, le nombre de charges par unité de volume
on a donc $[\rho_c] = C \cdot m^{-3}$
$dQ = \rho_c dV$ On appelle ρ_c la densité volumique de charges

$$Q \int dQ = \iiint\limits_V \rho_c dV$$

Si ρ_c est constant, alors $Q = \rho_c \cdot V$ avec V, le volume de système total.
En général, ρ_c varie dans l'espace :

$$\rho_c = \rho_c(x, y, z)$$
$$\rho_c = \rho_c(r, \vartheta, \varphi)$$
$$\rho_c = \rho_c(\rho, \varphi, z)$$

3.2 Densité surfacique de charges

Les charges sont ici distribuées sur une surface.
On introduit la densité surfacique de charges, notée σ Soit dQ, les charges sur dS
$dQ = \sigma dS$

$$Q = \iint \sigma dS$$

vaut σS si σ est constant
sinon il faudra connaitre $\sigma(x, y, z)$ et l'intégrer

$$[\sigma] = C \cdot m^{-2}$$

3.3 Densité linéique de charges

Les charges sont ici distribuées sur une ligne (système dont deux des dimensions sont négligeables devant la troisième)
On introduit la densité linéique de charges, notée λ
Soit dQ, les charges sur dL

$$dQ = \lambda dL$$
$$Q = \int \lambda dL$$

vaut λL si λ est constant
sinon il faudra intégrer $\lambda(x, y, z)$

$$[\lambda] = C \cdot m^{-1}$$

3.4 Charges ponctuelles

Pour les charges ponctuelles, on ne définit pas de densité de charges.

Deuxième partie
Loi de coulomb et champs et potentiels électrostatiques

4 Loi de Coulomb

dans la charge ponctuelle : décrit la relation entre le potentiel, la charge et la force de manière empirique : on s'appercoit que la force qui s'exerce entre les deux charges est inversement proportionnelle au carré de la distance la force est portée par la droite donnée par les deux charges additivité vectorielle des forces si deux charges de meme nature, elles s'attirent de nature différentes, elle se repoussent

vrai truc : repose sur des constatations experimentales :

— on a additivité vectorielle des actions entre charges ponctuelles :
Si $F_{A \to C}$ est la force exercée par q_A sur q_C
Si $F_{B \to C}$ est la force exercée par q_B sur q_C
alors $F_{A \to C} + \vec{F_{B \to C}}$ est l'action simulténée de q_A et q_B sur q_C

— on a opposition des actions réciproques

$$\vec{F_{A \to B}} = -\vec{F_{B \to A}}$$

— experimentalement, on met en évidence que $||\vec{F_{A \to B}}|| = \frac{\varphi(AB)}{AB^2}$ où $\varphi(AB)$ est un scalaire indépendant des positions de A et B

— experimentalement, on met en évidence que $\vec{F_{A \to B}}$ est porté par $\vec{AB}$

$$\vec{F_{A \to B}} = \frac{\varphi(AB)}{AB^2} \frac{\vec{AB}}{||\vec{AB}||}$$

le dernier rapport est alors $\vec{u}$, vecteur unitaire de $\vec{AB}$

— on montre experimentalement que

$$\frac{F_{A \to B}}{q_A} = \frac{F_{A' \to B}}{q'_A}$$

La comparaison des forces permet la mesure des charges

— on a l'expression de la force de Coulomb, force électrostatique qui s'exerce entre deux charges q_A et q_B placées dans le vide aux points A et B :

$$\vec{F_{A \to B}} = \frac{q_A \cdot q_B}{4\pi\varepsilon_0} \frac{\vec{u}}{AB^2}$$

où ε_0 est la permittivité électrique du vide
$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \approx 9 \cdot 10^9$ dans le SI

La force electrique est très grande devant la force gravitationnelle à très petite échelle

5 Champs électrostatique

5.1 Champs créé par une charge ponctuelle

Soit q_A au point A, si on approche $q_{B_1}, q_{B_2}, \dots$ du point B :

$$\frac{F_{\vec{A \to B_1}}}{q_{B_1}} = \frac{F_{\vec{A \to B_2}}}{q_{B_2}} = \dots$$

Ce rapport dépend de q_A et du point B.
Ce rapport est appelé charmps électrostatique (ou champs électrique) créé par la charge q_A au point B.

$$\vec{E}_A(\vec{B}) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_A}{AB^2}\vec{u}$$

est l'expression du champs électrostatique, son unité est le $V \cdot m^{-1}$

$$[E] = V \cdot m^{-1}$$

en général, on a la notation suivante :
avec P, le point où se trouve la charge
et M, le point dans lequel on observe le champ

$$\vec{E}_P(M) = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\vec{PM}}{PM^3}$$

avec $\frac{\vec{PM}}{PM^3} = \frac{1}{PM^2}\frac{\vec{PM}}{PM}$

Remarque 1. *Si q_M se trouve en M*
et $F_{\vec{P \to M}} = q_M \vec{E}_P(M)$, l'expression de la loi de Coulomb
La mesure de la force correspond à la mesure du champs électrostatique

Remarque 2. *$E_P(M)$ n'est pas définit en sa source car $\frac{1}{PM^2} \to \infty$ Correspond à la limite de validité du concept de charge ponctuelle*