

Généralités sur les propriétés électriques de la matière

ANOUMOUYÉ Edmond Serge @ UVCi 2017

Table des matières



I - Objectifs	3
II - Charges électriques	4
1. Les deux types de charges électriques	4
2. Charges électriques élémentaires	5
3. Neutralité électrique d'un corps	5
III - Propriétés électriques de la matière	6
1. Électrisation d'un corps	6
1.1. Électrisation par frottement	6
1.2. Électrisation par contact	6
1.3. Électrisation par influence	7
2. Matériaux conducteurs et isolants	7
2.1. Matériaux conducteurs	7
2.2. Matériaux isolants	7
2.3. Matériaux semi-conducteurs	8
3. Conservation de la charge électrique	8
IV - Densité de charges électriques	9
1. Distributions continues de charges avec une densité volumique ρ	9
2. Distributions continues de charges avec une densité surfacique σ	10
3. Distributions continues de charges avec une densité linéique λ	10
V - Loi de Coulomb	12
1. Loi de Coulomb	12
2. Principe de superposition	13
VI - Glossaire	15
VII - Abréviations	16



Objectifs

À la fin de cette leçon, vous serez capable de :

- *Connaître* l'origine du phénomène d'électrisation
- *Avoir* les notions de base sur les conducteurs et les isolants
- *Savoir manipuler* les densités de charges et le calcul de charges
- *Connaître et savoir appliquer* la loi de Coulomb

Charges électriques

Objectifs

Connaître l'origine du phénomène d'électrisation

Les phénomènes d'électrisation de la matière se manifestent dans diverses situations de la vie quotidienne. Ainsi, le toucher d'une carcasse métallique d'une voiture ayant roulé par temps chaud et sec, provoque une désagréable sensation. Un effet similaire peut se produire au contact d'une armoire métallique placée dans une pièce sèche ou bien lorsqu'on retire un pull-over synthétique.

Ces constats qualitatifs peuvent être réalisés à partir d'expériences simples. Par exemple, un bâton de verre frotté avec une étoffe de tissu peut attirer des objets légers tels que des morceaux de papiers. La même expérience peut être effectuée lorsqu'un bâton en matière plastique est frotté avec un chiffon de laine. Ces effets sont dus à la manifestation de charges électriques qui apparaissent par frottement ou par contact.

1. Les deux types de charges électriques

L'expérience schématisée Figure 1 qui consiste à frotter une règle en matière plastique avec un tissu montre que la règle peut alors attirer des petits morceaux de papier.

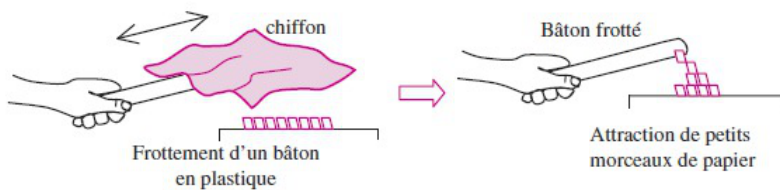


Figure 1 : Illustration du phénomène d'électrisation

On dit que le bâton a été électrisé par frottement ou bien qu'il porte une charge électrique (ou encore qu'il est chargé).

Remarque

Ce phénomène, connu depuis l'Antiquité, se manifeste en particulier sur « l'*ambre* » qui se traduit en grec par le mot « *elektron* ». Ce dernier est à l'origine des mots électrisation, électrique, etc.

Dans le cas du bâton de verre ou d'*ébonite* électrisé par frottement, on constate que la charge électrique reste localisée à l'endroit frotté. Par contre il est impossible d'électriser une tige de métal tenue à la main car la charge électrique se répartit aussi sur le corps. L'électrisation devient possible si la tige de métal est maintenue à l'aide d'un manche en matière plastique. On constate alors que la charge apportée par frottement se répartit sur toute la tige métallique.

Il est possible d'électriser de petites boules d'aluminium suspendues à un fil de nylon par contact avec un bâton lui-même électrisé. En approchant deux boules électrisées avec le même bâton, on constate qu'elles se repoussent. Par contre si l'une des boules est électrisée par le bâton de verre (frotté avec un drap) et l'autre avec le bâton d'ébonite (frotté avec un chiffon de laine) il y a attraction. Ces constats du physicien français *Du Fay* (1733) ont permis de mettre en évidence l'existence de deux types de charges électriques.

Fondamental

Il existe deux types de charges électriques :

- Deux corps portant le même type de charges électriques se repoussent.
- Deux corps portant des charges électriques de types différents s'attirent.

Pour distinguer ces deux types de charges l'une sera notée charge positive, l'autre charge négative.

Par convention :

- La charge qui apparaît sur l'ébonite frottée avec un chiffon de laine est une charge négative (anciennement nommée électricité résineuse).
- La charge qui apparaît sur le verre frotté avec un drap est une charge positive (anciennement nommée électricité vitreuse).
- Un corps non chargé est dit neutre.

L'origine de ces charges électriques qui apparaissent au cours des phénomènes d'électrisation se trouve dans la nature même de la matière.

2. Charges électriques élémentaires

Fondamental

L'*atome* est l'entité constitutive élémentaire de tout corps matériel. Il se compose d'un *nuage d'électrons* et d'un *noyau* formé de *nucléons* (*protons*, *neutrons*).

La *charge électrique élémentaire* est $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$ (coulomb⁼). Elle est la plus petite charge électrique que l'on puisse isoler de la matière.

Avec la convention adoptée pour les signes des charges, le proton constitue la charge positive élémentaire alors que l'électron est la charge élémentaire négative. La stabilité de l'édifice atomique, globalement neutre, est assurée par l'interaction électrique entre le noyau de charge positive et les électrons qui l'entourent.

Particules	Symbole	Masse (kg)	Charge électrique (C)
Électron	e^-	$9,1 \cdot 10^{-31}$	$-1,6 \cdot 10^{-19}$
Proton	p	$1,672 \cdot 10^{-27}$	$+1,6 \cdot 10^{-19}$
Neutron	n	$1,674 \cdot 10^{-27}$	0

Tableau 1 Caractéristiques des particules élémentaires

Ces particules sont assimilables à des sphères de rayon très faible. L'électron est une charge électrique mobile pouvant être libérée par la matière. Le proton est fortement lié à la matière car c'est l'un des constituants du noyau atomique.

3. Neutralité électrique d'un corps

Lorsqu'un matériau est constitué d'atomes associés par des liaisons moléculaires, la neutralité électrique des atomes est préservée lorsqu'ils participent à la formation des molécules. Le matériau ainsi formé sera qualifié d'électriquement neutre car il comporte autant de charges positives que négatives.

Propriétés électriques de la matière

Objectifs

Avoir les notions de base sur les conducteurs et les isolants

Il existe différents procédés destinés à communiquer à un matériau des charges électriques excédentaires par rapport à l'état de neutralité électrique. De tels procédés permettent de retirer ou de rapporter des électrons sur le matériau qui devient chargé.

L'état chargé se caractérise par une charge électrique macroscopique $Q = Ne$ avec N un entier positif ou négatif et e la charge élémentaire ($e = 1,6 \cdot 10^{-19} C$).

1. Électrisation d'un corps

1.1. Électrisation par frottement

En frottant le bâton de verre avec un drap, le verre se charge positivement alors que le drap se trouve chargé négativement (Figure 2). En fait l'ensemble est neutre et c'est en frottant le bâton que des électrons du verre sont passés sur le tissu. Le verre se retrouve avec un déficit en électron et est donc chargé positivement. Le tissu avec son excès d'électron est chargé négativement. La même expérience peut être réalisée à l'aide d'un bâton en matière plastique et un chiffon en laine (Figure 3). On constate alors que le plastique se charge négativement alors que la laine porte des charges positives.

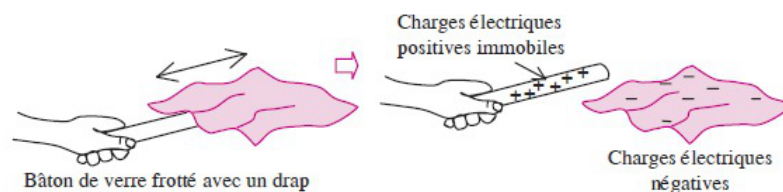


Figure 2 : Électrisation par frottement (cas du verre)

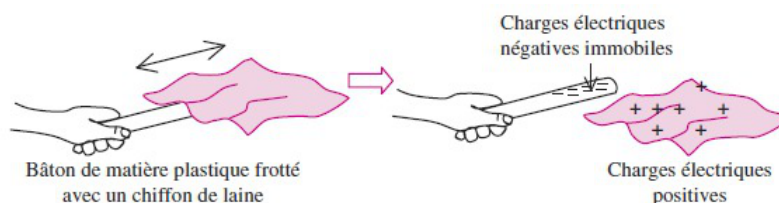


Figure 3 : Électrisation par frottement (cas du plastique)

1.2. Électrisation par contact

Un corps (A), initialement neutre, s'électrise au contact d'un corps (B) chargé. Si le corps (B) est chargé négativement une partie des électrons excédentaires va se répartir sur le corps (A) qui se charge négativement. Au contraire, si le corps (B) est chargé positivement (déficit d'électrons), des

électrons du corps (A), attirés par les charges positives, peuvent passer sur le corps (B) : le corps (A) se trouve alors chargé positivement (voir Figure 4).

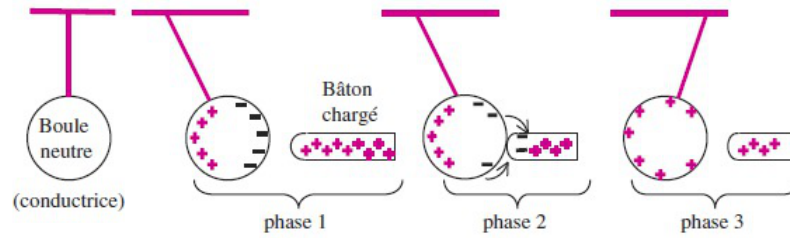


Figure 4 : Électrisation par influence puis par contact

1.3. Électrisation par influence

On peut, par exemple, utiliser des bâtons en verre ou en plastique chargés par frottement ainsi qu'un pendule constitué d'une petite boule légère en polyester recouverte d'un mince feuillet d'aluminium et suspendue à un fil de nylon (voir Figure 4).

Dans la phase 1, Le bâton de verre électrisé est approché du pendule. La boule va subir alors une redistribution des charges à sa surface. Une charge négative (des électrons mobiles) se condense sur sa face avant alors que la même quantité de charges mais de signe opposé se développe sur sa face arrière (déficit d'électrons). Cette redistribution de charges constitue un exemple d'électrisation par influence.

Dans la phase 2, une attraction se produit entre le verre et la boule jusqu'au contact des deux. Les électrons en excès sur la face avant peuvent passer sur la baguette de verre : l'ensemble est globalement chargé positivement.

Enfin, dans la phase 3, une répulsion se produit due à la répartition de charges de même signe sur les deux corps.

2. Matériaux conducteurs et isolants

A un stade élémentaire, on peut se limiter à des considérations simples pour définir le caractère isolant ou conducteur d'un matériau.

2.1. Matériaux conducteurs

Dans les matériaux conducteurs (exemple des métaux), les électrons des couches atomiques périphériques sont faiblement liés aux noyaux. L'agitation thermique favorise l'ionisation des atomes et conduit à l'existence d'un gaz d'électrons presque libres. La densité n (nombre d'électrons libres par unité de volume) est l'un des paramètres clés qui gouverne le caractère conducteur d'un matériau.

Remarque

Dans les métaux usuels (cuivre, aluminium. . .), la densité n est de l'ordre de 10^{27} électrons par unité de volume ($n = 10^{27} m^{-3}$). Dans le cas des conducteurs ioniques, c'est la densité d'ions libres et leur mobilité qui définit le caractère conducteur.

2.2. Matériaux isolants

Dans les matériaux isolants, les électrons sont solidement liés aux atomes. La densité d'électrons libres est quasi-nulle.

Exemple

Parmi les matériaux isolants, on peut citer les matières plastiques, le verre, la paraffine, le papier ou encore le bois. Le terme diélectrique désigne aussi un matériau isolant.

2.3. Matériaux semi-conducteurs

Entre ces extrêmes, conducteurs et isolants, il existe des matériaux semi-conducteurs dont la densité de porteurs libres est typiquement dans la gamme de 10^{17} à 10^{23} m^{-3} . Ce paramètre dépend fortement du taux de dopage des matériaux semi-conducteurs (Si^{A} , Ge^{A} , GaAs^{A} . . .).

Dans les expériences d'électrisation par contact, la nature conductrice ou isolante du matériau conditionne la distribution des charges électriques sur le corps. Ainsi, une charge électrique excédentaire acquise par un corps isolant, reste localisée là où elle a été déposée. Pour un corps conducteur, la charge électrique acquise se répartit sur toute la surface du conducteur.

3. Conservation de la charge électrique

Dans un procédé d'électrisation par frottement, un chiffon de laine et une baguette de verre, échangent des électrons qui sont arrachés au verre et localisés sur l'étoffe de laine. La même quantité de charge mais de signe opposé est donc portée par chacun des corps. Cette charge demeure constante tant que le corps reste isolé de tout autre contact matériel.

Dans un processus d'électrisation par influence, aucun contact matériel n'est nécessaire. Le corps qui influence modifie uniquement la répartition des charges sur le corps influencé sans qu'aucun apport de charges ne se produise. La charge totale du corps reste constante, seule la répartition des charges sur le corps influencé se modifie dans un tel processus.

En règle générale, tant qu'un corps est isolé de tout contact matériel, sa charge électrique demeure constante.

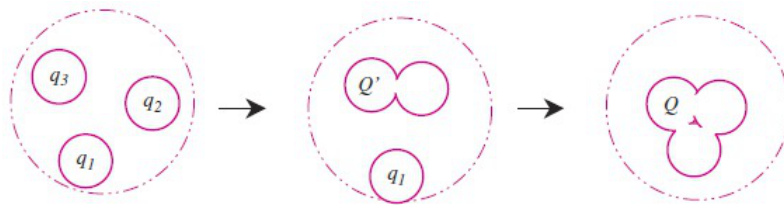


Figure 5 : Illustration du principe de la conservation de l'électricité

On peut écrire : $q_1 + q_2 + q_3 = q_1 + Q' = Q$



Fondamental : Principe de la conservation de l'électricité

Dans tout système électriquement isolé, la somme algébrique des quantités d'électricité ou charges électriques se conserve.

Densité de charges électriques



Objectifs

Savoir manipuler les densités de charges et le calcul de charges

La charge électrique macroscopique Q d'un corps comporte un nombre important de charges élémentaires e ($Q = Ne$ avec N entier relatif très grand). Vu la faible dimension de cette charge élémentaire, on considère qu'à l'échelle macroscopique, la répartition de la charge Q se fait de façon continue sur le corps matériel. Cette répartition peut être modélisée par des densités de charges électriques qui dépendent de la géométrie du corps chargé (filiforme, surfacique ou volumique).

1. Distributions continues de charges avec une densité volumique ρ

C'est le cas d'un corps matériel de volume (V) pouvant être chargé par une quantité de charge Q uniformément répartie. Ainsi, la densité volumique de charge ou charge par unité de volume dont l'unité est le $C.m^{-3}$ est notée ρ (lettre grecque rho) et s'exprime par :

$$\rho = \frac{Q}{V} \Rightarrow Q = \rho V$$

Si la répartition n'est pas uniforme, il est possible de définir en tout point M du volume (V) une densité volumique de charge $\rho(M)$. On considère alors un volume élémentaire dV autour de M suffisamment petit pour pouvoir considérer que la charge électrique élémentaire dQ qu'il contient est répartie uniformément. On peut alors écrire :

$$\rho(M) = \frac{dQ}{dV} \Rightarrow dQ = \rho(M) dV$$

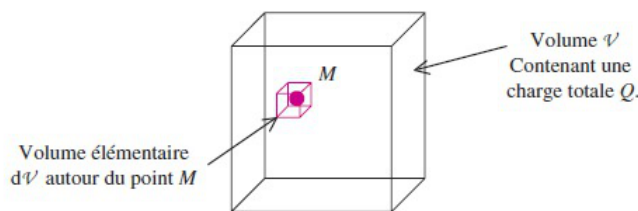


Figure 6 : Volume élémentaire dV autour du point M de charge électrique élémentaire dQ

Fondamental

La charge totale Q contenue dans le volume chargé V est définie par l'intégrale suivante :

$$Q = \int_{M \in V} \rho(M) dV = \iiint_{(V)} \rho(M) dV$$

Remarque

Si la répartition est uniforme, la densité volumique de charge ne dépend pas du point M : $\rho(M) = \rho_0$. On peut alors écrire :

$$Q = \int_{M \in V} \rho(M) dV = \int_{M \in V} \rho_0 dV = \rho_0 \int_{M \in V} dV = \rho_0 V$$

2. Distributions continues de charges avec une densité surfacique σ

C'est le cas d'un corps matériel de surface S pouvant être chargé avec une quantité de charge Q uniformément répartie. Ainsi, la densité surfacique de charge ou charge par unité de surface dont l'unité est le $C.m^{-2}$ est notée σ (lettre grecque sigma) et s'exprime par :

$$\sigma = \frac{Q}{S} \Rightarrow Q = \sigma S$$

Si la répartition n'est pas uniforme, il est possible de définir en tout point M de la surface S une densité surfacique de charge $\sigma(M)$. On considère alors une surface élémentaire dS autour de M suffisamment petite pour pouvoir considérer que la charge électrique élémentaire dQ qu'elle contient est répartie uniformément. On peut alors écrire :

$$\sigma(M) = \frac{dQ}{dS} \Rightarrow dQ = \sigma(M) dS$$

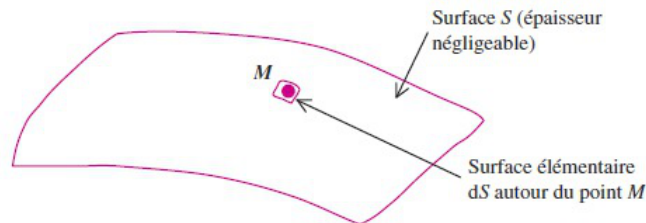


Figure 7 : Surface élémentaire dS autour du point M de charge électrique élémentaire dQ

Fondamental

La charge totale Q portée par la surface chargée S est donnée par la relation :

$$Q = \int_{M \in S} \sigma(M) dS = \iint_{(S)} \sigma(M) dS$$

Remarque

Si la répartition est uniforme, la densité surfacique de charge ne dépend pas du point M : $\sigma(M) = \sigma_0$. Avec S l'aire de la surface, on peut écrire :

$$Q = \int_{M \in S} \sigma(M) dS = \sigma_0 \int_{M \in S} dS = \sigma_0 S$$

3. Distributions continues de charges avec une densité linéique λ

C'est le cas d'un corps matériel filiforme, de longueur L et de diamètre négligeable, pouvant être chargé par la quantité de charge Q uniformément répartie. Ainsi, la densité linéique de charge ou charge par unité de longueur dont l'unité est le $C.m^{-1}$ est notée λ (lettre grecque lambda) et s'exprime par :

$$\lambda = \frac{Q}{L} \Rightarrow Q = \lambda L$$

Si la répartition n'est pas uniforme, il est possible de définir en tout point M du fil une densité linéique de charge $\lambda(M)$. On considère alors une longueur élémentaire dl autour de M suffisamment

petite pour pouvoir considérer que la charge électrique élémentaire dQ qu'elle contient est répartie uniformément. On peut alors écrire :

$$\lambda(M) = \frac{dQ}{dl} \Rightarrow dQ = \lambda(M) dl$$

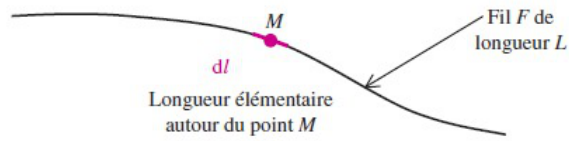


Figure 8 : Segment élémentaire dl autour du point M de charge électrique élémentaire dQ



Fondamental

La charge totale Q portée par le fil chargé L est donnée par la relation :

$$Q = \int_{M \in L} \lambda(M) dl$$



Remarque

Si la répartition est uniforme, la densité linéique de charge ne dépend pas du point M : $\lambda(M) = \lambda_0$. Avec L la longueur du fil, on peut écrire :

$$Q = \int_{M \in L} \lambda(M) dl = \lambda_0 \int_{M \in L} dl = \lambda_0 L$$

Loi de Coulomb

IV

Objectifs

Connaître et savoir appliquer la loi de Coulomb

La loi de Coulomb a été établie en 1785 et exprime l'action qui s'exerce entre deux charges électriques. Le dispositif expérimental qui a permis d'établir cette loi repose sur une expérience de mécanique utilisant un pendule de torsion et des corps électrisés. Bien que la loi de Coulomb ait été déduite de mesures dont la précision n'est pas optimale, cette loi est aussi importante que celle de la force de gravitation entre des corps pesants. La validité de cette loi est tout aussi vérifiée pour des corps chargés à l'échelle macroscopique qu'à l'échelle atomique entre particules élémentaires chargées.

1. Loi de Coulomb

La loi de Coulomb exprime la force électrique exercée entre deux charges ponctuelles en fonction de la valeur des charges et de la distance qui les sépare.

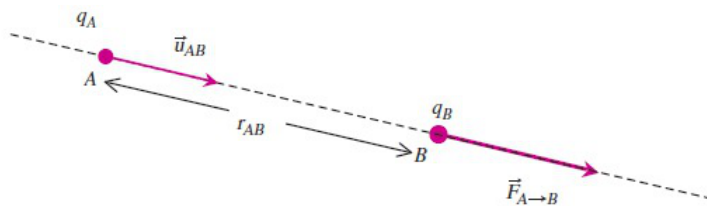


Figure 9 : Action d'une charge ponctuelle q_A située en A sur une charge ponctuelle q_B située en B



Fondamental : Énoncé de la loi de Coulomb pour des charges ponctuelles

La force électrostatique entre deux charges électriques ponctuelles est proportionnelle à la valeur des charges et inversement proportionnelle au carré de la distance qui les sépare. Cette interaction est portée par la droite qui joint les deux charges.

Si les charges sont de même signe, il y a répulsion, si elles sont de signe contraire, il y a attraction. Pour la formulation mathématique de la loi de Coulomb, on considère deux charges ponctuelles q_A et q_B placées respectivement en deux points A et B (Figure 9).

La force électrostatique $\vec{F}_{A \rightarrow B}$ exercée par la charge ponctuelle en A sur celle située en B s'écrit :

$$\vec{F}_{A \rightarrow B} = K \frac{q_A q_B}{r_{AB}^2} \vec{u}_{AB} = K \frac{q_A q_B}{r_{AB}^2} \frac{\vec{AB}}{r_{AB}} = K \frac{q_A q_B}{r_{AB}^3} \vec{AB}$$

- $r_{AB} = AB$: distance entre les deux charges ponctuelles q_A et q_B
- \vec{u}_{AB} : vecteur unitaire suivant AB et dirigé de A (qui exerce la force) vers B (qui subit la force). Ce vecteur peut s'écrire : $\vec{u}_{AB} = \frac{\vec{AB}}{\|\vec{AB}\|} = \frac{\vec{AB}}{AB} = \frac{\vec{AB}}{r_{AB}}$
- K est la constante de proportionnalité. Elle dépend des unités choisies et de la nature du milieu dans lequel sont situées les charges électriques.

Dans le système international (S.I) des unités, la force est exprimée en newton (N), la distance en mètre (m) et les charges en coulomb (C). Si les charges sont dans le vide, la constante K est alors définie par : $K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9.10^9 \text{ u.s.i.}$

La grandeur ϵ_0 représente la permittivité du vide ou constante diélectrique du vide.



Remarque

Dans le cas où les charges se trouvent dans un milieu caractérisé par sa permittivité absolue ϵ , la nouvelle constante K est obtenue en échangeant ϵ_0 par $\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$ où $\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0}$, grandeur sans dimension, est appelée la permittivité relative du milieu par rapport au vide. Sa valeur est toujours supérieure à 1. Elle est de l'ordre de 2 par exemple pour la paraffine et est comprise entre 4 et 10 pour les verres. Dans l'air sec, $\epsilon_r(\text{air}) = 1,00057$ soit pratiquement 1 : on peut considérer que l'air sec se comporte comme le vide du point de vue électrique.

Si K_m est la valeur de la constante dans un milieu et K celle dans le vide, on a : $K_m = \frac{K}{\epsilon_r} \Rightarrow F_{\text{milieu}} = \frac{F_{\text{vide}}}{\epsilon_r}$.



Attention

Si les deux charges sont de même nature, le produit $(q_A \cdot q_B)$ est positif. La force $\vec{F}_{A \rightarrow B}$ aura le même sens que $\vec{u}_{A \rightarrow B}$ et correspond bien alors à une force de répulsion (A repousse B). Si les deux charges sont de signe contraire alors $\vec{F}_{A \rightarrow B}$ est opposé à $\vec{u}_{A \rightarrow B}$: il y a attraction de B vers A.

De même, la charge q_B en B exerce une force sur la charge q_A en A. On a donc: $\vec{F}_{B \rightarrow A} = K \frac{q_B q_A}{r_{BA}^2} \vec{u}_{BA}$

De plus $\vec{u}_{BA} = -\vec{u}_{AB}$ et $r_{BA} = r_{AB}$ alors $\vec{F}_{B \rightarrow A} = K \frac{q_B q_A}{r_{BA}^2} \vec{u}_{BA} = K \frac{q_A q_B}{r_{AB}^2} \vec{u}_{BA} = -K \frac{q_A q_B}{r_{AB}^2} \vec{u}_{AB} = -\vec{F}_{A \rightarrow B}$

Ce résultat est conforme au principe des actions réciproques ou 3^{ème} loi de Newton : l'action de A sur B est égale et opposée à l'action simultanée de B sur A.

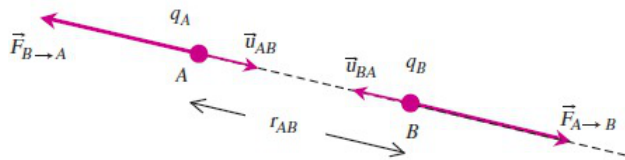


Figure 10 : Interactions entre deux charges ponctuelles q_A et q_B situées en A et B



Définition : Définition du coulomb

Deux charges ponctuelles de 1C séparées d'une distance de 1m exercent l'une sur l'autre une force de 9.10^9 N .



Remarque

On peut remarquer que cette force est énorme (équivalente au poids d'une masse d'environ 900 000 tonnes). Ceci signifie que le coulomb est une unité qui correspond à une charge électrique importante. On utilisera donc plus couramment des sous multiples tel que le mC (1microcoulomb = 10^{-6} C)

2. Principe de superposition



Fondamental

Lorsqu'un système comporte N charges ponctuelles $\{q_i\}_{i=1,N}$ placées en des points $\{A_i\}_{i=1,N}$, la résultante F_k des forces électrostatiques sur une charge q_k du système est la somme vectorielle des forces individuelles exercées par chaque charge q_i ($i \neq k$) :

$$\vec{F}_k = \sum_{i \neq k}^{i=1, N} \vec{F}_{A_i \rightarrow A_k} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i \neq k}^{i=1, N} \frac{q_k q_i}{(A_i A_k)^3} \overrightarrow{A_i A_k} = \frac{q_k}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i \neq k}^{i=1, N} \frac{q_i}{r_{ik}^2} \vec{u}_{A_i A_k} \text{ avec } r_{ik} = A_i A_k \text{ et } \vec{u}_{A_i A_k} = \frac{\overrightarrow{A_i A_k}}{r_{ik}}$$

On parlera de l'équilibre de la charge électrique q_k sous l'action des autres charges lorsque la résultante des forces est nulle.

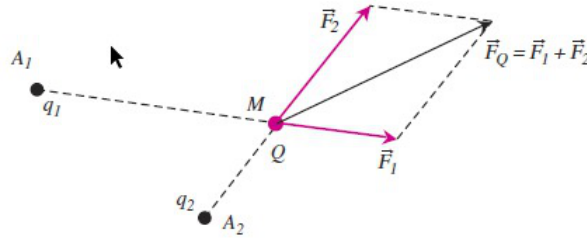


Figure 11 : Action des charges q_1 en A et q_2 en B sur la charge Q en M

Pour une répartition continue de charges la sommation se transforme en une intégration. La figure 12 illustre le principe de calcul dans le cas d'une surface chargée agissant sur une charge ponctuelle Q . On décompose alors cette surface en aires élémentaires dS , chacune étant définie autour d'un point P et portant une charge élémentaire dq .

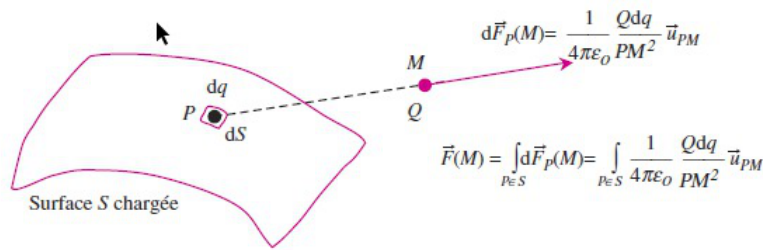


Figure 12 : Détermination de la force exercée par une surface chargée sur une charge Q

La force $dF_P(M)$ exercée par cette charge élémentaire s'exprime simplement en utilisant la loi de Coulomb. Pour obtenir la résultante de toutes les forces il suffit d'additionner vectoriellement toutes les forces élémentaires lorsque le point P parcourt toute la surface S . Cette sommation d'une infinité de termes infiniment petits conduit à une intégration. Dans le cas d'une répartition volumique de charge l'intégration se fera sur tout le volume chargé (intégrale à 3 dimensions). Pour une répartition linéique de charge, l'intégrale se fera sur la longueur L du fil (intégrale à une dimension).

Glossaire



Coulomb

De symbole C, désigne l'unité de charge électrique dans le système international (SI). C'est une unité dérivée dont le nom vient de celui du physicien français (1736 – 1806), est à l'origine de la détermination de la force s'exerçant entre deux charges électriques.

Dopage

Le dopage d'un semi-conducteur tel que le silicium consiste, lors de sa fabrication, à inclure des atomes tels que l'azote ou le bore en très faible quantité. Cette opération permet d'augmenter la densité de porteurs libres.

Ébonite

Résine organique contenant du soufre

Abréviations



GaAs : Symbole chimique de l'Arséniure de Gallium

Ge : Symbole chimique du Germanium

Si : Symbole chimique du Silicium

