

# Chapitre1

## Charge et force électrique

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

# Electrostatique

**Objet : Discipline de la physique qui analyse les phénomènes électriques créés par des charges électriques localisées (immobiles) dans l'espace.**

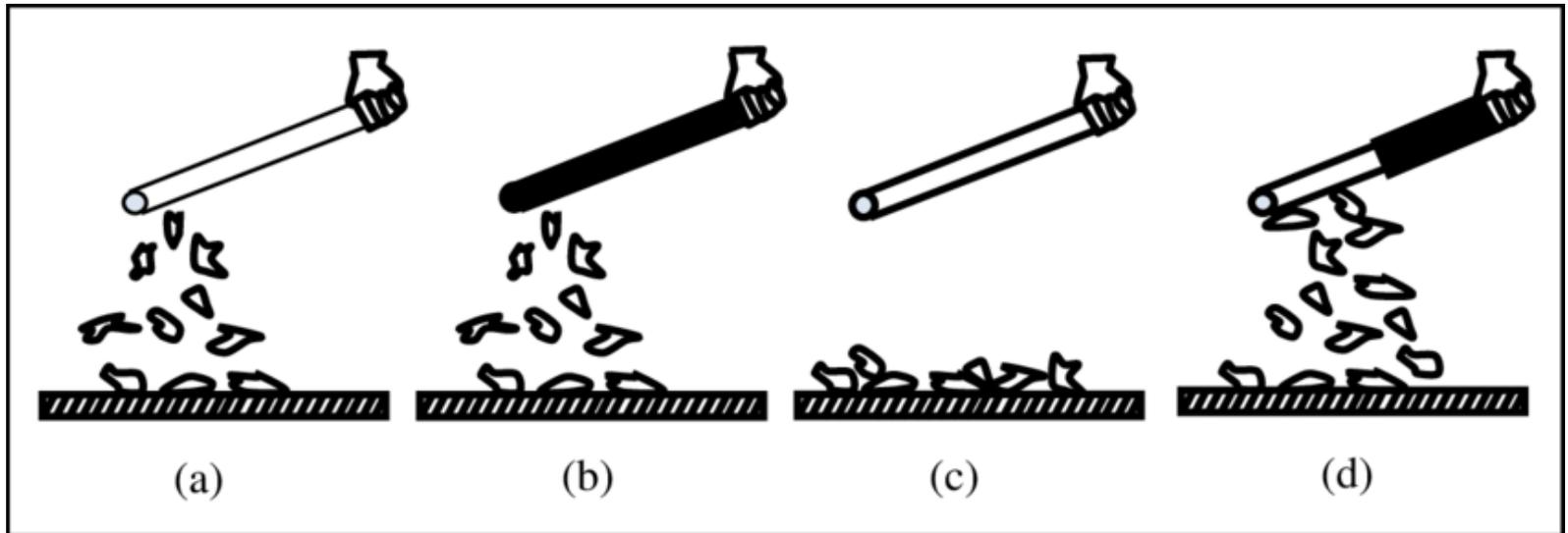
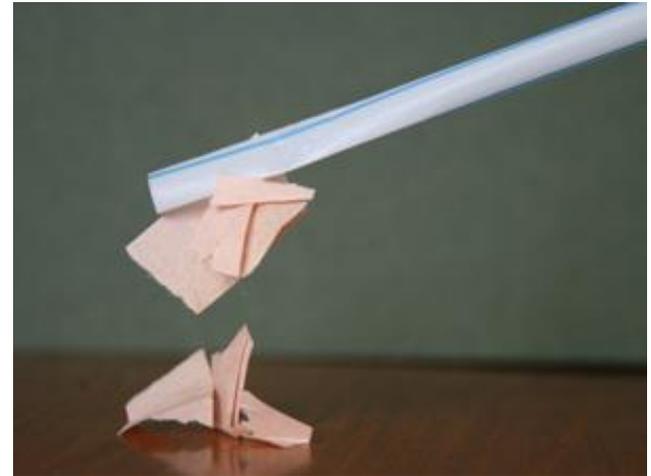
## Généralités

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



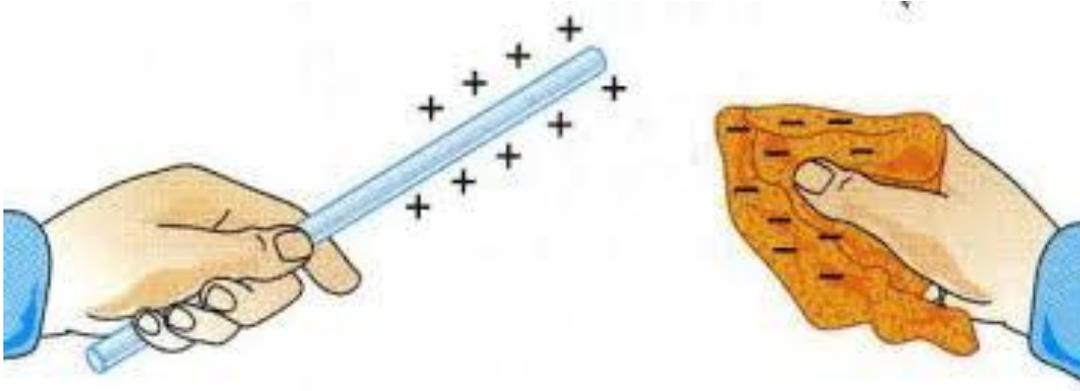
Verre

Ebonite

Métal

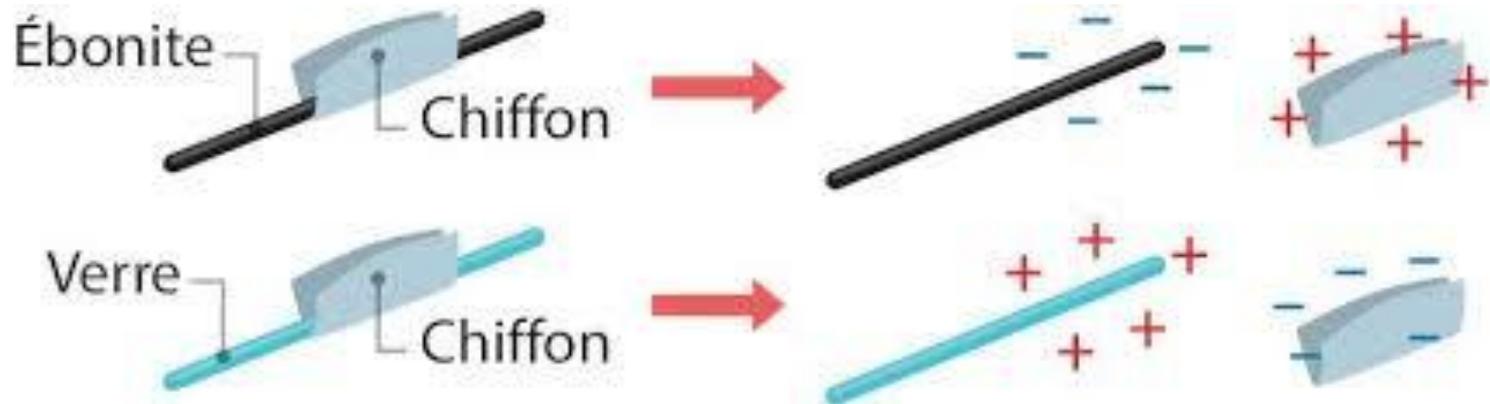
Métal

# Interprétations



Echelle Macroscopique:  
Attraction entre la tige  
et le tissu

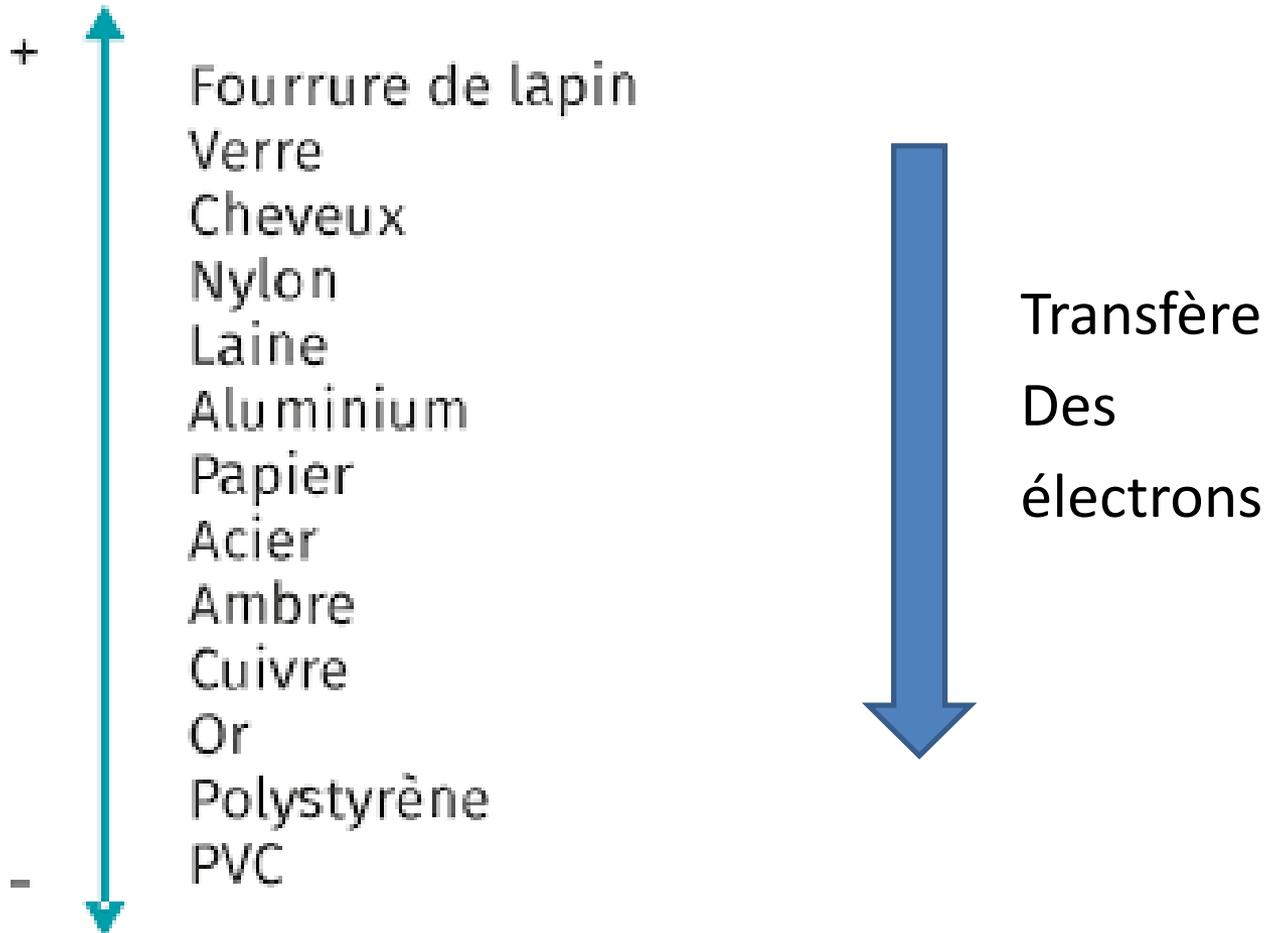
Echelle Microscopique:  
Transfère des électrons de  
la tige vers le chiffon



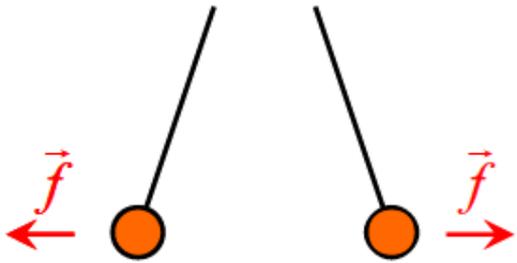
**Attention:**

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

# Liste triboélectrique

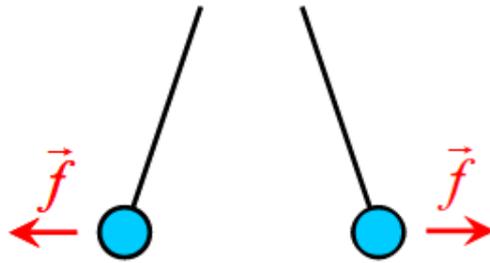


Charles-François Dufay (1733) : deux "sortes" d'électricité



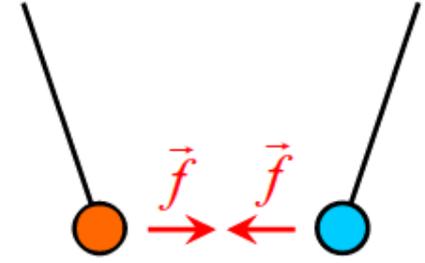
électricité "résineuse"

Répulsion



électricité "vitrée"

Répulsion

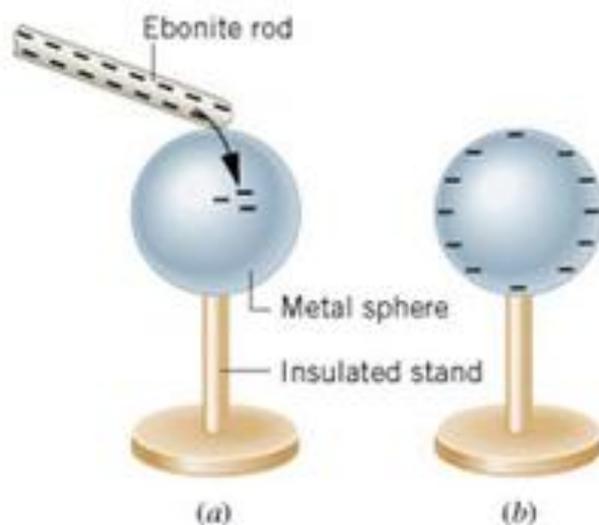


Attraction

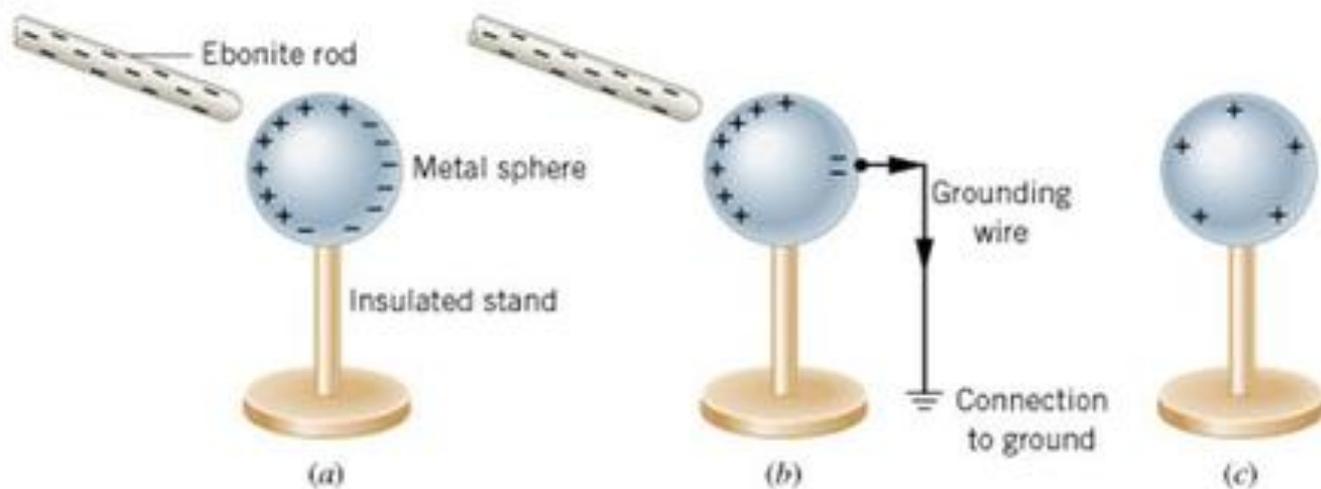
# Types d'électrisation

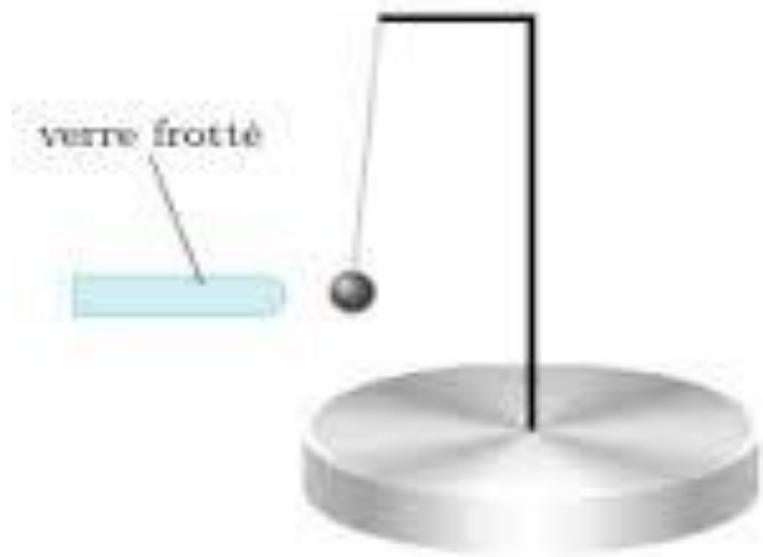
1. Electrification par frottement
2. Electrification par contact (conduction)
3. Electrification par influence (Induction)

# Contact:

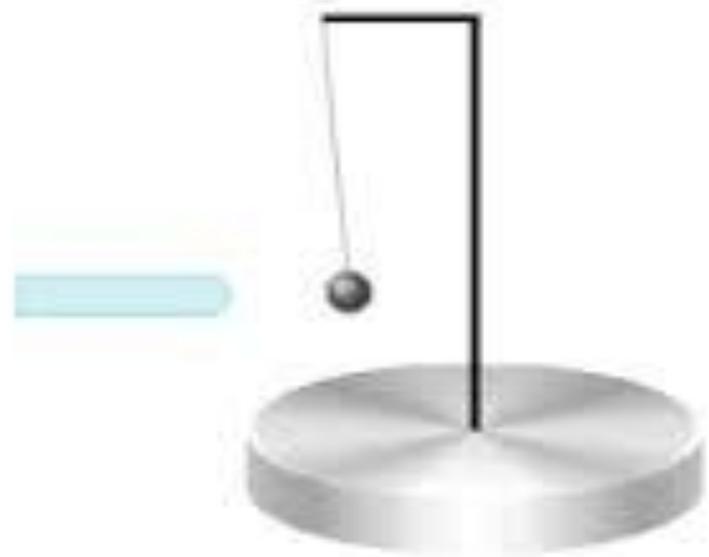


# Induction :



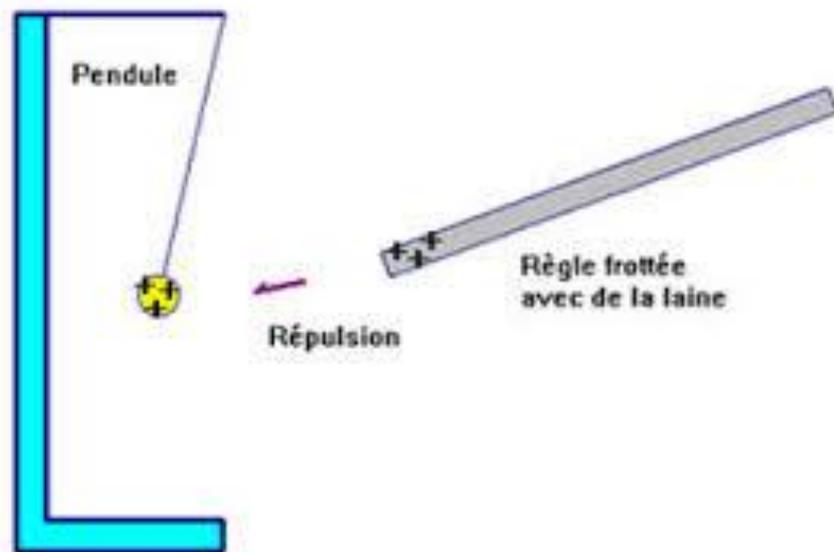
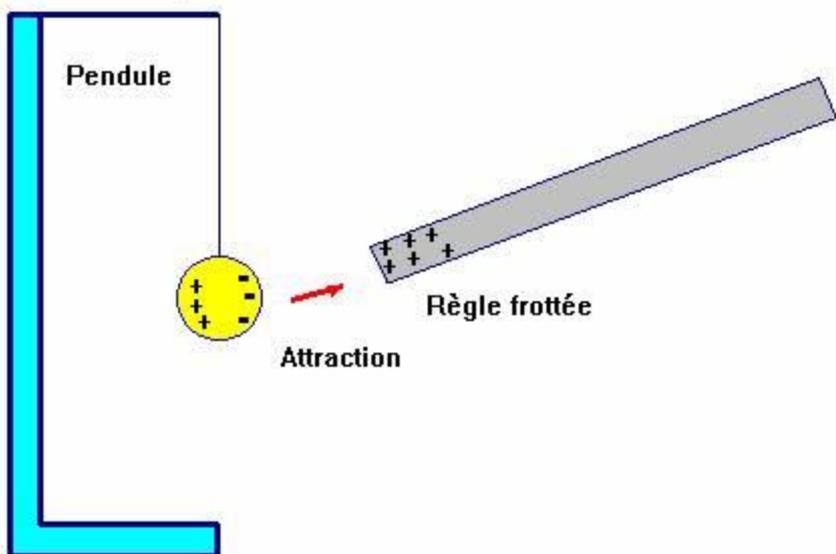


Avant le contact



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**.

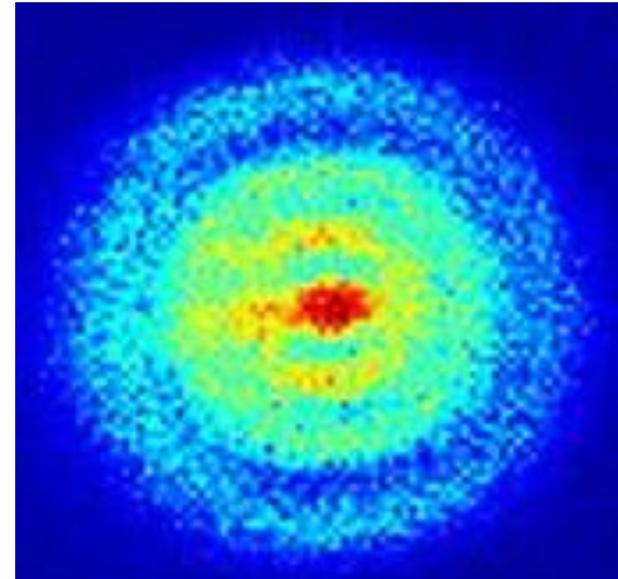
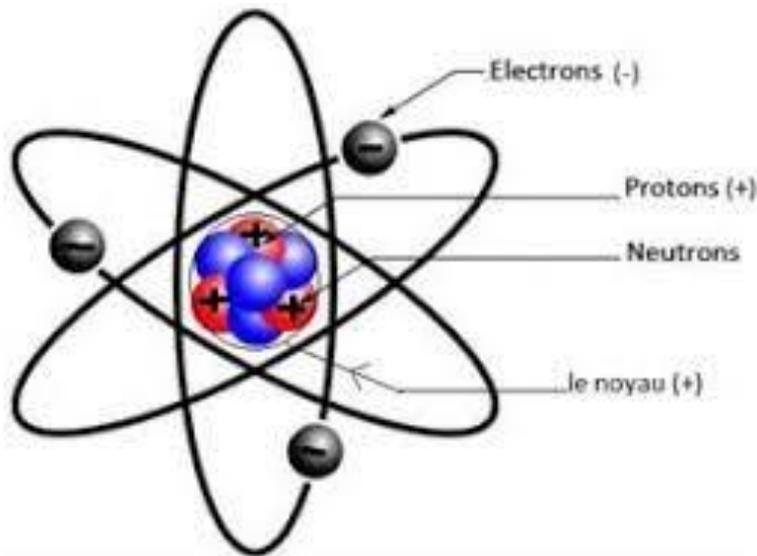
La propriété de conduire l'électricité est mesurée par la résistivité électrique  $\rho$ . L'unité de  $\rho$  est  $\Omega\text{m}$ . Le tableau 5.1 donne l'ordre de grandeur de la résistivité de quelques corps.

Corps	Nature	$\rho$ [ $\Omega\cdot\text{m}$ ]
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 ( $\text{Nb}_3\text{Sn}$ )		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 apparaît toujours sous forme de quantité discrète. Son unité dans le système international est 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

$$Q = n e$$

Où 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 transférés d'un objet à l'autre vaut donc:

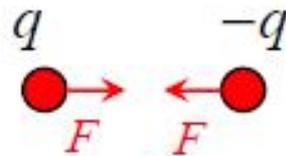
$$n = Q / e \quad \text{d'où} \quad n = 6,25 \cdot 10^{10} \text{ électrons}$$

## 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

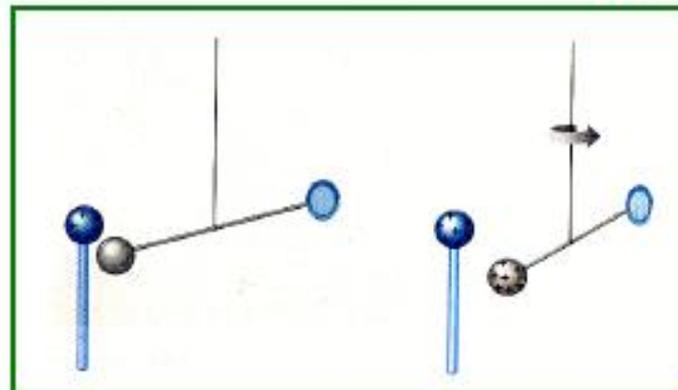
# Force électrique – loi de Coulomb

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



Charles-Augustin Coulomb

1736-1806

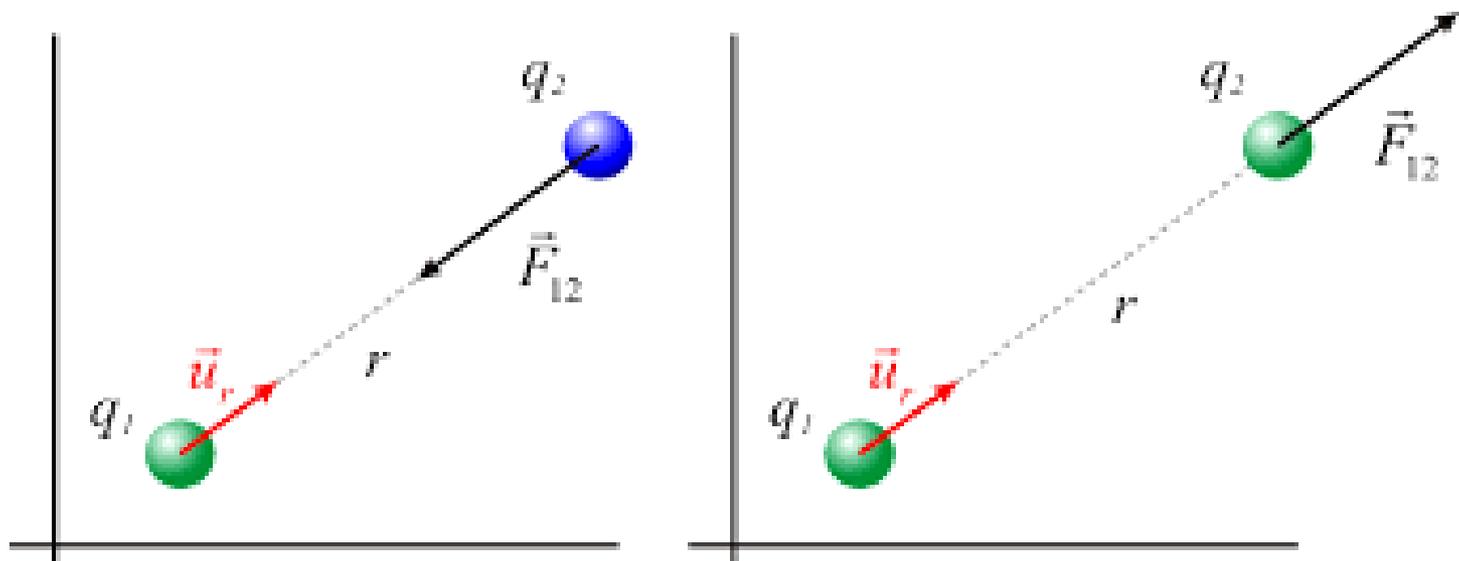


$$F \propto \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

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

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





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

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

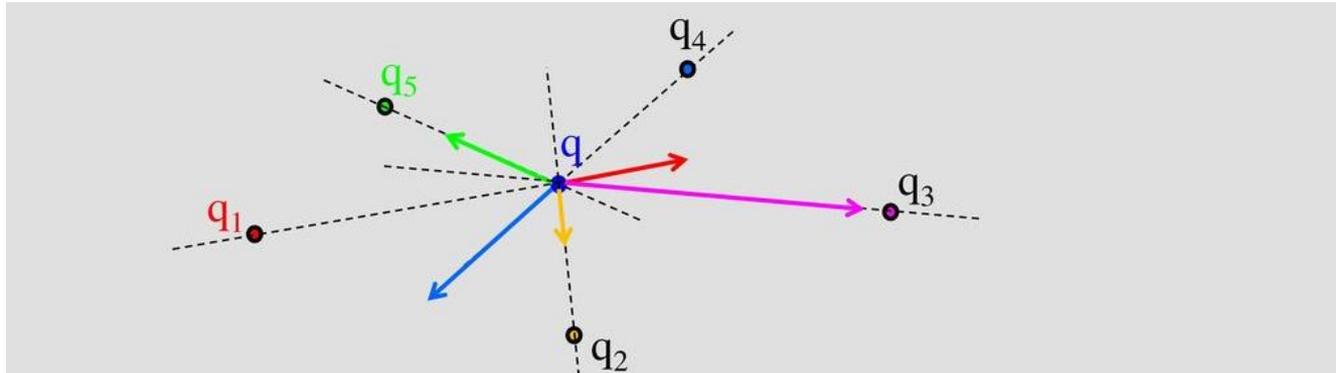
$k$  s'écrit :

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ volt.m/C}$$

Où  $\epsilon_0$  est la permittivité du vide et a pour valeur :

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

# Principe de superposition



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

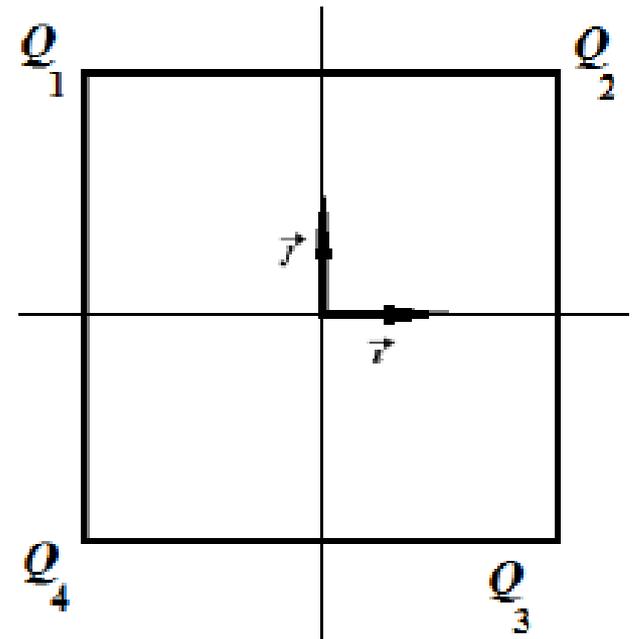
$$\vec{F} = \vec{F}_{10} + \vec{F}_{20} + \vec{F}_{30} + \dots + \vec{F}_{n0} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_{i0}$$

$$\vec{F} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_0 q_i}{r_i^2} \vec{u}_{i0} \quad \vec{F}_{i0} \equiv \vec{F}_{i \rightarrow 0}$$

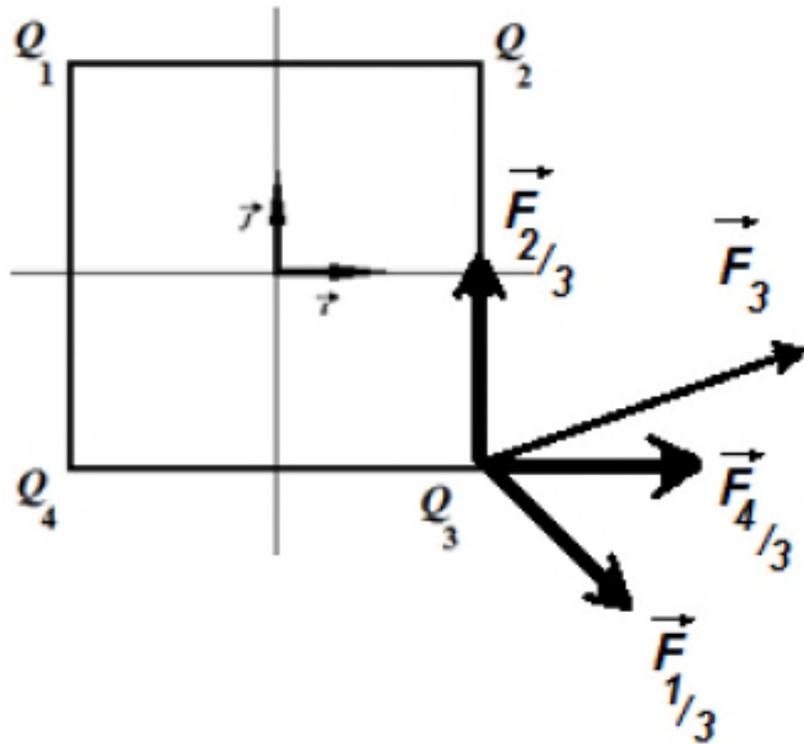
## Exercice 2

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 côté  $a$  (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



- $$\vec{F}_{1/3} = K \frac{Q_1 Q_3}{(\sqrt{2}a)^2} (\cos \frac{\pi}{4} \vec{i} - \sin \frac{\pi}{4} \vec{j})$$
$$= K \frac{\sqrt{2} q^2}{2 a^2} (\vec{i} - \vec{j})$$
$$\vec{F}_{2/3} = K \frac{4q^2}{a^2} \vec{j} \quad \vec{F}_{4/3} = K \frac{2q^2}{a^2} \vec{i}$$
- $$\vec{F}_3 = \vec{F}_{1/3} + \vec{F}_{2/3} + \vec{F}_{4/3}$$
$$\vec{F}_3 = K \frac{q^2}{2a^2} [(\sqrt{2} + 4)\vec{i} + (8 - \sqrt{2})\vec{j}]$$