

## FORCE ET CHAMP ELECTROSTATIQUES

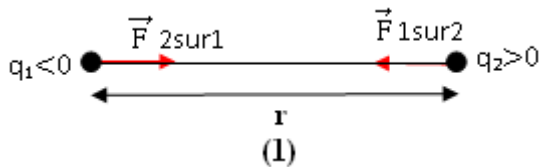
### Introduction

L'électrostatique étudie les forces de répulsion et d'attraction qui s'exercent entre des charges électriques immobiles. Nous déterminerons les caractéristiques de ces forces et celles du champ électrique.

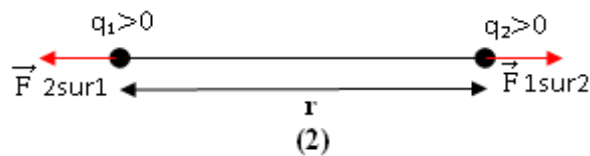
### I. Force électrostatique

#### I.1) Mise en évidence :

Entre deux corps électriquement chargés et distant de  $r$  existe une force d'interaction à distance appelée force électrique. Si les corps chargés occupent des places fixes (immobiles), cette force électrique est dite force électrostatique. Deux corps portant des charges électriques de même signe se repoussent tandis que ceux portant des charges électriques de signes contraires s'attirent



Les charges sont de signe opposé : ils s'attirent.



Les charges sont de même signe : ils se repoussent

D'après le principe des actions réciproques on a : **Norme:  $F_{1:2} = F_{2:1}$**

#### I.2) Loi de Coulomb

##### a) Enoncé

Dans le vide, deux charges électriques ponctuelles  $q_1$  et  $q_2$  distantes de  $r$  exercent l'une sur l'autre des forces d'attraction ou de répulsion  $\vec{F}_{2/1}$  et  $\vec{F}_{1/2}$  de même direction, de sens contraires et d'intensité commune :

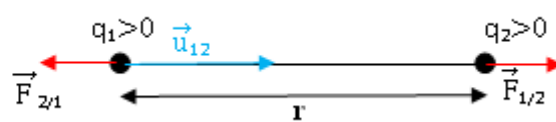
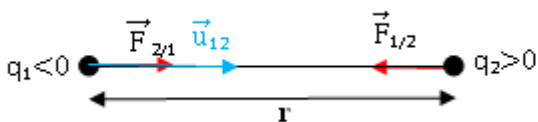
$$F_{1/2} = F_{2/1} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$$

La constante électrique  $\epsilon_0$  est appelée permittivité du vide. Sa valeur dans le système international est  $8,85 \cdot 10^{-12}$  SI.

Ce qui donne  $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \approx 9 \cdot 10^9$

Nous pouvons donc écrire :  $F_{1/2} = F_{2/1} = K \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$  avec  $K = 9 \cdot 10^9$  SI.

##### b) Expression vectorielle de la loi de Coulomb



$$\vec{F}_{1/2} = -\vec{F}_{2/1} = K \frac{q_1 \times q_2}{r^2} \cdot \vec{u}_{12}$$

$\vec{u}_{12}$  est un vecteur unitaire orienté de  $q_1$  vers  $q_2$ .

**Remarque :** la loi de Coulomb ne s'applique qu'à des charges ponctuelles et dans le vide. Dans un milieu autre que le vide, on écrirait :  $F_{1/2} = F_{2/1} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$  avec  $\epsilon_r$  une constante dont la valeur dépend du milieu. On l'appelle permittivité relative du milieu.

### Exercice d'application

Déterminer dans chaque cas les caractéristiques des forces qui s'exercent sur  $q_A$  et  $q_B$  placées respectivement en A et B avec  $AB = 3,5 \text{ cm}$ .

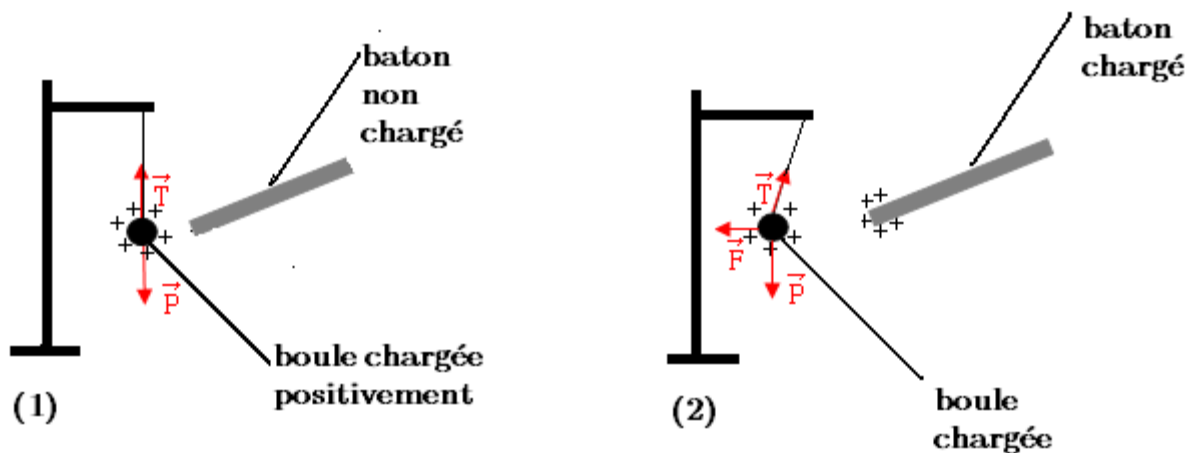
1) Cas  $q_A = 1 \text{ nc}$  ;  $q_B = 40 \text{ nc}$ .

## II. Champ électrostatique

### II.1) Expérience

#### a) Dispositif expérimental :

On suspend sur une potence à l'aide d'un fil isolant une boule chargée positivement. La boule est à l'équilibre sous l'action de son poids et de la tension du fil.



#### b) Observation

Lorsque l'on approche un bâton non chargé à proximité de la boule (pendule électrostatique), elle reste immobile. Cependant on charge positivement l'extrémité du bâton par frottement puis on l'approche de la boule. On constate que la boule est déviée de sa position verticale à l'approche du bâton chargé.

#### c) Interprétation

2) Cas  $q_A = 1 \text{ nc}$  ;  $q_B = -40 \text{ nc}$ .

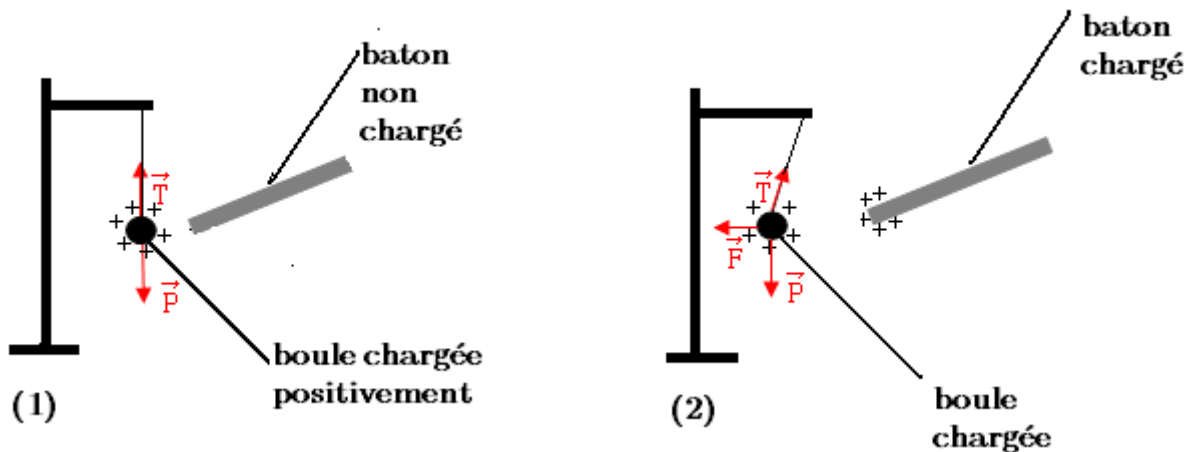
La boule étant déviée est en équilibre sous l'action de son poids, de la tension du fil et de la force électrique exercée par le bâton chargé positivement. Le bâton chargé modifie les propriétés de l'espace en son voisinage, on dit que le bâton crée un **champ électrique** en son voisinage de telle sorte que tout corps chargé plongé dans cet espace sera soumis à une force électrique. En (1) il ne règne pas de champ électrique au voisinage de la boule alors qu'en (2) il y'a un champ électrique

### III. Champ électrostatique

#### II.1) Expérience

##### d) Dispositif expérimental :

On suspend sur une potence à l'aide d'un fil isolant une boule chargée positivement. La boule est à l'équilibre sous l'action de son poids et de la tension du fil.



##### e) Observation

Lorsque l'on approche un bâton non chargé à proximité de la boule (pendule électrostatique), elle reste immobile. Cependant on charge positivement l'extrémité du bâton par frottement puis on l'approche de la boule. On constate que la boule est déviée de sa position verticale à l'approche du bâton chargé.

##### f) Interprétation

La boule étant déviée est en équilibre sous l'action de son poids, de la tension du fil et de la force électrique exercée par le bâton chargé positivement. Le bâton chargé modifie les propriétés de l'espace en son voisinage, on dit que le bâton crée un **champ électrique** en son voisinage de telle sorte que tout corps chargé plongé dans cet espace sera soumis à une force électrique. En (1) il ne règne pas de champ électrique au voisinage de la boule alors qu'en (2) il y'a un champ électrique

#### II.3) Champ créé par plusieurs charges ponctuelles

Le vecteur champ électrique  $\vec{E}$  créé en un point M par un ensemble de charges ponctuelles  $q_1, q_2, q_3, \dots, q_n$  est égale à la somme des vecteurs champs électriques créés en ce point M par chacune des charges.

$\vec{E}(\mathbf{M}) = \sum_i^n \vec{E}_i$ . c'est le principe de superposition.

#### Exercice d'application

Au sommet d'un triangle ABC isocèle en A, on place respectivement les charges  $q_A = 1\text{nC}$  ;  $q_B = -5\text{nC}$  ;  $q_C = 2\text{nC}$ .

Calculer le champ créé au point M = milieu de BC par ces trois charges.

AB = 2cm et BC = 1,5cm.

### IV. Lignes de champ électrique et champ électrostatique uniforme

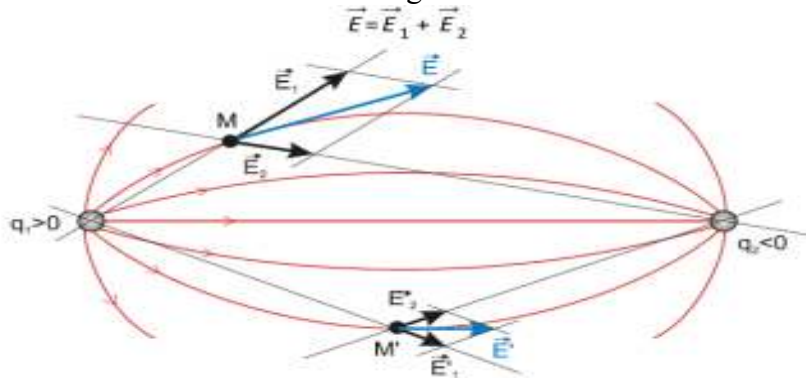
#### III.1) Définition

On appelle ligne de champ une ligne courbe qui en chacun de ses points est tangente au vecteur champ électrique  $\vec{E}$  en ce point et orientée dans le même sens que  $\vec{E}$ .

#### III.2) Exemple de lignes de champ

- Pour une charge ponctuelle

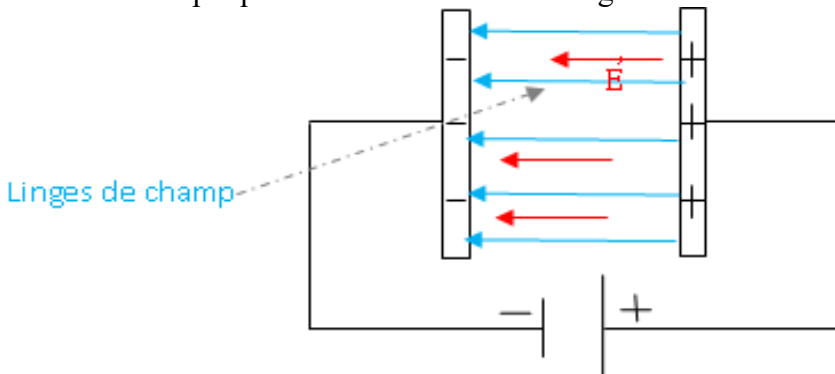
- Pour un ensemble de deux charges



NB : L'ensemble des lignes de champ est appelé **Spectre** de ligne de champ.

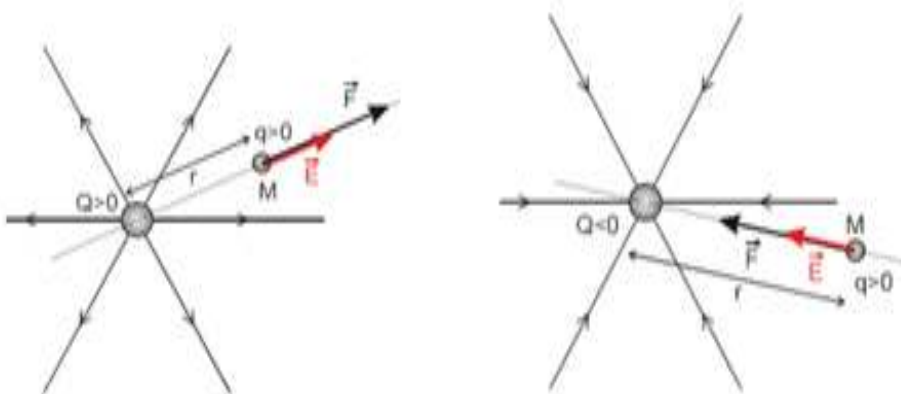
### III. 3) Champ électrostatique uniforme

Un champ électrostatique est uniforme si en tout point de l'espace considérée, le vecteur champ électrostatique a même direction, même sens et même intensité. Les lignes de champ sont parallèles. Un tel champ peut être obtenu entre les plaques d'un condensateur chargé.



**NB** : le champ électrique est toujours dirigé de la plaque positive vers la plaque négative.

### III. 4) Applications



Le champ électrique peut être utilisé pour accélérer des particules chargées. J J Thomson a utilisé un champ

