

Chapitre 1 : Electrostatique

- I) Forces, champs et potentiels électriques
- II) Le dipôle électrique
 - 1) Définition
 - 2) Potentiel électrique généré par un dipôle
 - 3) Surfaces équipotentielle
 - 4) Champs électrique généré par un dipôle
 - 5) Dipôle dans un champ électrique extérieur

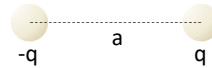
- III) Flux du champ électrique
- IV) Conducteur en équilibre
- V) Condensateurs

Chapitre 2 : Magnétostatique

- I) Forces magnétiques subies par des charges en mouvements
- II) Effets magnétiques produits par des courants continus
- III) Travail des forces magnétiques au cours du déplacement d'un circuit.
- IV) Phénomène d'induction.
- V) Le dipôle magnétique.

Un dipôle électrique est défini par un ensemble de charges distinctes disposées de telle sorte que le barycentre des charges positives ne coïncide pas avec le barycentre des charges négatives.

Au plus simple, le dipôle est constitué de deux charges électriques opposées en signe et à une distance « a » l'une de l'autre qui sera, dans cette partie électrostatique, constante.



La distance « a » est petite par rapport aux distances d'observation.

11

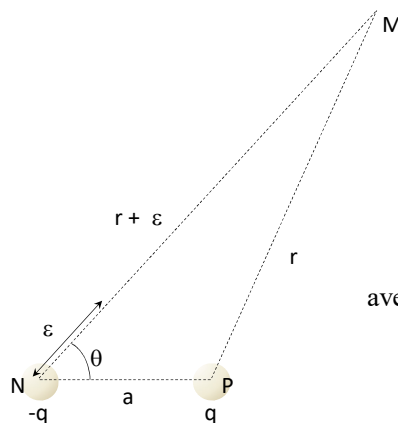
Chapitre 1 : Electrostatique

- I) Forces, champs et potentiels électriques
- II) Le dipôle électrique
 - 1) Définition
 - 2) Potentiel électrique généré par un dipôle
 - 3) Surfaces équipotentielle
 - 4) Champs électrique généré par un dipôle
 - 5) Dipôle dans un champ électrique extérieur

- III) Flux du champ électrique
- IV) Conducteur en équilibre
- V) Condensateurs

Chapitre 2 : Magnétostatique

- I) Forces magnétiques subies par des charges en mouvements
- II) Effets magnétiques produits par des courants continus
- III) Travail des forces magnétiques au cours du déplacement d'un circuit.
- IV) Phénomène d'induction.
- V) Le dipôle magnétique.



$$V(M) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 PM} + \frac{-q}{4\pi\epsilon_0 NM}$$

$$\Rightarrow V(M) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r+\epsilon} \right)$$

$$\Rightarrow V(M) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{\epsilon}{r(r+\epsilon)} \right)$$

avec $\epsilon \ll r$ nous faisons l'approximation : $r(r+\epsilon) \approx r^2$

$$\Rightarrow V(M) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{\epsilon}{r^2} \right)$$

$$\Rightarrow V(M) = \frac{q \cdot a \cdot \cos(\theta)}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

12

Chapitre 1 : Electrostatique

- I) Forces, champs et potentiels électriques
- II) Le dipôle électrique
 - 1) Définition
 - 2) Potentiel électrique généré par un dipôle
 - 3) Surfaces équipotentielle
 - 4) Champs électrique généré par un dipôle
 - 5) Dipôle dans un champ électrique extérieur

- III) Flux du champ électrique
- IV) Conducteur en équilibre
- V) Condensateurs

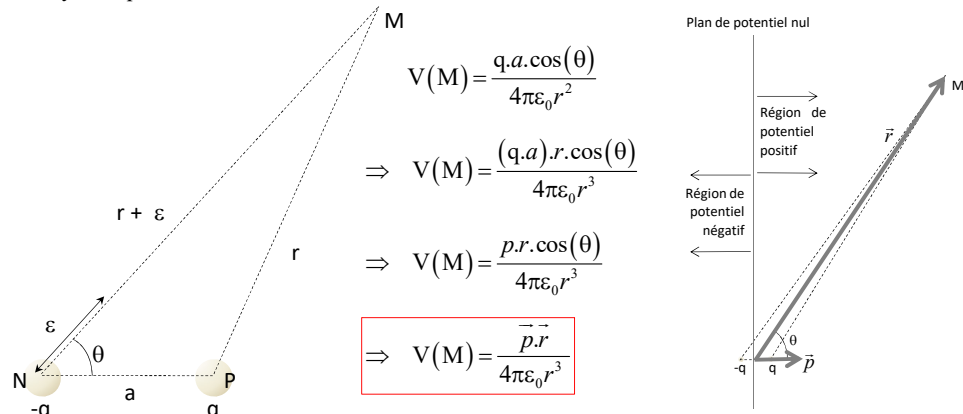
Chapitre 2 : Magnétostatique

- I) Forces magnétiques subies par des charges en mouvements
- II) Effets magnétiques produits par des courants continus
- III) Travail des forces magnétiques au cours du déplacement d'un circuit.
- IV) Phénomène d'induction.
- V) Le dipôle magnétique.

Posons maintenant un vecteur appelé « vecteur dipôle électrique », noté « \vec{p} » et tel que :

$$\vec{p} = q \cdot a \underbrace{\left(\frac{\vec{NP}}{NP} \right)}_{\text{vecteur d'intensité} = 1}$$

Son intensité est donc égale au produit « $q \cdot a$ », sa direction et son sens sont ceux du vecteur \vec{NP} . L'unité de p dans le système SI est le Coulomb.mètre (C.m) et on utilise usuellement le Debye tel que $1D = 3,34 \cdot 10^{-30} \text{ C.m}$



13

Chapitre 1 : Electrostatique

- I) Forces, champs et potentiels électriques
- II) Le dipôle électrique
 - 1) Définition
 - 2) Potentiel électrique généré par un dipôle
 - 3) Surfaces équipotentielle
 - 4) Champs électrique généré par un dipôle
 - 5) Dipôle dans un champ électrique extérieur

- III) Flux du champ électrique
- IV) Conducteur en équilibre
- V) Condensateurs

Chapitre 2 : Magnétostatique

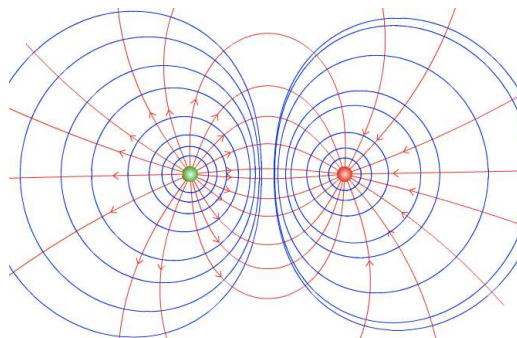
- I) Forces magnétiques subies par des charges en mouvements
- II) Effets magnétiques produits par des courants continus
- III) Travail des forces magnétiques au cours du déplacement d'un circuit.
- IV) Phénomène d'induction.
- V) Le dipôle magnétique.

Une surface équipotentielle est l'ensemble des points où le potentiel prend une même valeur numérique.

Quelque soit le point M d'un cercle possédant la droite (NP) comme axe de révolution, le produit scalaire $\vec{p} \cdot \vec{r}$ sera constant. Les surfaces équipotentielles ont donc la droite (NP) comme axe de révolution.

L'ensemble des points M d'une surface équipotentielle seront tel que :

$$V(M) = \frac{\vec{p} \cdot \vec{r}}{4\pi\epsilon_0 r^3} = cste \quad \Rightarrow \quad \frac{\cos(\theta)}{r^2} = cste$$



14

Chapitre 1 : Electrostatique

- I) Forces, champs et potentiels électriques
- II) Le dipôle électrique
 - 1) Définition
 - 2) Potentiel électrique généré par un dipôle
 - 3) Surfaces équipotentielle
 - 4) **Champs électrique généré par un dipôle**
 - 5) Dipôle dans un champ électrique extérieur

- III) Flux du champ électrique
- IV) Conducteur en équilibre
- V) Condensateurs

Chapitre 2 : Magnétostatique

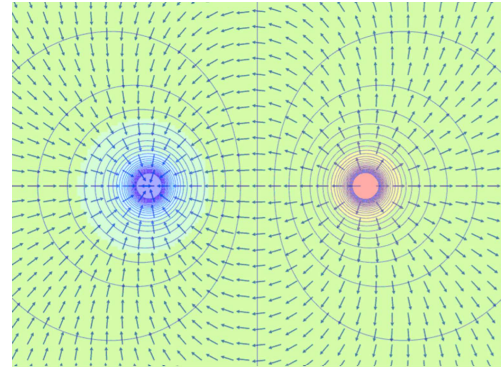
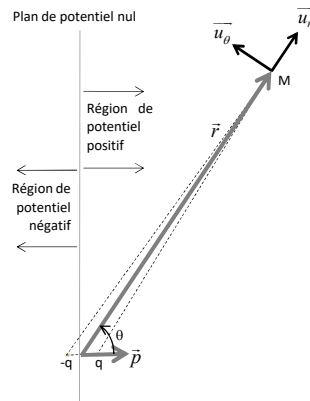
- I) Forces magnétiques subies par des charges en mouvements
- II) Effets magnétiques produits par des courants continus
- III) Travail des forces magnétiques au cours du déplacement d'un circuit.
- IV) Phénomène d'induction.
- V) Le dipôle magnétique.

En coordonnées polaires :

$$\vec{E}(M) = -\overrightarrow{\text{grad}}(V(M)) = -\left(\frac{\partial}{\partial r}u_r + \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial \theta}u_\theta\right)V(M)$$

$$\Rightarrow \vec{E}(M) = -\left(\frac{\partial}{\partial r}u_r + \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial \theta}u_\theta\right)\left(\frac{p \cdot \cos(\theta)}{4\pi\epsilon_0 r^2}\right)$$

$$\Rightarrow \vec{E}(M) = \frac{p}{4\pi\epsilon_0 r^3} \left(2\cos(\theta)u_r + \sin(\theta)u_\theta\right)$$



15

Chapitre 1 : Electrostatique

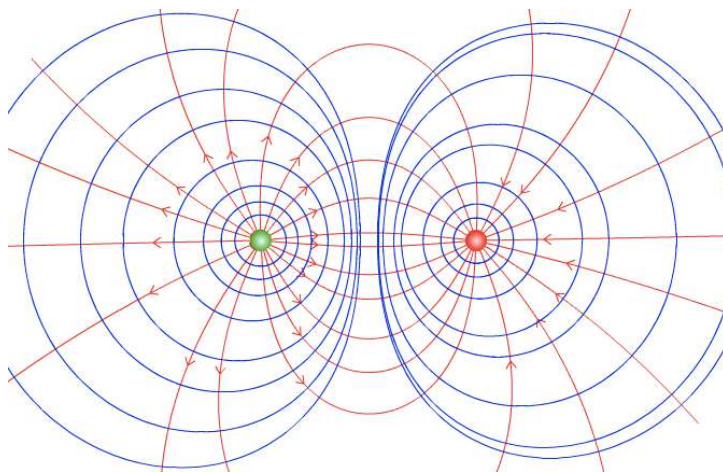
- I) Forces, champs et potentiels électriques
- II) Le dipôle électrique
 - 1) Définition
 - 2) Potentiel électrique généré par un dipôle
 - 3) Surfaces équipotentielle
 - 4) **Champs électrique généré par un dipôle**
 - 5) Dipôle dans un champ électrique extérieur

- III) Flux du champ électrique
- IV) Conducteur en équilibre
- V) Condensateurs

Chapitre 2 : Magnétostatique

- I) Forces magnétiques subies par des charges en mouvements
- II) Effets magnétiques produits par des courants continus
- III) Travail des forces magnétiques au cours du déplacement d'un circuit.
- IV) Phénomène d'induction.
- V) Le dipôle magnétique.

une ligne de champ est une courbe qui, en tout point, a une tangente dans la même direction que le vecteur en ce point.



16

Chapitre 1 : Electrostatique

- I) Forces, champs et potentiels électriques
- II) Le dipôle électrique
 - 1) Définition
 - 2) Potentiel électrique généré par un dipôle
 - 3) Surfaces équipotentielles
 - 4) Champs électrique généré par un dipôle
 - 5) Dipôle dans un champ électrique extérieur

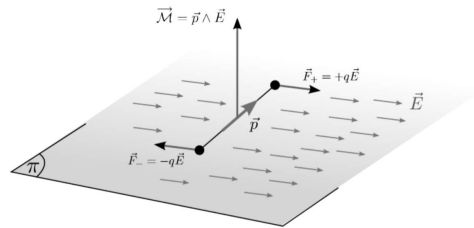
- III) Flux du champ électrique
- IV) Conducteur en équilibre
- V) Condensateurs

Chapitre 2 : Magnétostatique

- I) Forces magnétiques subies par des charges en mouvements
- II) Effets magnétiques produits par des courants continus
- III) Travail des forces magnétiques au cours du déplacement d'un circuit.
- IV) Phénomène d'induction.
- V) Le dipôle magnétique.

On considère un dipôle dans une région de l'espace où règne un champ électrique uniforme.

Le dipôle est soumis à un couple de forces dont le moment du couple est donné par la relation :

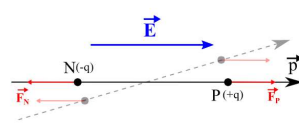


$$\begin{aligned}\vec{M} &= \vec{ON} \wedge (-q\vec{E}) + \vec{OP} \wedge (q\vec{E}) \\ \Rightarrow \vec{M} &= (-\vec{ON} + \vec{OP}) \wedge (q\vec{E}) = q\vec{NP} \wedge \vec{E} \\ \Rightarrow \vec{M} &= \vec{p} \wedge \vec{E}\end{aligned}$$

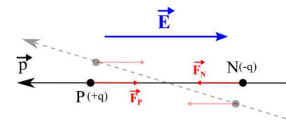
L'énergie potentielle du dipôle est toujours égale au travail qu'un opérateur effectuerait pour placer le dipôle depuis l'infini à sa position finale :

$$E_P = -qV(N) + qV(P)$$

$$\Rightarrow E_P = q(V(P) - V(N)) = q \int_N^P dV = q \int_N^P -\vec{E} \cdot d\vec{l} = -q\vec{E} \cdot \int_N^P d\vec{l} = -q\vec{E} \cdot \vec{NP} \Rightarrow E_P = -\vec{p} \cdot \vec{E}$$



POSITION D'EQUILIBRE STABLE



POSITION D'EQUILIBRE INSTABLE