

### Chapitre 1 : Electrostatique

#### I) Forces, champs et potentiels électriques

- 1) Hypothèses de la charge électrique
- 2) Force électrique : force de Coulomb
- 3) Champ électrique : loi de Coulomb
- 4) Travail de la force de Coulomb
- 5) Potentiel électrique
- 6) Calcul du champ électrique à partir de la fonction potentiel électrique
- 7) Représentation d'un champ électrique à partir des surfaces équipotentielle
- 8) Energie électrostatique

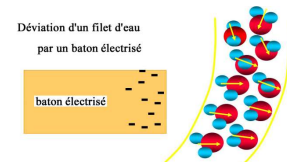
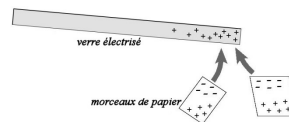
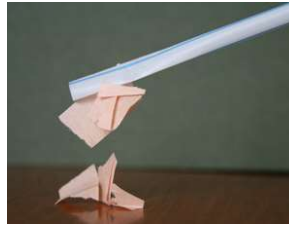
#### II) Le dipôle électrique

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

### Chapitre 2 : Magnétostatique

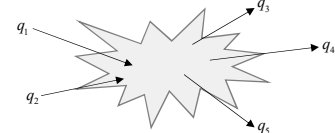
- I) Forces magnétiques subies par des charges en mouvements
- II) Effets magnétiques produits par des courants continus
- III) Travail des forces magnétiques au cours du déplacement d'un circuit.
- IV) Phénomène d'induction.
- V) Le dipôle magnétique.

Du grec êlektron, (ἤλεκτρον), signifiant ambre jaune.



- La charge électrique est une valeur algébrique (elle est positive ou négative).
- La charge électrique est indépendante du référentiel d'étude.
- La charge électrique est une grandeur conservative :

$$q_1 + q_2 = q_3 + q_4 + q_5$$



### Chapitre 1 : Electrostatique

#### I) Forces, champs et potentiels électriques

- 1) Hypothèses de la charge électrique
- 2) Force électrique : force de Coulomb
- 3) Champ électrique : loi de Coulomb
- 4) Travail de la force de Coulomb
- 5) Potentiel électrique
- 6) Calcul du champ électrique à partir de la fonction potentiel électrique
- 7) Représentation d'un champ électrique à partir des surfaces équipotentielle
- 8) Energie électrostatique

#### II) Le dipôle électrique

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

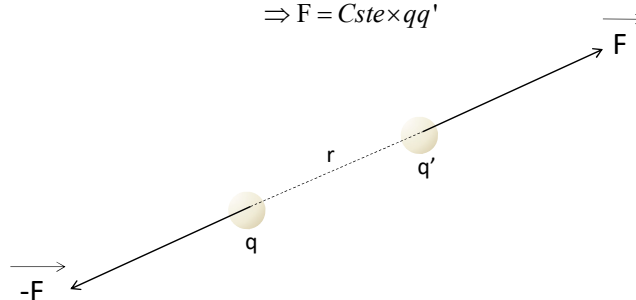
### Chapitre 2 : Magnétostatique

- 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.

F est proportionnel à q  
F est proportionnel à q'

⇒ F est proportionnel au produit (qq')

$$\Rightarrow F = Cste \times qq'$$



F est inversement proportionnel au carré de la distance entre les particules  
(ce qui en fait une force Newtonienne)

$$\Rightarrow F = k \frac{qq'}{r^2}$$

$$k \approx 9.10^9 \text{ N.m}^2.\text{C}^{-2} \text{ ou } \text{m.F}^{-1}$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$$\epsilon_0 \approx \frac{1}{36\pi.10^9} \text{ F.m}^{-1}$$

### Chapitre 1 : Electrostatique

#### I) Forces, champs et potentiels électriques

- 1)Hypothèses de la charge électrique
- 2)Force électrique : force de Coulomb
- 3)**Champ électrique : loi de Coulomb**
- 4)Travail de la force de Coulomb
- 5)Potentiel électrique
- 6)Calcul du champ électrique à partir de la fonction potentiel électrique
- 7)Représentation d'un champ électrique à partir des surfaces équipotentiellees
- 8)Energie électrostatique

#### II) Le dipôle électrique

#### III) Flux du champ électrique

#### IV) Conducteur en équilibre

#### V) Condensateurs

### Chapitre 2 : Magnétostatique

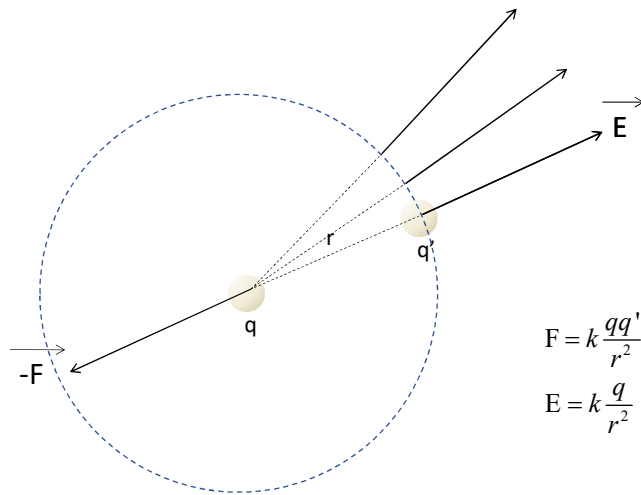
#### I) Forces magnétiques subies par des charges en mouvements

#### 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.



$$F = k \frac{qq'}{r^2}$$

$$E = k \frac{q}{r^2}$$

3

### Chapitre 1 : Electrostatique

#### I) Forces, champs et potentiels électriques

- 1)Hypothèses de la charge électrique
- 2)Force électrique : force de Coulomb
- 3)**Champ électrique : loi de Coulomb**
- 4)Travail de la force de Coulomb
- 5)Potentiel électrique
- 6)Calcul du champ électrique à partir de la fonction potentiel électrique
- 7)Représentation d'un champ électrique à partir des surfaces équipotentiellees
- 8)Energie électrostatique

#### II) Le dipôle électrique

#### III) Flux du champ électrique

#### IV) Conducteur en équilibre

#### V) Condensateurs

### Chapitre 2 : Magnétostatique

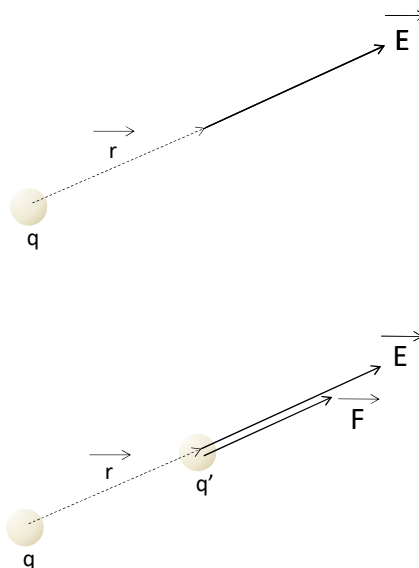
#### I) Forces magnétiques subies par des charges en mouvements

#### 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.



$$\vec{E} = k \frac{q}{r^2} \cdot \left( \frac{\vec{r}}{r} \right)$$

(Loi de Coulomb)

$$\vec{F} = q' \cdot \vec{E} = k \frac{qq'}{r^2} \cdot \left( \frac{\vec{r}}{r} \right)$$

4

## Chapitre 1 : Electrostatique

## I) Forces, champs et potentiels électriques

- 1) Hypothèses de la charge électrique
- 2) Force électrique : force de Coulomb
- 3) Champ électrique : loi de Coulomb
- 4) **Travail de la force de Coulomb**
- 5) Potentiel électrique
- 6) Calcul du champ électrique à partir de la fonction potentiel électrique
- 7) Représentation d'un champ électrique à partir des surfaces équipotielles
- 8) Energie électrostatique

## II) Le dipôle électrique

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

## Chapitre 2 : Magnétostatique

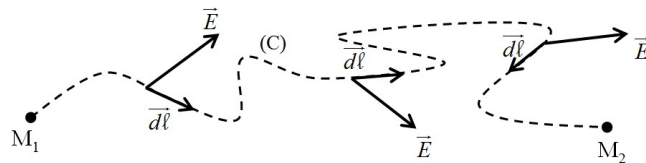
## I) Forces magnétiques subies par des charges en mouvements

## 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.



$$dW = \vec{F} \cdot \vec{dl} = q \vec{E} \cdot \vec{dl} = q \cdot dc$$

Où  $dc = \vec{E} \cdot \vec{dl}$  est par définition la « circulation élémentaire du vecteur champ électrostatique le long du déplacement  $\vec{dl}$  ».

$$W = \int_{M_1}^{M_2} dW = \int_{M_1}^{M_2} \vec{F} \cdot \vec{dl} = \int_{M_1}^{M_2} q \vec{E} \cdot \vec{dl} = q \int_{M_1}^{M_2} dc$$

5

## Chapitre 1 : Electrostatique

## I) Forces, champs et potentiels électriques

- 1) Hypothèses de la charge électrique
- 2) Force électrique : force de Coulomb
- 3) Champ électrique : loi de Coulomb
- 4) Travail de la force de Coulomb
- 5) **Potentiel électrique**
- 6) Calcul du champ électrique à partir de la fonction potentiel électrique
- 7) Représentation d'un champ électrique à partir des surfaces équipotielles
- 8) Energie électrostatique

## II) Le dipôle électrique

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

## Chapitre 2 : Magnétostatique

## I) Forces magnétiques subies par des charges en mouvements

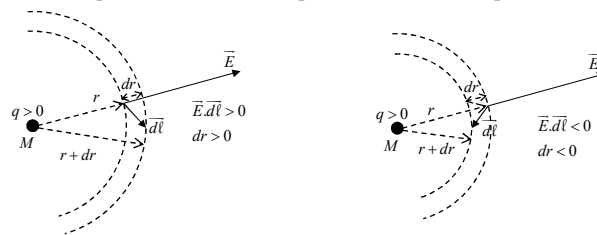
## II) Effets magnétiques produits par des courants continus

## III) Travail des forces magnétiques au cours du déplacement d'un circuit.

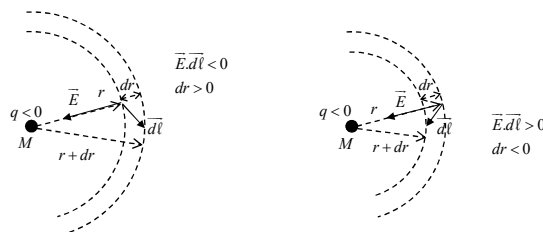
## IV) Phénomène d'induction.

## V) Le dipôle magnétique.

On définit la fonction « potentiel électrostatique », notée  $V$ , telle que :  $dV = -dc = -\vec{E} \cdot \vec{dl}$



Dans les 2 cas de figure où  $q > 0$  nous avons toujours le produit scalaire  $\vec{E} \cdot \vec{dl}$  et  $dr$  qui sont de même signe et donc  $\vec{E} \cdot \vec{dl} = E \cdot dr$ .



Dans les 2 cas de figure où  $q < 0$  nous avons toujours le produit scalaire  $\vec{E} \cdot \vec{dl}$  et  $dr$  qui sont de signe opposé et donc  $\vec{E} \cdot \vec{dl} = -E \cdot dr$ .

6

## Chapitre 1 : Electrostatique

## I) Forces, champs et potentiels électriques

- 1)Hypothèses de la charge électrique
- 2)Force électrique : force de Coulomb
- 3)Champ électrique : loi de Coulomb
- 4)Travail de la force de Coulomb
- 5)Potentiel électrique
- 6)Calcul du champ électrique à partir de la fonction potentiel électrique
- 7)Représentation d'un champ électrique à partir des surfaces équipotielles
- 8)Energie électrostatique

## II) Le dipôle électrique

## 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 reprenant la définition  $dV = -\vec{E} \cdot d\vec{\ell}$

$$\begin{cases} \text{pour } q > 0 \Rightarrow E = -\frac{dV}{dr} ; \frac{dV}{dr} < 0 \\ \text{pour } q < 0 \Rightarrow E = +\frac{dV}{dr} ; \frac{dV}{dr} > 0 \end{cases}$$

L'expression du potentiel électrostatique créé par une charge électrique ponctuelle « q » qui vérifie toutes ces propriétés est :

$$V(r) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r} + Cste \quad \text{avec } Cste \in \mathbb{R}$$

vérification :  $\Rightarrow$

$$\begin{cases} \text{pour } q > 0 \Rightarrow E = -\frac{d\left(\frac{q}{4\pi\epsilon_0 r} + Cste\right)}{dr} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{|q|}{4\pi\epsilon_0 r^2} \\ \text{pour } q < 0 \Rightarrow E = +\frac{d\left(\frac{q}{4\pi\epsilon_0 r} + Cste\right)}{dr} = -\frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{|q|}{4\pi\epsilon_0 r^2} \end{cases}$$

Il est courant de poser le potentiel électrostatique comme nul à l'infini et donc de poser  $Cste = 0$ .

7

## Chapitre 1 : Electrostatique

## I) Forces, champs et potentiels électriques

- 1)Hypothèses de la charge électrique
- 2)Force électrique : force de Coulomb
- 3)Champ électrique : loi de Coulomb
- 4)Travail de la force de Coulomb
- 5)Potentiel électrique
- 6)Calcul du champ électrique à partir de la fonction potentiel électrique
- 7)Représentation d'un champ électrique à partir des surfaces équipotielles
- 8)Energie électrostatique

## II) Le dipôle électrique

## 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 cartésiennes, nous définissons en tous points M de coordonnées (x,y,z) un déplacement infinitésimal  $d\vec{\ell}$ , un vecteur champ électrique  $\vec{E}(x,y,z)$  et son potentiel électrostatique associé  $V(x,y,z)$ . Soit le repère d'espace  $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$  nous avons :

$$\begin{cases} d\vec{\ell} = dx\vec{i} + dy\vec{j} + dz\vec{k} \\ \vec{E}(x,y,z) = Ex(x,y,z)\vec{i} + Ey(x,y,z)\vec{j} + Ez(x,y,z)\vec{k} \\ V(x,y,z) \Rightarrow dV(x,y,z) = \frac{\partial V(x,y,z)}{\partial x} dx + \frac{\partial V(x,y,z)}{\partial y} dy + \frac{\partial V(x,y,z)}{\partial z} dz \end{cases}$$

montrons que :  $\vec{E}(x,y,z) = -\left(\frac{\partial V(x,y,z)}{\partial x}\vec{i} + \frac{\partial V(x,y,z)}{\partial y}\vec{j} + \frac{\partial V(x,y,z)}{\partial z}\vec{k}\right)$

ce qui peut être noté :  $\vec{E}(x,y,z) = -\vec{\nabla}V(x,y,z)$  avec  $\vec{\nabla} = \left(\frac{\partial}{\partial x}\vec{i} + \frac{\partial}{\partial y}\vec{j} + \frac{\partial}{\partial z}\vec{k}\right)$  l'opérateur nabla

ou encore noté :  $\vec{E}(x,y,z) = -\overrightarrow{\text{grad}} V(x,y,z)$

8

## Chapitre 1 : Electrostatique

## I) Forces, champs et potentiels électriques

- 1) Hypothèses de la charge électrique
- 2) Force électrique : force de Coulomb
- 3) Champ électrique : loi de Coulomb
- 4) Travail de la force de Coulomb
- 5) Potentiel électrique
- 6) Calcul du champ électrique à partir de la fonction potentiel électrique
- 7) Représentation d'un champ électrique à partir des surfaces équipotentielle
- 8) Energie électrostatique

## II) Le dipôle électrique

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

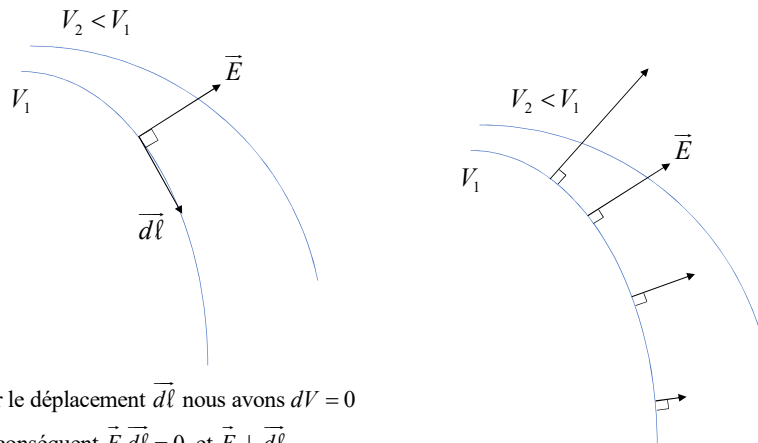
## Chapitre 2 : Magnétostatique

## 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.



pour le déplacement  $\vec{dl}$  nous avons  $dV = 0$

par conséquent  $\vec{E} \cdot \vec{dl} = 0$ , et  $\vec{E} \perp \vec{dl}$

- En un point d'une surface équipotentielle le vecteur du champ électrique a une direction perpendiculaire à la surface.
- Le vecteur est dans le sens des potentiels décroissants
- La norme du vecteur est d'autant plus grande que les surfaces équipotentielles sont « resserrées »

9

## Chapitre 1 : Electrostatique

## I) Forces, champs et potentiels électriques

- 1) Hypothèses de la charge électrique
- 2) Force électrique : force de Coulomb
- 3) Champ électrique : loi de Coulomb
- 4) Travail de la force de Coulomb
- 5) Potentiel électrique
- 6) Calcul du champ électrique à partir de la fonction potentiel électrique
- 7) Représentation d'un champ électrique à partir des surfaces équipotentielle
- 8) Energie électrostatique

## II) Le dipôle électrique

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

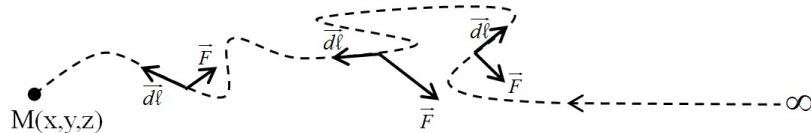
## Chapitre 2 : Magnétostatique

## 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.



Exemple de chemin permettant d'amener une particule depuis l'infini jusqu'au point M.

L'expression du travail de la force de Coulomb est alors :

$$W_{\infty \rightarrow M} = \int_{\infty}^M dW = \int_{\infty}^M -q \cdot dV = -q \cdot (V_M - 0) = -q \cdot V_M$$

L'énergie potentielle d'une particule de charge électrique q au point où le potentiel électrostatique est V est alors :

$$E_p = qV$$

Si  $q < 0$ , la force de Coulomb a un travail moteur et l'énergie potentielle de la particule est alors négative.

10