Charge et force électrique

1. Phénomènes d'électrisation
2. Matériaux conducteurs et Isolants
3. Force électrique-Loi de Coulomb

Electrostatique

<u>Objet</u> : Discipline de la physique qui analyse les phénomènes électriques crées par des charges électriques localisées (immobiles) dans l'espace.

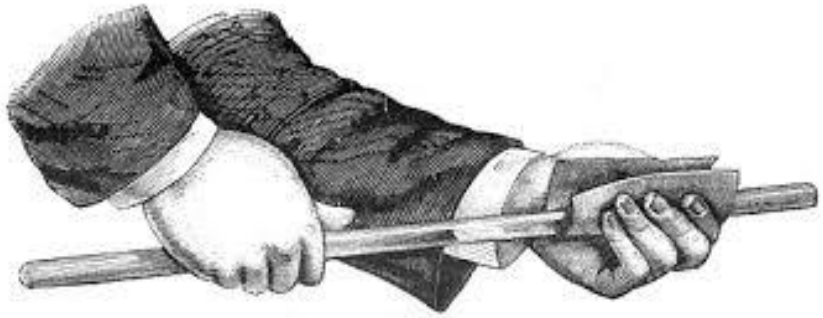
Généralités

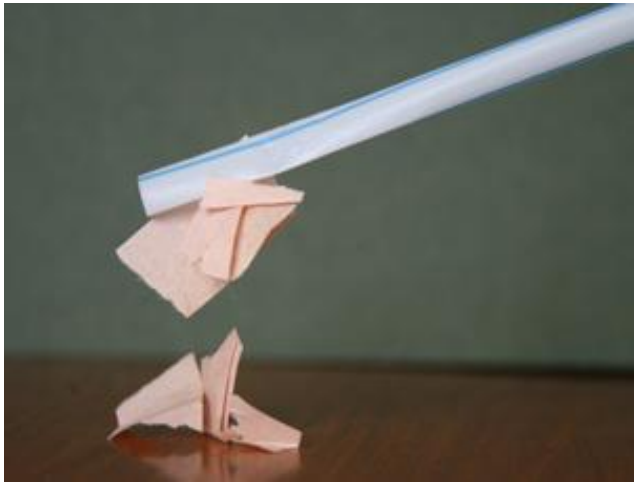
Dès l'antiquité, on connaissait la propriété qu'a l'**ambre** jaune frotté d'attirer les corps légers.

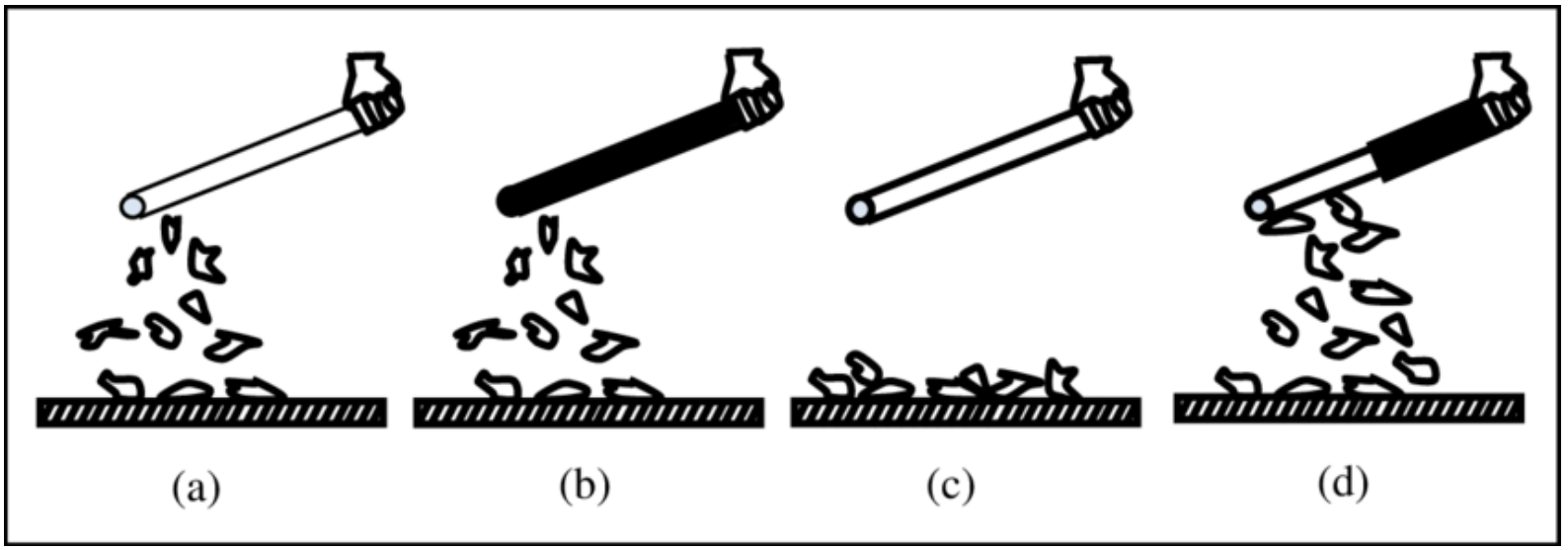
ambre : (en grec) elektron ⟹ électricité (1646)



Phénomènes électrostatiques

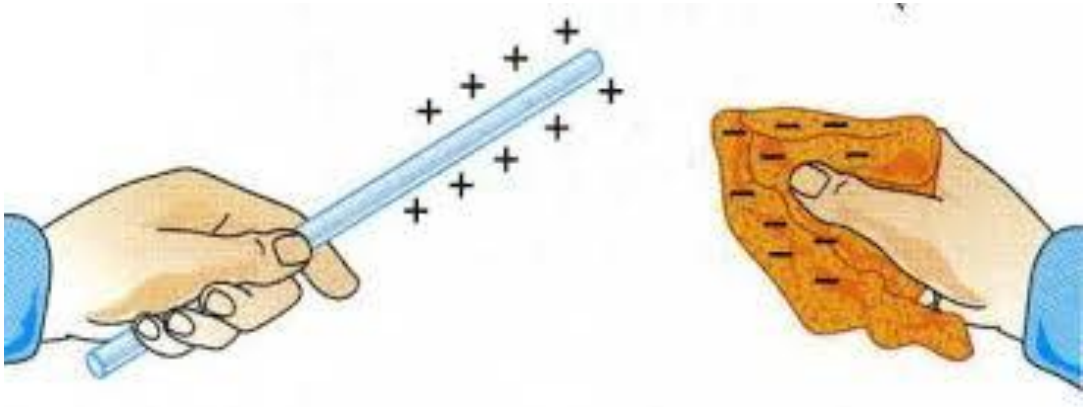






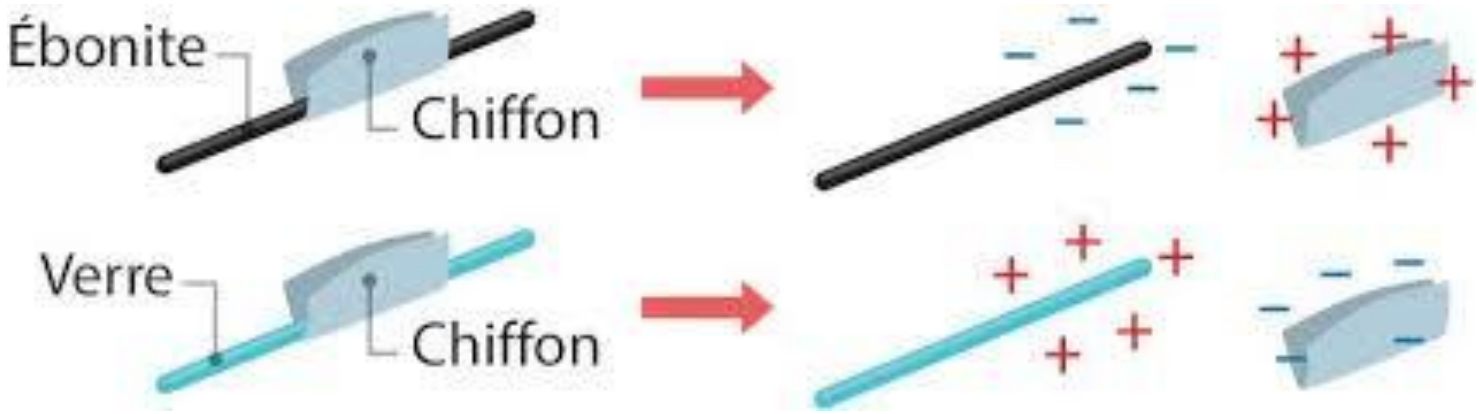
Verre **Ebonite** **Métal** **Métal**

Interprétations



Echelle Macroscopique:
Attraction entre la tige et le tissue

Echelle Microscopique:
Transfère des électrons de la tige vers le chiffon

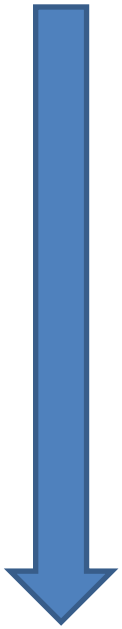


Attention:
Le Transfère des électrons peut se faire dans un sens comme dans l'autre

Liste triboélectrique

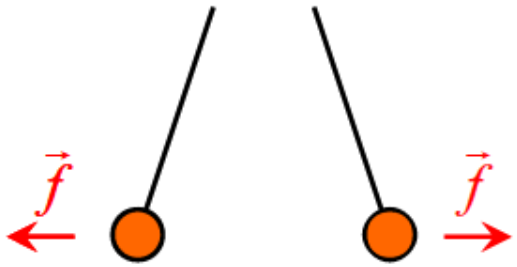


Fourrure de lapin
Verre
Cheveux
Nylon
Laine
Aluminium
Papier
Acier
Ambre
Cuivre
Or
Polystyrène
PVC



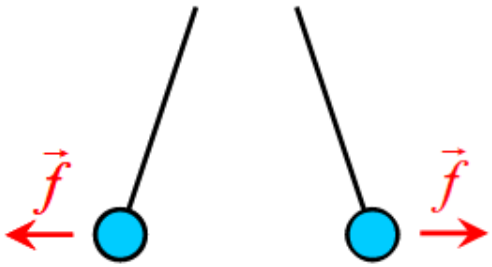
Transfère
Des
électrons

Charles-François Dufay (1733) : deux "sortes" d'électricité



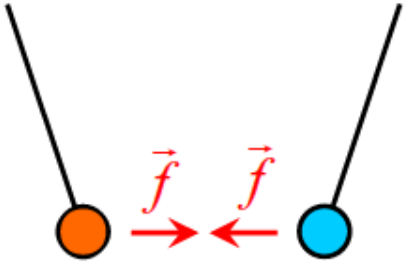
électricité "résineuse"

Répulsion



électricité "vitrée"

Répulsion

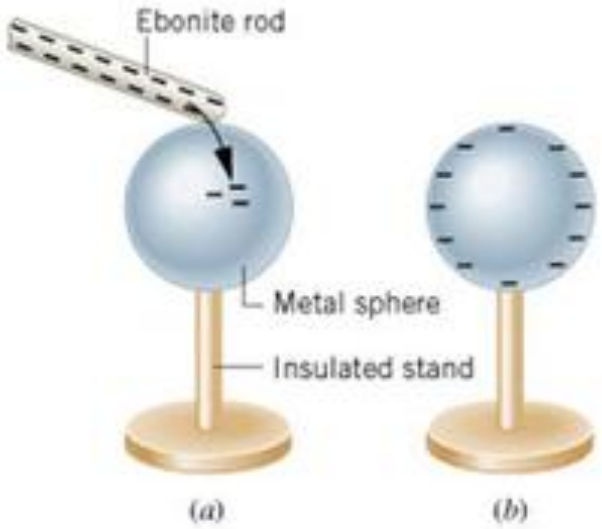


Attraction

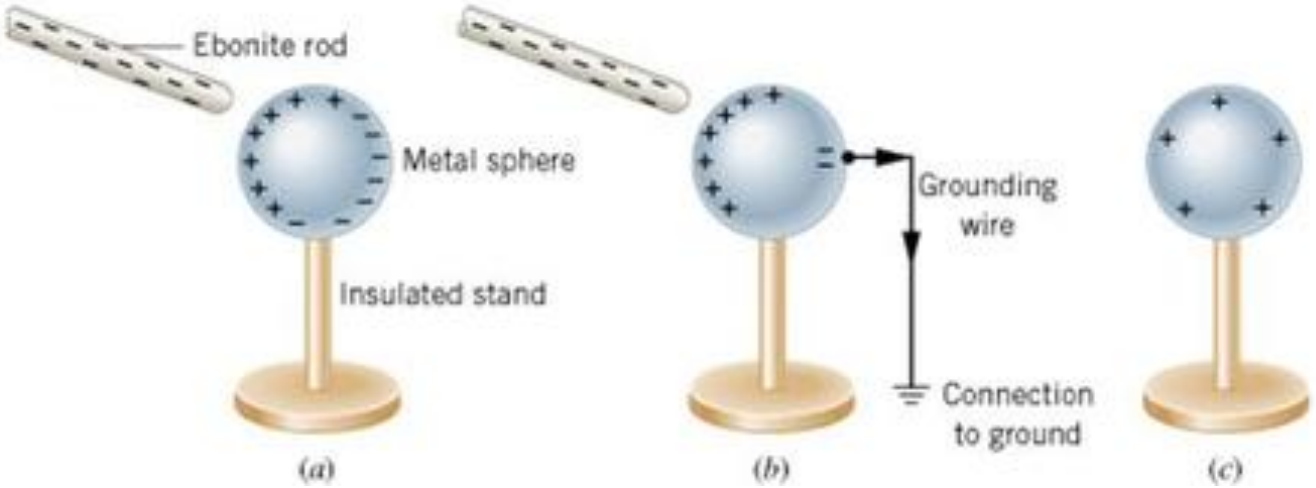
Types d’électrisation

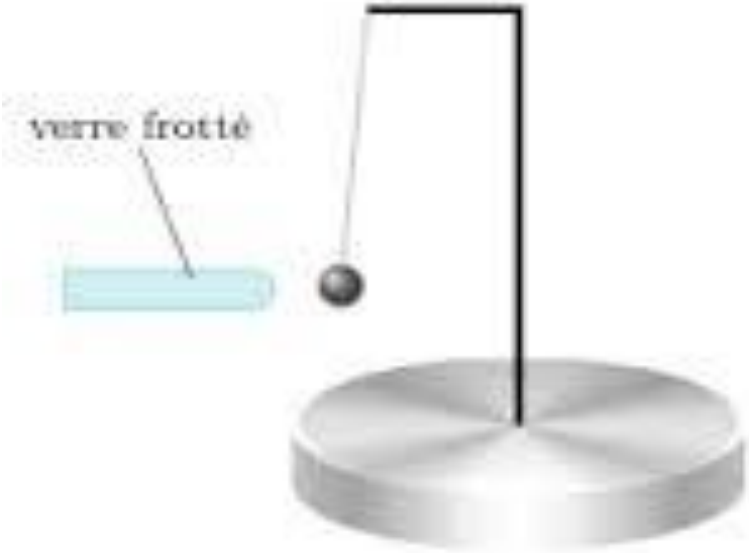
1. Electrisation par frottement
2. Electrisation par contact (conduction)
3. Electrisation par influence (Induction)

Contact:

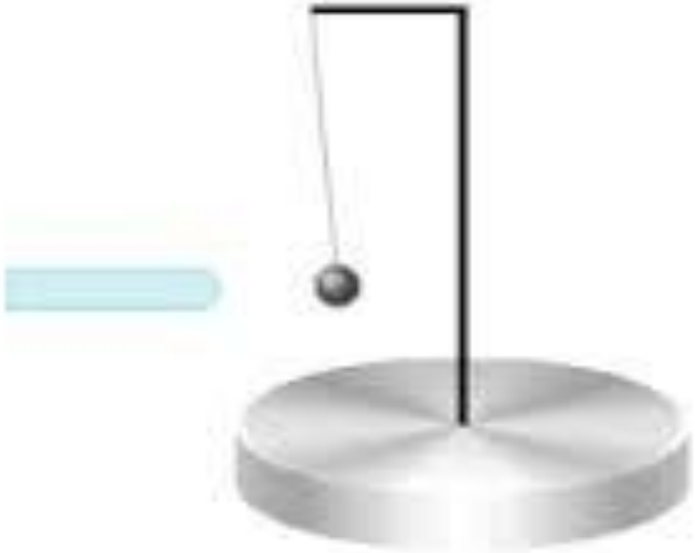


Induction :



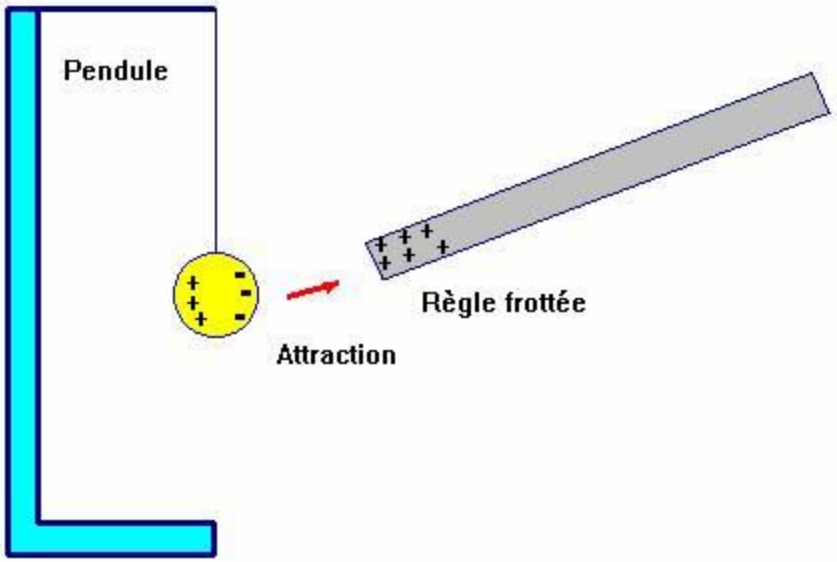


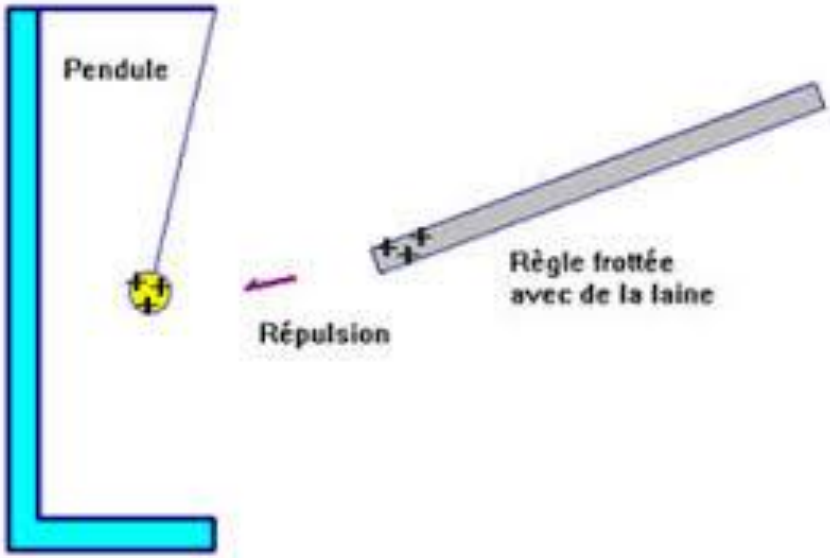
Avant le contact



Après le contact

Electrisation par influence





Matériaux conducteurs, isolants

Les charges électriques peuvent bouger librement dans certains corps appelés **conducteurs**. Les conducteurs sont par exemple les métaux, le corps humain, l'eau du robinet.

D'autres corps ne peuvent pas transporter l'électricité. Ils sont appelés **isolants**.

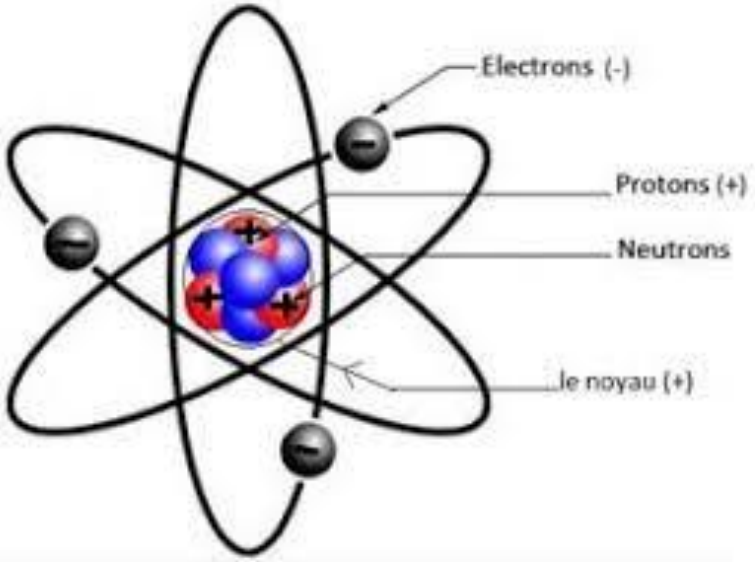
La propriété de conduire l'électricité est mesurée par la résistivité électrique ρ. L'unité de ρ est Ωm. Le tableau 5.1 donne l'ordre de grandeur de la résistivité de quelques corps.

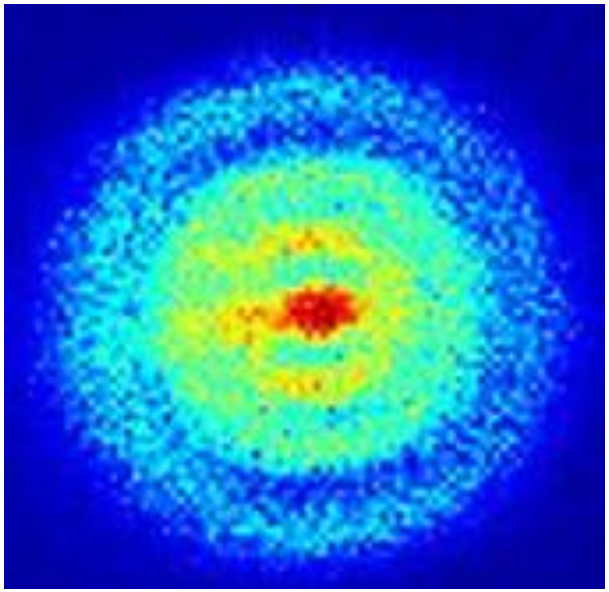
Corps	**Nature**	ρ [Ω·m]
Cuivre	Conducteur	$1.7 \cdot 10^{-8}$
Mercure	Conducteur	$96 \cdot 10^{-8}$
Germanium	Semi-conducteur	0.6
Silicium	Semi-conducteur	$2.3 \cdot 10^{3}$
Verre	Isolant	$10^{11} - 10^{14}$
Mica	Isolant	$14^{13} - 10^{17}$
Supraconducteur (Nb_3Sn)		0

Structure de la matière

Les études de structure de la matière montrent qu'elle est constituée des systèmes élémentaires qu'on les appelle atomes. Un atome est constitué d'un noyau entouré d'un nombre d'électrons et qui « tournent » dans des couches bien déterminées. La figure II-2 montre un schéma explicatif. Ce noyau est aussi constitué par le même nombre que celui des électrons, mais des neutrons chargés positivement. *Seuls les électrons de la couche la plus extérieurs qui participe aux phénomènes d'électrisation* (expliqué ci-dessous).

L'atome, bien évidemment, est un système électriquement neutre. En perdant un électron, il devient un cation qui est ion positif et en capturant un électron, il devient un anion qui est un ion négatif.





Charge et Quantification de la charge

L'expérience montre que la charge électrique apparait toujours sous forme de quantité discrète. Son unité dans le système international et le **Coulomb** (symbole C)

La célèbre expérience de Millikan a montré qu'il existe une charge élémentaire dont la valeur est $1.602176462 \cdot 10^{-19}$ C (avec une précision de $0.039 \cdot 10^{-6}$). C'est la valeur de la charge de l'électron.

Toute charge électrique Q est quantifiée donc multiple entier de la charge de l'électron *e*

$$Q = n\,e$$

Ou n est un entier positif ou négatif

La charge typique d'un objet frotté est de 1 nC (soit un nano coulomb)

Le nombre d'électrons transférer d'un objet à l'autre vaut donc:

$n = Q / e$ *d'où* $n = 6{,}25 .10^{10}$ électrons

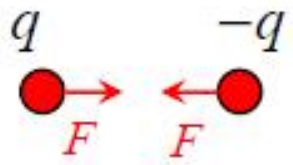
Principe de conservation de la charge

Dans un système isolé, la charge n'est ni créée, ni détruite, elle ne peut qu'être transférée d'un élément du système à un autre. Autrement dit, si une charge apparaît sur un élément du système, une charge de même valeur mais de signe opposée apparaît en même temps sur un autre élément du système

Force électrique – loi de Coulomb

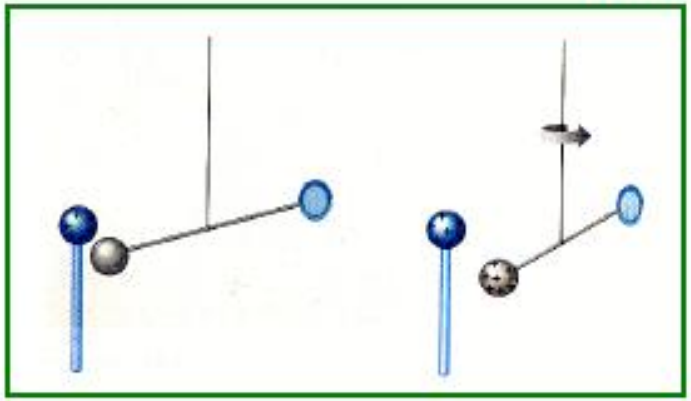
analogie à la force gravitationnelle : $F \propto \frac{1}{r^2}$







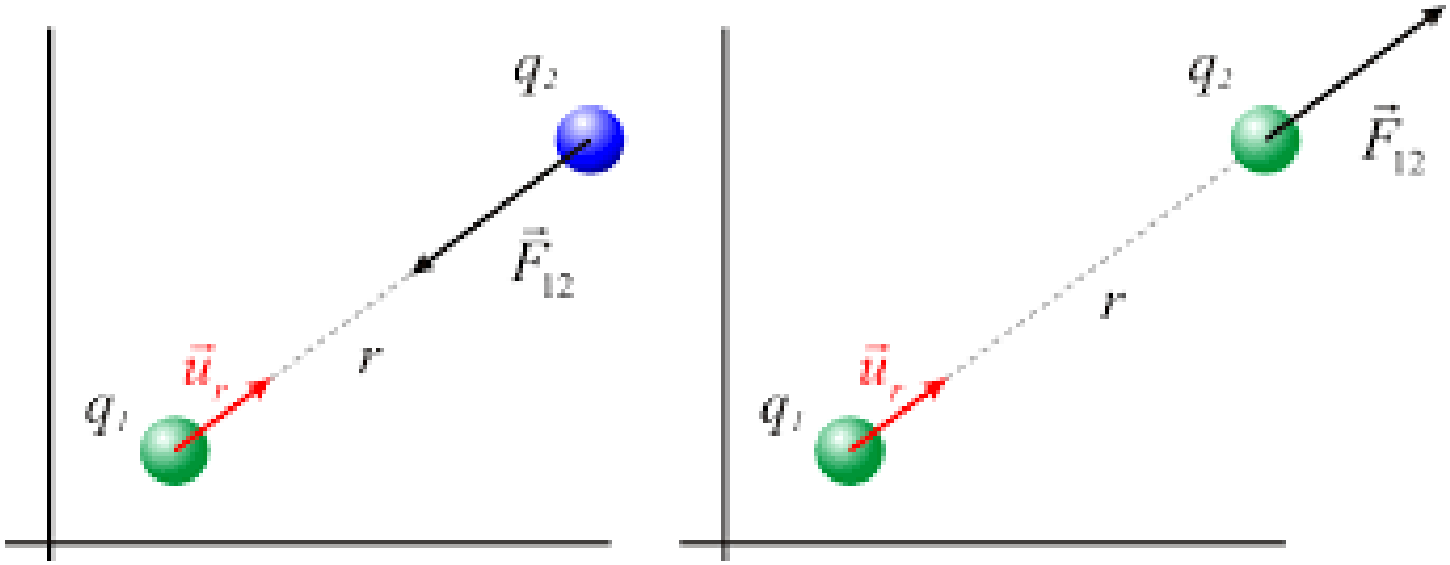
Charles-Augustin Coulomb
1736-1806



$$F \propto \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$F = k_0 \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$k_0 = 8,987\ 10^9\ \frac{\mathrm{Nm}^2}{\mathrm{C}^2}$$



La force F_{12} exercée par q_1 sur la charge q_2 s'écrit :

$$\vec{F}_{12} = \frac{kq_1q_2}{r^2}\vec{u}_{12}$$

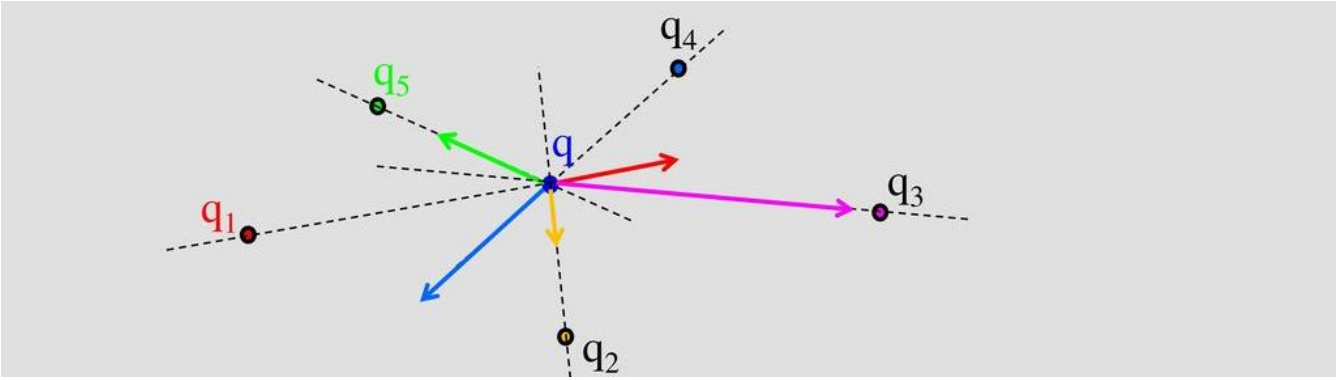
K s'écrit :

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9.10^9 volt.m/C$$

Où ϵ_0 est la permittivité du vide et a pour valeur :

$$\epsilon_0 = 8.854\ 10^{12} Fm^{-1}$$

Principe de superposition



Force électrique crée par un système de charges ponctuelles sur la charge q_0 est la somme vectorielle des forces attribuables à toutes les autres.

$$\vec{F} = \vec{F}_{10} + \vec{F}_{20} + \vec{F}_{30} + \ldots\ldots + \vec{F}_{n0} = \sum_{i=1}^{n} \vec{F}_{i0}$$

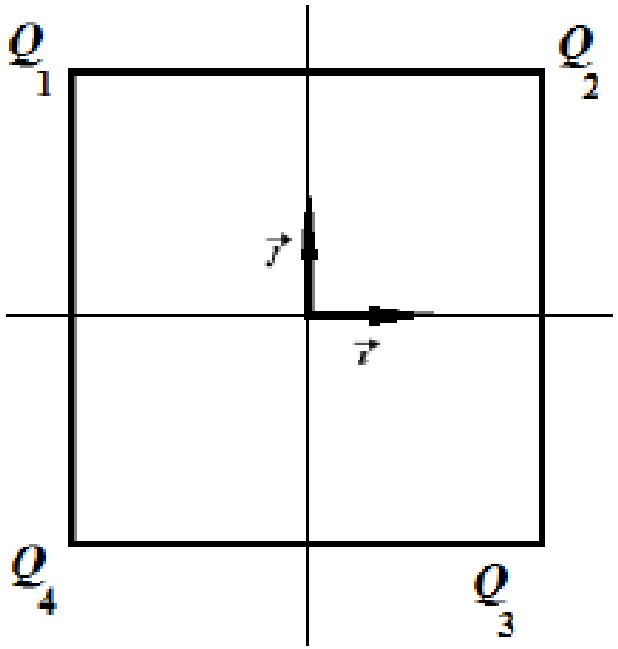
$$\vec{F} = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_0 q_i}{r_i^2} \vec{u}_{i0} \qquad \vec{F}_{i0} \equiv \vec{F}_{i \to 0}$$

Exercice 2

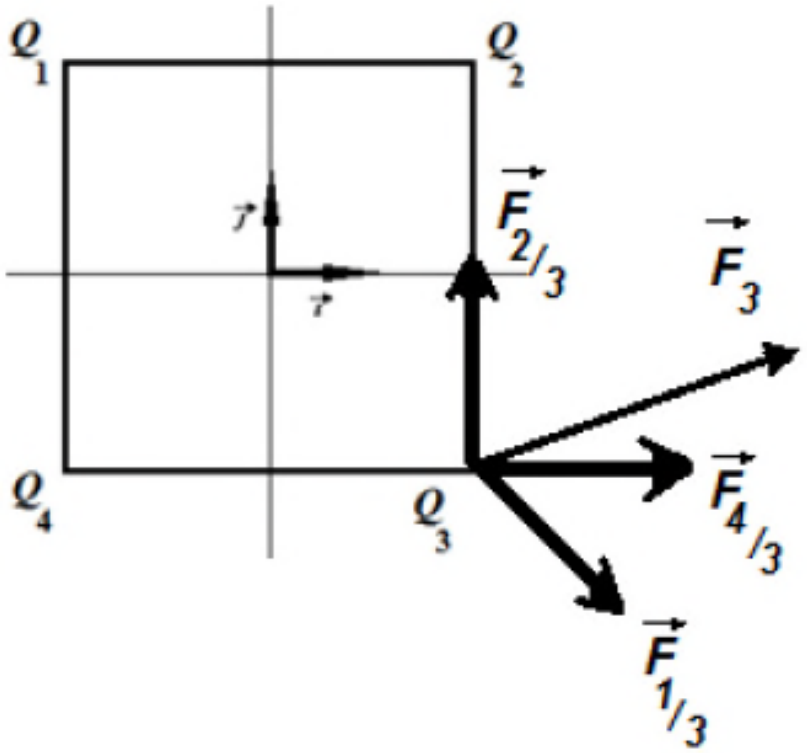
Quatre charges électriques $Q_1 = Q_4 = q$, $Q_2 = -2q$ et $Q_3 = 2q$ (tel que $q > 0$) sont placées aux sommets d'un carré de coté a (voir figure).

1. Représenter et déterminer les forces électriques $\vec{F}_{1/3}$, $\vec{F}_{2/3}$ et $\vec{F}_{4/3}$ appliquées par chacune de ces charges sur la charge Q_3.

2. Déterminer la force totale agissant sur Q_3



Solution



1. $\vec{F}_{1/3} = K\frac{Q_1 Q_3}{(\sqrt{2}a)^2}(\cos\frac{\pi}{4}\vec{\imath} - \sin\frac{\pi}{4}\vec{\jmath})$

$$= K\frac{\sqrt{2}}{2}\frac{q^2}{a^2}(\vec{\imath} - \vec{\jmath})$$

$$\vec{F}_{2/3} = K\frac{4q^2}{a^2}\vec{\jmath} \qquad \vec{F}_{4/3} = K\frac{2q^2}{a^2}\vec{\imath}$$

2. $\vec{F}_3 = \vec{F}_{1/3} + \vec{F}_{2/3} + \vec{F}_{4/3}$

$$\vec{F}_3 = K\frac{q^2}{2a^2}[(\sqrt{2}+4)\vec{\imath} + (8-\sqrt{2})\vec{\jmath}]$$