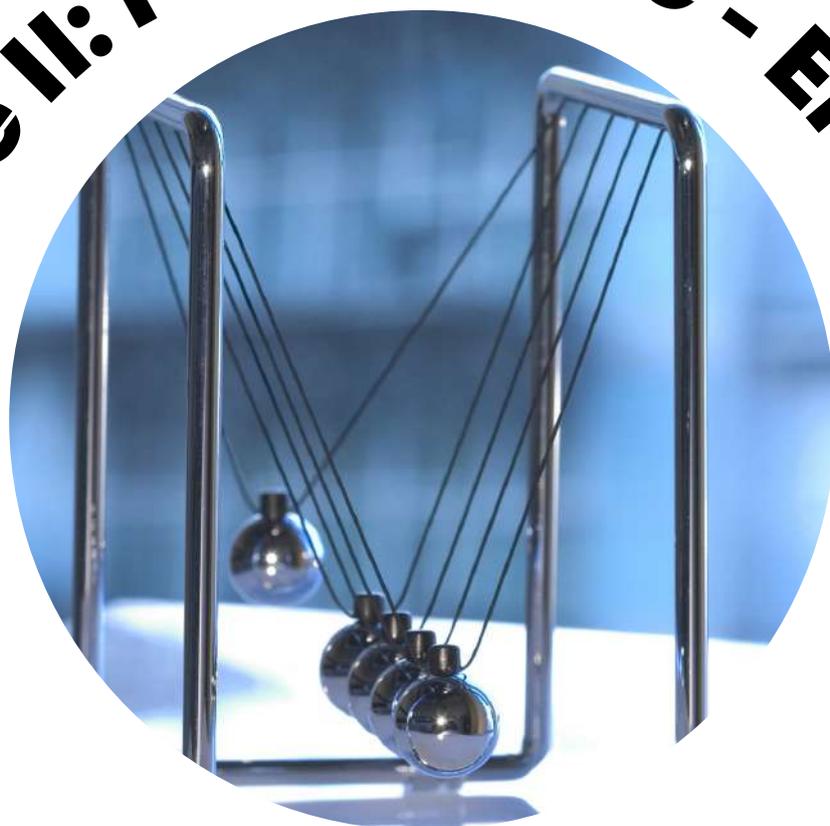


Physique II: Mécanique - Electricité



SCIENCES DE LA
VIE ET DE LA TERRE



Shop



- Cahiers de Biologie + Lexique
- Accessoires de Biologie



Etudier



Visiter [Biologie Maroc](http://www.biologie-maroc.com) pour étudier et passer des QUIZ et QCM en ligne et Télécharger TD, TP et Examens résolus.



Emploi



- CV • Lettres de motivation • Demandes...
- Offres d'emploi
- Offres de stage & PFE

Physique II: Electricité
destiné aux étudiants de la filière SVI (S2)

Pr Soufiane El Adraoui

18 avril 2021

Table des matières

| | | |
|----------|---|----------|
| I | Electrostatique | 2 |
| 1 | Charge électrique | 3 |
| 1.1 | Expérience de Coulomb | 3 |
| 1.2 | Charge ponctuelle | 4 |
| 1.3 | Distributions de charges | 4 |
| 2 | Loi de Coulomb | 5 |
| 3 | Champ et potentiel | 6 |
| 3.1 | Cas d'une charge ponctuelle | 6 |
| 3.2 | Principe de superposition | 7 |
| 3.3 | Cas des distributions continues | 7 |

Chapitre **I**

Electrostatique

Contents

| | | |
|----------|---|----------|
| 1 | Charge électrique | 3 |
| 1.1 | Expérience de Coulomb | 3 |
| 1.2 | Charge ponctuelle | 4 |
| 1.3 | Distributions de charges | 4 |
| 2 | Loi de Coulomb | 5 |
| 3 | Champ et potentiel | 6 |
| 3.1 | Cas d'une charge ponctuelle | 6 |
| 3.2 | Principe de superposition | 7 |
| 3.3 | Cas des distributions continues | 7 |

Dans tout phénomène physique intervient un "objet" dont la structure confère certaines propriétés à l'espace qui l'entoure. Dans le cas de la gravitation, l'objet est constitué par une masse. En électrostatique, l'objet est une charge, mesurée en coulomb (C).

L'électrostatique est une branche de la physique dans laquelle on étudie les interactions entre les charges électriques immobiles.

Il existe deux types de charge électrique ; Les unes sont dites *positives*, les autres sont dites *négatives*.

1 Charge électrique

La matière est composée d'atomes, eux-mêmes composés de particules élémentaires (protons, neutrons et électrons).

Les protons sont situés dans le noyau d'un atome et les électrons sont à l'extérieur du noyau, mais toujours liés à l'atome. Les protons se repoussent comme les électrons, mais un proton et un électron s'attirent. On considère que ces forces sont causées par une propriété spéciale, qu'on appelle la charge.

Par convention, la charge d'un proton est positive et celle d'un électron négative.

1.1 Expérience de Coulomb

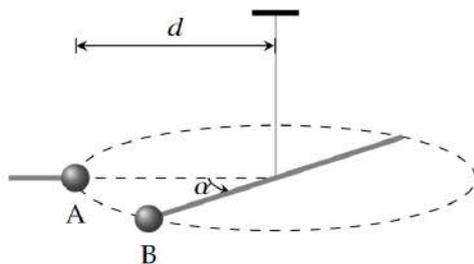


FIGURE I.1 – Expérience de Coulomb

C'est en 1785 que Coulomb met en évidence, à l'aide d'une balance de torsion qu'il a réalisée lui-même, la loi qui porte désormais son nom. L'expérience consiste à fixer une boule de sureau *B* à l'extrémité d'une tige isolante, suspendue en son milieu à un fil d'argent dont on peut contrôler l'angle de torsion. Ce système étant au repos, on approche une autre boule *A* tenue par une tige isolante au contact de la boule *B*. Ensuite, on électrise les deux boules simultanément de sorte qu'elle acquièrent la même charge *Q*. La boule

A est maintenue en place et la boule B s'éloigne sous l'action de la force électrique. À l'équilibre, le moment de la force électrique compense le couple de torsion. Il suffit ensuite d'augmenter, de façon contrôlée, la torsion du fil pour rapprocher les boules et mesurer la force pour des distances plus faibles. C'est ainsi que Coulomb trouva que la force électrique varie en $\frac{1}{r^2}$.

1.2 Charge ponctuelle

Définition 1 Une charge est dite ponctuelle quand on peut concentrer la totalité de la charge en un point. On la note q .

La charge est **quantifiée** : Toute charge est multiple de la charge élémentaire :

$$q = Ze$$

où Z est un entier relatif et

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

La matière est électriquement neutre.

1.3 Distributions de charges

Distribution volumique :

On appelle densité volumique de charge, la répartition en volume d'une quantité de charge. En un point M contenu dans un volume infinitésimal dv , la quantité de charge s'écrit :

$$\rho = \frac{dq}{dv}$$

Son unité est le $\text{C} \cdot \text{m}^{-3}$

La charge totale d'un volume s'obtient à partir de l'intégrale de volume $Q = \iiint_v dq = \iiint_v \rho \cdot dv$

En coordonnées cartésiennes, le volume élémentaire est $dv = dx \times dy \times dz$

Distribution surfacique :

Si l'épaisseur est négligeable devant la dimension du corps considéré, on peut effectuer les approximations suivantes :

$$\sigma = \frac{dq}{dS}$$

Dans ce cas, la charge totale d'une surface s'obtient à partir de l'intégrale de surface : $Q = \iint_S dq = \iint_S \sigma \cdot dS$

Distribution linéique :

$$\lambda = \frac{dq}{dl}$$

Exercice d'application 1 : On suppose que la Terre, considérée comme sphérique de rayon $R = 6400\text{km}$, porte une charge négative $Q = -106\text{C}$. On considère que les charges sont réparties uniformément sur sa surface avec une densité de charge surfacique σ_T . Calculer σ_T

Solution de l'exercice 1 : La charge est donnée par la formule :

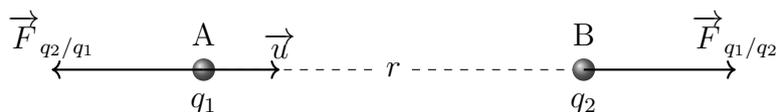
$Q = \iint_S dq = \iint_S \sigma_T \cdot dS$, Les charges sont réparties uniformément sur la surface, donc la densité surfacique est de charge est constante, elle peut être sorti de l'intégrale :

$$Q = \sigma_T \cdot \iint_{\text{sphère}} dS = 4\pi R^2 \sigma_T,$$

$$\text{d'où } \sigma_T = \frac{Q}{4\pi R^2} \text{ AN. } \sigma_T = \frac{-106}{4\pi(6400 \times 10^3)^2} \simeq 0.2 \times 10^{-12} \text{C.m}^{-2}$$

2 Loi de Coulomb

Soient deux charges ponctuelles q_1, q_2 de même signe, plongées dans le vide et situées respectivement dans les points A et B . La force d'interaction dite électrostatique exercée par q_1 sur q_2 éloignées de r ($r = AB$) est donnée par la loi de Coulomb :



Entre deux charges au repos il s'exerce une force directement proportionnelle au produit des charges et inversement proportionnelle au carré de leur distance. La force est dirigée suivant la ligne qui joint les charges.

$$\vec{F}_{q_1/q_2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \vec{u} = -\vec{F}_{q_2/q_1} \quad (\text{I.1})$$

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9.10^9 \text{N.m}^2.\text{C}^{-2}$$

avec ϵ_0 est la permittivité électrique du vide

- Deux charges de même signe se repoussent
- Deux charges de signes opposés s'attirent

Exercice d'application 2 : *Quelle est la force s'exerçant entre un proton et un électron situés à une distance de 0.1Å*

Solution de l'exercice 2 : La force est attractive puisque les charges sont de signe opposé :

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_p q_e}{r^2} \vec{u}$$

AN. Le module de la force vaut $F = 9 \times 10^9 \frac{(1.6 \times 10^{-19})^2}{(0.1 \times 10^{-10})^2} = 23 \times 10^{-7} \text{N}$

3 Champ et potentiel

3.1 Cas d'une charge ponctuelle

La seule présence d'une charge ponctuelle q au point A permet de définir deux propriétés en un point B de l'espace environnant :

- une propriété vectorielle, le champ électrostatique qui s'exprime en (N.C^{-1} ou V.m^{-1}).

$$\vec{E}(B) = \frac{\vec{F}}{q_2} = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 r^2} \vec{u}$$

- Une propriété scalaire, le potentiel électrostatique (défini à une constante près), en volts (V) :

$$V(B) = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 r} + Cte$$

et une relation entre les deux propriétés :

$$dV = -\vec{E} \cdot d\vec{l}$$

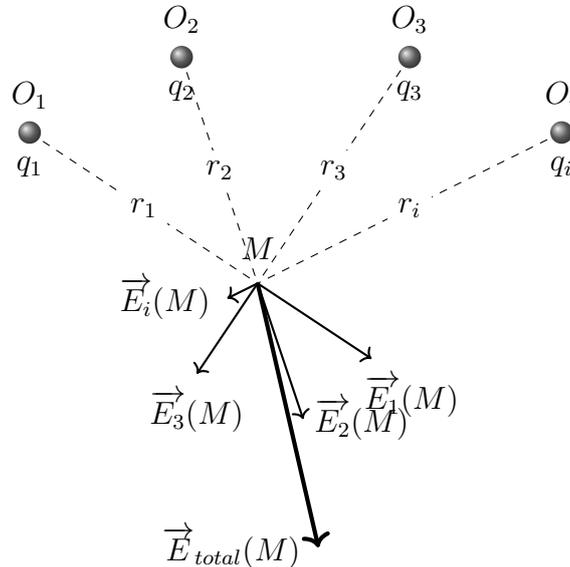
ou encore :

$$\vec{E} = -\overrightarrow{\text{grad}V}$$

en coordonnées cartésiennes : $\overrightarrow{\text{grad}V} = \frac{dV}{dx} \vec{i} + \frac{dV}{dy} \vec{j} + \frac{dV}{dz} \vec{k}$

Le champ électrique est orienté vers les potentiels décroissants

3.2 Principe de superposition



Soit q_1 en O_1 , q_2 en O_2 , q_3 en O_3 ... De l'addition vectorielle des champs découle le champ total selon principe de superposition des champs

$$\vec{E}_{Total}(M) = \sum_i \vec{E}_i(M)$$

et

$$V = \sum_i V_i$$

3.3 Cas des distributions continues

Distribution volumique

Soit P un point quelconque d'une distribution de charges (solide, gaz, ou plasma) et $dq(P)$ la charge élémentaire contenue en ce point. Le champ électrostatique total créé en un point M par cette distribution de charges est

$$\vec{E}(M) = \int_{distribution} d\vec{E}(M)$$

avec

$$d\vec{E}(M) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{dq}{PM^2} \vec{u}$$

tout se passe donc comme une charge ponctuelle dq était située en un point P de la distribution, créant au point M un champ électrostatique $d\vec{E}(M)$

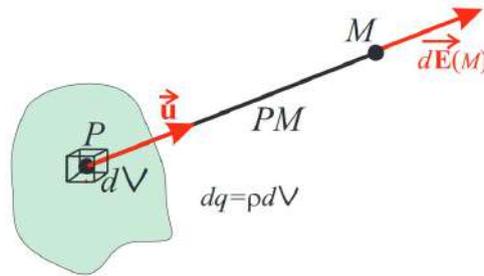


FIGURE I.2 – Un élément de volume dv crée un élément de champ $d\vec{E}$

Le champ électrostatique créé par une telle distribution est donc

$$\vec{E}(M) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \iiint \frac{\rho(P)}{PM^2} \vec{u} dv$$

$$V(M) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \iiint \frac{\rho(P)dv}{r}$$

avec $r=PM$

Distribution surfacique

Lorsque l'une des dimensions de la distribution de charges est beaucoup plus petite que les deux autres (ex : un plan ou une sphère creuse), on peut généralement faire une intégration sur une surface produisant un champ total :

$$\vec{E}(M) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \iint \frac{\sigma(P)}{PM^2} \vec{u} dS$$

$$V(M) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \iint \frac{\sigma(P)dS}{r}$$

avec $r=PM$

Distribution linéique

Enfin, si deux des dimensions de la distribution sont négligeables devant la troisième (ex : un fil), on peut exprimer le champ total en fonction de la densité linéique de charge λ :

$$\vec{E}(M) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{\lambda(P)}{PM^2} \vec{u} dl$$

$$V(M) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{\lambda(P) dl}{r}$$

avec $r=PM$

Bon courage



LIENS UTILES 🙌

Visiter :

1. <https://biologie-maroc.com>

- Télécharger des cours, TD, TP et examens résolus (PDF Gratuit)

2. <https://biologie-maroc.com/shop/>

- Acheter des cahiers personnalisés + Lexiques et notions.
- Trouver des cadeaux et accessoires pour biologistes et géologues.
- Trouver des bourses et des écoles privées

3. <https://biologie-maroc.com/emploi/>

- Télécharger des exemples des CV, lettres de motivation, demandes de ...
- Trouver des offres d'emploi et de stage

