

EPFL

MAN

Mise à niveau

---

Physique

PREPA-033

---

*Student:*  
Arnaud FAUCONNET

*Professor:*  
Sylvain BRÉCHET

Printemps - 2019



ÉCOLE POLYTECHNIQUE  
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

## Chapter 7

# Électrostatique

**Electrostatique:** branche de la physique qui étudie les phénomènes électriques relatifs à des charges électriques immobiles.

**Magnétostatique:** branche de la physique qui étudie les phénomènes magnétiques relatifs à des courants électriques stationnaires (indépendants du temps)

**Electrodynamique** (électromagnétisme): branche de la physique qui étudie les phénomènes électromagnétiques (cas général).

### 7.1 Charge électrique, force de Coulomb et champ électrique

#### 7.1.1 Charge électrique

**Charge électrique** ( $Q$  ou  $q$ ): grandeur physique qui caractérise la quantité d'électricité d'un objet.

1. Grandeur extensive
2. Grandeur scalaire (positive (+), négative (-), ou nulle (0))
3. Grandeur conservée (même en relativité)
4. Unité physique (SI): Coulomb  $[C] = [A \cdot s]$  où  $A$  = Ampère
5. Les particules élémentaires électriquement chargées ont une charge électrique élémentaire  $|e| = 1.602 \cdot 10^{-19}[C]$
6. Les objets électriquement chargés ont une charge électrique qui est un multiple de " $e$ ".

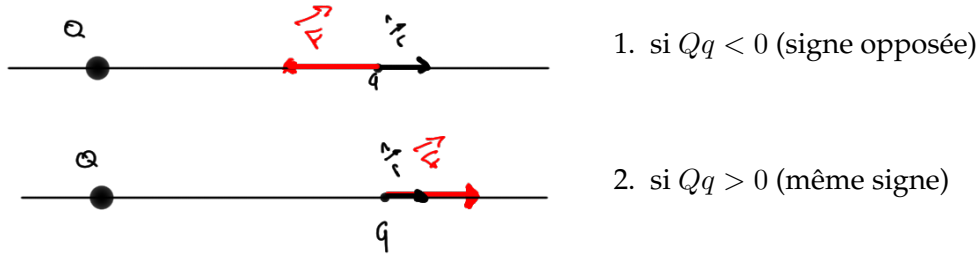
#### 7.1.2 Force de Coulomb

**Force de Coulomb** ( $\vec{F}$ ): deux point matériels électriquement chargés sont soumis à des forces égales et opposées, proportionnelles au produit des charges électriques et inversement proportionnelles au carré de la distance qui les sépare.

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Qq}{r^2} \widehat{\vec{r}} \quad (7.1)$$

où  $\widehat{\vec{r}} = \frac{\vec{r}}{r}$  (loi de Coulomb)

Permittivité du vide (SI):  $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \left[ \frac{C^2}{m^2 N} \right] = \left[ \frac{A^2 s^4}{kg \cdot m^3} \right]$



Structure analogue à la force de la gravitation:  $\vec{F} = -\frac{GMm}{r^2} \cdot \widehat{r}$

### 7.1.3 Champ électrique

**Champ électrique** ( $\vec{E}$ ): grandeur vectorielle intensive définie en tout point de l'espace. La force électrique  $\vec{F}$  sur une charge  $q$  s'exprime comme le produit de la charge électrique et du champ électrique

$$\vec{F} = q \vec{E} \quad (7.2)$$

Si le champ électrique est dû à une autre charge électrique  $Q$ , compte tenu de (7.1) et (7.2), ce champ s'écrit:

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2} \widehat{r} \quad (7.3)$$

Unité physique (SI):  $\left[ \frac{N}{C} \right] = \left[ \frac{kg \cdot m}{A \cdot s^2} \right]$

### 7.1.4 Principe de superposition

Comme la force électrique  $\vec{F}$  est une grandeur extensive, la force électrique  $\vec{F}$  exercée sur une charge  $q$  en position  $\vec{r}$  par un ensemble de  $n$  charges électriques  $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$  s'écrit,

$$\vec{F}(\vec{r}) = \sum_{i=1}^n q \vec{E}_i(\vec{r}) = q(\vec{E}_1(\vec{r}) + \dots + \vec{E}_n(\vec{r})) = q \vec{E}(\vec{r}) \quad (7.4)$$

Ainsi

$$\vec{E}(\vec{r}) = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i(\vec{r}) = \vec{E}_1(\vec{r}) + \dots + \vec{E}_n(\vec{r}) \quad (7.5)$$

### 7.1.5 Lignes de champ électrique

Le champ électrique  $\vec{E}$  est défini en tout point de l'espace. On peut associer un vecteur avec une norme et une orientation donnée à chaque point de l'espace

Les vecteurs champ électrique sont tangents à des lignes (ou courbes) appelées lignes de champ électrique.

Pour une charge électrique positive, les lignes de champ sont orientées vers l'extérieur.  
Pour une charge électrique négative, les lignes de champ sont orientées vers l'intérieur.

Lignes de champ électrique pour un système constitué de deux charges électrique de signe opposée (dipôle).

Les lignes de champ vont de la charge positive vers la charge négative.

Lignes de champ électriques pour un système constitué d'une charge électrique positive et d'une plaque conductrice chargée négativement.

## 7.2 Potentiel électrique

Le potentiel électrique  $\Phi(\vec{r})$  est un champ scalaire et intensif défini comme l'énergie potentielle électrique par unité de charge  $q$

$$E_{pot}(\vec{r}) = q\Phi(\vec{r}) \quad (7.6)$$

Travail de la force électrique sur une charge  $q$  de  $\vec{r}_1$  à  $\vec{r}_2$ :

$$W_{1 \rightarrow 2}(\vec{F}) = E_{pot}(\vec{r}_1) - E_{pot}(\vec{r}_2) = q(\Phi(\vec{r}_1) - \Phi(\vec{r}_2)) \equiv q(\Phi_1 - \Phi_2) \quad (7.7)$$

**Equipotentielle:** courbe dont les points ont la même valeur du potentiel  $\Phi(\vec{r})$

Les équipotentielles (bleu) sont orthogonales aux lignes électriques (rouge).