

I Charge électrique et électrisation

1) La charge électrique

La charge électrique se note « q » et se mesure en coulomb (symbole : C). La plus petite charge positive existante est appelée charge élémentaire. Elle est notée « e » et vaut $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$.

La charge électrique q de tout noyau atomique, ion ou objet chargé est un multiple de la charge élémentaire :

$$q = n \times e \quad \text{avec } n : \text{nombre entier}$$

Particule	Charge
Proton	$q_{\text{proton}} = +e = +1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$
Neutron	$q_{\text{neutron}} = 0\text{C}$
Electron	$q_{\text{électron}} = -e = -1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$

Exemple : le noyau de l'atome de potassium possède 19 protons. Chaque proton a une charge de $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$. La charge totale du **noyau** de l'atome de potassium vaut donc : $q = 19 \times 1,6 \times 10^{-19} = 3,04 \times 10^{-18} \text{ C}$.

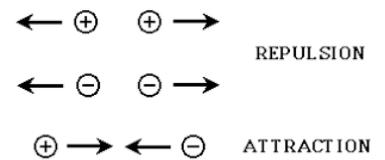
2) Electrisation

Les phénomènes d'électrisation sont fréquents dans la vie de tous les jours. Par exemple, quand on se brosse les cheveux, les cheveux s'électrisent et sont attirés par la brosse. Les cheveux et la brosse sont en interaction électrostatique.

Selon les cas et les matières mises en jeu, on peut observer une attraction ou une répulsion.



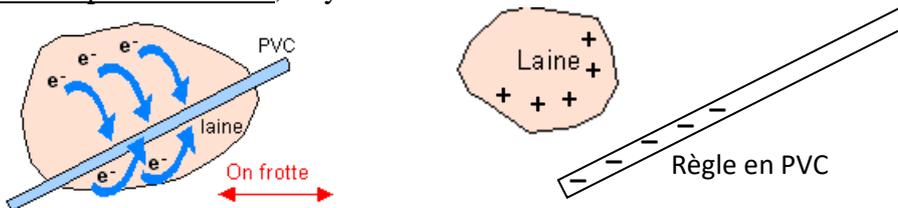
Ces attractions et répulsions s'expliquent par l'existence de charges positives et négatives. En effet, des charges de même signe se repoussent, alors que des charges de signes opposés s'attirent.



Il existe trois manières d'électriser un objet :

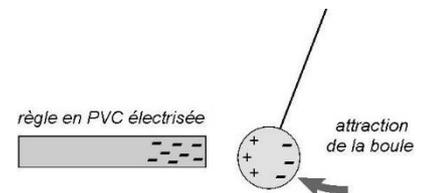
• Electrisation par frottement

Lors d'une électrisation par frottement, il y a transfert d'électrons entre un matériau donneur et un matériau receveur.



• Electrisation par influence

Lors d'une électrisation par influence, la répartition des charges d'un matériau conducteur est modifiée à l'approche d'un objet chargé.



• Electrisation par contact

Lors d'une électrisation par contact, un objet chargé mis en contact avec un autre objet, lui transfère directement une partie de ses électrons (sans frottement).

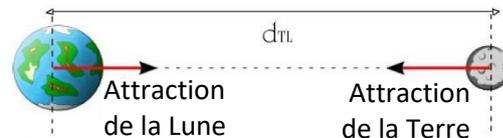


II Force électrostatique et force gravitationnelle

1) Interaction et force (Rappel de Seconde)

Si deux objets A et B agissent de manière réciproque l'un sur l'autre (A exerce une action sur B et B exerce une action sur A), on dit qu'ils sont en **interaction**.

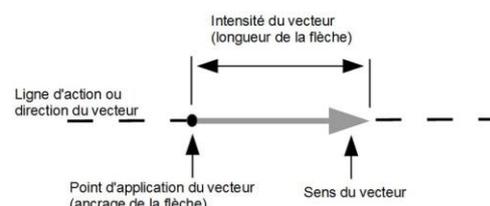
Exemple : La Terre attire la Lune mais la Lune attire également la Terre. Elles sont en interaction gravitationnelle.



Chaque action est modélisée par une force qui est elle-même représentée par un vecteur.

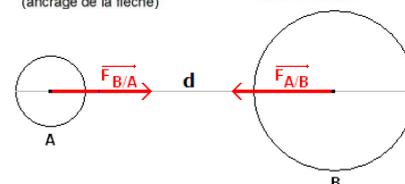
Un vecteur possède quatre caractéristiques :

- un point d'application,
- une direction (ou droite d'action),
- un sens,
- une intensité, appelée aussi norme (longueur de la flèche).



La force exercée par A sur B s'applique sur le corps B et se note $\vec{F}_{A/B}$.

La force exercée par B sur A s'applique sur le corps A et se note $\vec{F}_{B/A}$.

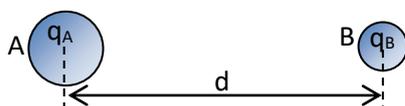


2) La force électrostatique : la loi de Coulomb

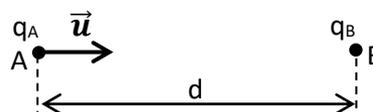
Tous les corps possédant une charge électrique s'attirent ou se repoussent, de manière réciproque. La force modélisant ces actions est appelée **force électrostatique**. Son expression a été établie en 1785 par le physicien français Charles-Augustin Coulomb. Cette force est également appelée « **loi de Coulomb** ».

Soient deux corps A et B portant les charges électriques respectives q_A et q_B , séparés par la distance d . On les modélise par des points.

On note \vec{u} le vecteur unitaire dirigé de A vers B (sa « longueur » vaut 1 cm ou 1 carreau).



modélisé par :



La force électrostatique exercée par A sur B est donnée par :
$$\vec{F}_{A/B} = k \cdot \frac{q_A \cdot q_B}{d^2} \vec{u}$$

Caractéristiques de cette force électrostatique :

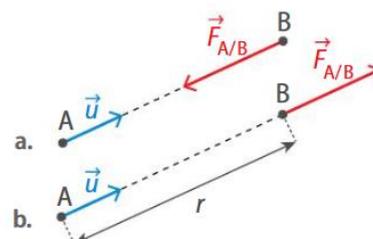
- **Point d'application** : la force $\vec{F}_{A/B}$ s'applique en B (en son centre).
- **Direction** : la force $\vec{F}_{A/B}$ est placée sur la droite passant par A et B.
- **Sens** :

Si q_A et q_B sont de signes opposés, ils s'attirent. La force $\vec{F}_{A/B}$ est donc dirigée vers A, dans le sens opposé au vecteur unitaire \vec{u} .

En effet, si q_A et q_B sont de signes opposés, alors le produit « $q_A \times q_B$ » est négatif.

Si q_A et q_B sont de même signe, ils se repoussent. La force $\vec{F}_{A/B}$ est donc dirigée vers « l'extérieur », dans le même sens que le vecteur unitaire \vec{u} .

En effet, si q_A et q_B sont de même signe, alors le produit « $q_A \times q_B$ » est positif.



Doc. 4 Force électrostatique exercée par des charges de signes opposés (a) et par des charges de même signe (b).

- **Intensité (ou norme) de la force électrostatique :**

L'intensité de la force électrostatique, notée F_e , est proportionnelle aux charges électriques et à l'inverse du carré de la distance séparant les deux corps :

$$F_e = k \cdot \frac{|q_A \cdot q_B|}{d^2}$$

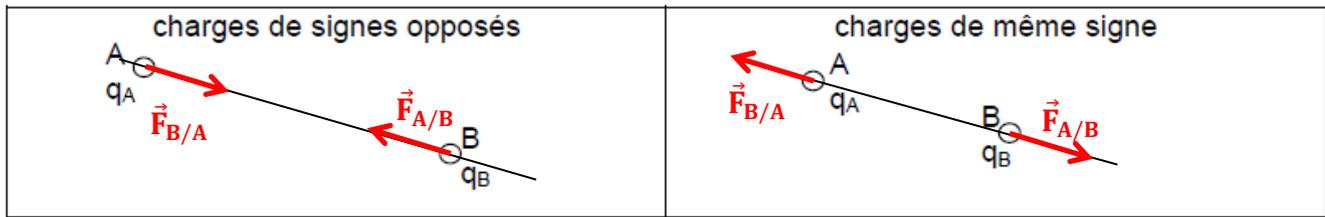
F_e : force électrostatique en newton (N)
 q_A et q_B : charges électriques en coulomb (C)
 d : distance en mètre (m)

k : **constante de Coulomb**

Dans le vide ou dans l'air : $k = 8,99 \times 10^9 \text{ N.m}^2.\text{C}^{-2}$

Remarque : A et B sont en interaction. B exerce donc une force sur A. D'après la 3^{ème} loi de Newton, cette force a la même intensité (même longueur de vecteur), mais elle est opposée à celle que A exerce sur B.

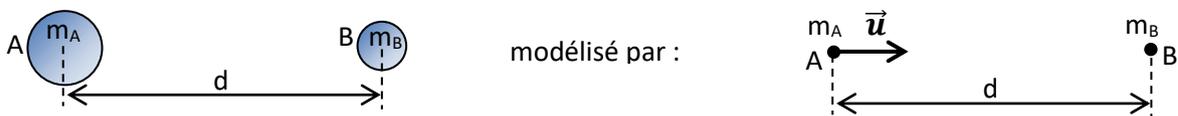
$$\vec{F}_{B/A} = - \vec{F}_{A/B}$$



3) La force gravitationnelle

Tous les corps possédant une masse s'attirent de manière réciproque. C'est la gravitation. On parle d'interaction gravitationnelle. La force modélisant cette action est appelée **force gravitationnelle**. Son expression a été établie en 1687 par le physicien anglais Isaac Newton.

Soient deux corps A et B ayant des masses respectives m_A et m_B , séparés par la distance d . On note \vec{u} le vecteur unitaire dirigé de A vers B.



La force gravitationnelle exercée par A sur B est donnée par :

$$\vec{F}_{A/B} = - G \cdot \frac{m_A \cdot m_B}{d^2} \vec{u}$$

Caractéristiques de cette force gravitationnelle :

- **Point d'application** : la force $\vec{F}_{A/B}$ s'applique au centre de gravité de B.
- **Direction** : la force $\vec{F}_{A/B}$ est placée sur la droite passant par A et B.
- **Sens** :

La force gravitationnelle est attractive. La force $\vec{F}_{A/B}$ est donc **toujours** dirigée vers A, dans le sens opposé au vecteur unitaire \vec{u} . Cela explique le signe « - » présent dans la formule.

- **Intensité (ou norme) de la force gravitationnelle :**

L'intensité de la force gravitationnelle, notée F_g , est proportionnelle aux masses et à l'inverse du carré de la distance séparant les deux corps :

$$F_g = G \cdot \frac{m_A \cdot m_B}{d^2}$$

F_g : force gravitationnelle en newton (N)
 m_A et m_B : masses en kilogramme (kg)
 d : distance en mètre (m)

G : **constante de gravitation universelle** $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2}$

III Champ gravitationnel et champ électrostatique

1) Qu'est-ce qu'un champ ?

Un **champ** associe à chaque point de l'espace une grandeur physique.

Il existe deux types de champs :

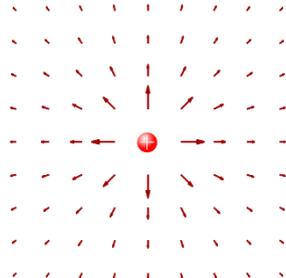
- les **champs scalaires**, dont la grandeur physique est scalaire (un nombre). On peut les représenter par un dégradé de couleur avec une légende.
Exemples : champ de pression, champ de température.
- les **champs vectoriels**, dont la grandeur physique est vectorielle (un vecteur)
Exemples : champ de vitesse du vent, champ gravitationnel, champ électrostatique.



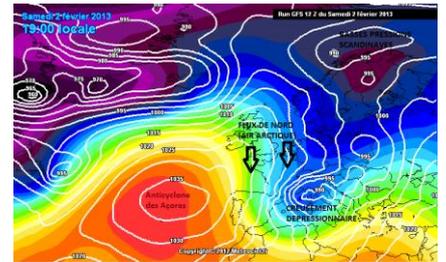
Champ de vitesse du vent
Champ vectoriel



Champ de température
Champ scalaire



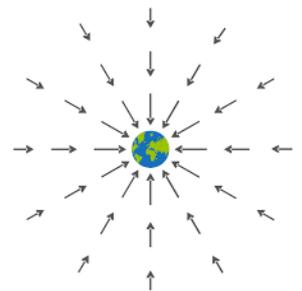
Champ électrostatique
Champ vectoriel



Champ de pression
Champ scalaire

2) Champ gravitationnel

Un corps ayant une masse attire les objets autour de lui. Il engendre autour de lui un champ vectoriel appelé **champ gravitationnel**, représenté par des vecteurs notés \vec{g} .
Un autre objet, de masse m , passant à proximité de ce corps sera attiré par lui car il subira une force gravitationnelle due à ce champ.



Force gravitationnelle exercée sur le corps de masse m , placé au point B, dans le champ gravitationnel \vec{g} :

$$\vec{F} = m \vec{g}$$

\vec{F} : force gravitationnelle en newton (N)

m : masse en kilogramme (kg)

\vec{g} : champ gravitationnel en newton par kilogramme ($N \cdot kg^{-1}$)

Si l'objet qui crée le champ est placé au point A et a une masse notée m_A , alors la force gravitationnelle a pour expression :

$$\vec{F} = -G \cdot \frac{m_A \cdot m}{d^2} \vec{u} = -G \cdot \frac{m_A}{d^2} m \vec{u} = m \vec{g} \quad \text{avec } d : \text{distance entre les deux corps (} d = AB \text{)}$$

On en déduit l'expression du champ gravitationnel \vec{g} créée en B par le corps de masse m_A :

$$\vec{g} = -G \cdot \frac{m_A}{d^2} \vec{u}$$

L'intensité de ce champ créée par un corps au point B ne dépend que de la masse du corps et de la distance :

$$g = G \cdot \frac{m_A}{d^2}$$

\vec{g} : champ gravitationnel en newton par kilogramme ($N \cdot kg^{-1}$)

G : **constante de gravitation universelle** $G = 6,67 \times 10^{-11} N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}$

m : masse en kilogramme (kg)

d : distance en mètre (m)

3) Champ électrostatique

Un corps ayant une charge électrique attire ou repousse les objets portant une charge électrique. Il engendre autour de lui un champ vectoriel appelé **champ électrostatique**, représenté par des vecteurs notés \vec{E} .

Un autre objet, de charge électrique q , passant à proximité de ce corps subira une force électrostatique due à ce champ.

Force électrostatique exercée sur le corps de charge q , placé au point B, dans le champ électrostatique \vec{E} :

$$\vec{F} = q \vec{E}$$

F : force gravitationnelle en newton (N)

q : charge en coulomb (C)

E : champ électrostatique en newton par coulomb (N.C⁻¹)

Si l'objet qui crée le champ est placé au point A et a une charge notée q_A , alors la force électrostatique a pour expression :

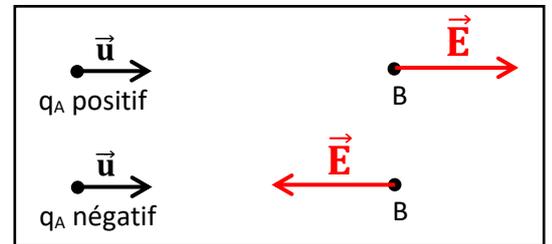
$$\vec{F} = k \cdot \frac{q_A \cdot q}{d^2} \vec{u} = k \cdot \frac{q_A}{d^2} \cdot q \vec{u} = q \vec{E}$$

avec d : distance entre les deux corps ($d = AB$)

On en déduit l'expression du champ électrostatique \vec{E} créé en B par le corps de charge q_A :

$$\vec{E} = k \cdot \frac{q_A}{d^2} \vec{u}$$

- Si q_A est positif, alors le champ \vec{E} est dans le même sens que \vec{u} . Le champ \vec{E} « fuit » les charges positives.
- Si q_A est négative, alors le champ \vec{E} va vers la charge q_A , dans le sens opposé à \vec{u} . Le champ \vec{E} « pointe vers » les charges négatives.



L'intensité de ce champ crée par un corps au point B ne dépend que de la charge du corps et de la distance :

$$E = k \cdot \frac{|q_A|}{d^2}$$

E : champ électrostatique en newton par coulomb (N.C⁻¹)

k : **constante de Coulomb** $k = 8,99 \times 10^9 \text{ N.m}^2.\text{C}^{-2}$

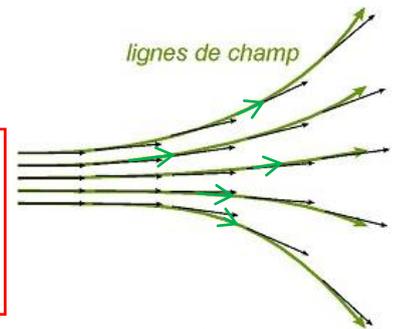
q : charge en coulomb (C)

d : distance en mètre (m)

4) Lignes de champ

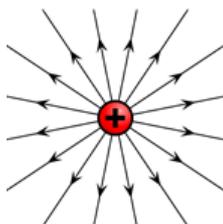
Afin de mieux visualiser un champ vectoriel, on trace les lignes de champ.

Les lignes de champ sont des courbes qui suivent les vecteurs en respectant leur direction : elles sont tangentes en tout point au vecteur du champ. On ajoute une flèche sur la courbe pour indiquer le sens du champ vectoriel.

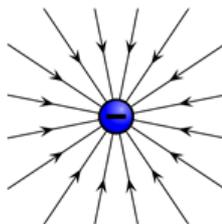


• Lignes de champ électrostatique

créées par un objet ayant une charge $q > 0$

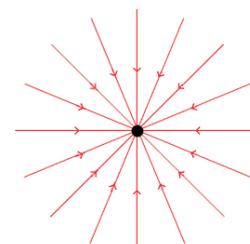


créées par un objet ayant une charge $q < 0$



• Lignes de champ gravitationnel

créées par un objet ayant une masse m



Plus les lignes de champ sont proches les unes des autres, plus le champ est intense dans la zone considérée.