



La matière qui nous entoure est principalement constituée de vide. Comment se fait-il que nous ne puissions pas la traverser ?

A. Charge électrique

1. Charge électrique

À l'état microscopique, la matière est composée de **protons chargés $+e$** et d'**électrons chargés $-e$** , avec la valeur de la charge élémentaire :

Charge élémentaire

$$e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C (Coulombs).}$$

Selon le type de matériau, la répartition et la disponibilité des charges électriques peut être différente et conduit aux propriétés électriques de la matière.

Toute charge électrique q est un multiple de la charge élémentaire e .

- Deux charges de **même signe** exercent l'une sur l'autre une force de **répulsion**
- Deux charges de **signes opposés** exercent l'une sur l'autre une force d'**attraction**

La cohésion des solides ioniques est assurée par les charges des particules qui la constituent.

2. Électrisation

a. Électrisation par frottement

Lorsque certains matériaux sont frottés l'un contre l'autre, il peut se produire une électrisation : l'un se charge négativement, l'autre positivement.

b. Électrisation par contact

Un objet chargé électriquement, mis en contact avec un objet neutre, lui transfère une partie de sa charge. Si le matériau est :

- conducteur, la charge se répartit uniformément dans le matériau
- isolant, la charge électrique reste au niveau du point de contact

c. Électrisation par influence

Lorsqu'on approche un objet chargé :

- d'un matériau conducteur : la répartition des charges est modifiée dans le conducteur.
- d'une substance dipolaire : les dipôles s'orientent dans le sens du champ électrostatique (voir plus bas) créé par l'objet.

1. Interaction et force

Soit deux objets A et B agissant de manière réciproque l'un sur l'autre. A agit sur B et B agit sur A : on dit que ces objets sont en **interaction**. Une interaction est modélisée par un vecteur force possédant 4 caractéristiques :

- Direction (horizontal, vertical...)
- Sens (vers la gauche, vers le haut...)
- Intensité (ou norme, en newtons pour une force)
- Point d'application (souvent le centre de gravité de l'objet)

2. Force gravitationnelle

Les corps possédant une masse s'attirent les uns les autres. Ce phénomène est appelé **gravitation**. Ces actions sont réciproques, on parle d'**interaction gravitationnelle**.

La force d'interaction gravitationnelle modélisant cette interaction est décrite par la relation :

Force gravitationnelle

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

$\vec{F}_{A/B}$: force exercée par le corps A sur le corps B en newtons (N)

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

m_A et m_B : masses des corps A et B en kilogramme (kg)

r_{AB} : distance entre les corps A et B en mètre (m)

$\vec{u}_{AB}$: vecteur unitaire porté par la droite (AB), orienté de A vers B

Remarque : L'intensité de la force gravitationnelle est égale à la valeur absolue de $\vec{F}_{A/B}$. Le corps A attire autant le corps B que le corps B n'attire le corps A, indépendamment de leurs masses respectives. Notre corps attire autant la Terre que nous attirons la Terre.

3. Loi de Coulomb et force électrostatique

L'attraction ou la répulsion entre deux objets chargés dépend de la distance entre les deux objets, ainsi que de la charge portée par ces objets. La valeur de la force électrostatique qui modélise ces actions est donnée par la loi de Coulomb :

Loi de Coulomb

$$F_e = k_e \cdot \frac{|q_A \cdot q_B|}{d_{AB}^2}$$

F_e : force électrostatique en newtons (N)

k_e : constante de Coulomb, avec $k_e = 9,0 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$

q_A et q_B : charges électriques en Coulombs (C)

d_{AB} : distance entre les charges A et B en mètres (m)

Les corps possédant une charge électrique s'attirent ou se repoussent de manière réciproque. La force modélisant ces actions est la **force d'interaction électrostatique**, découlant directement de la loi de Coulomb :

Force d'interaction électrostatique

$$\vec{F}_e(A/B) = k_e \frac{q_A \cdot q_B}{d_{AB}^2} \vec{e}_r$$

$\vec{F}_e(A/B)$: force électrostatique exercée par A sur B en newtons (N)

k_e : constante de Coulomb, avec $k_e = 9,0 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$

q_A et q_B : charges électriques en Coulombs (C)

d_{AB} : distance entre les charges A et B en mètres (m)

$\vec{e}_r$: vecteur unitaire porté par la droite (AB)

Remarque : Attention au signe des charges, influant sur le type d'interaction (attractive ou répulsive).

C. Champ gravitationnel et champ électrostatique

1. Les champs

Un **champ** correspond à la cartographie dans l'espace d'une grandeur physique.

Il existe deux types de champs :

- Les **champs scalaires** dont la grandeur cartographiée correspond à une valeur (exemple : la température, la pression). Ils peuvent être modélisés par une valeur, une couleur, etc...
- Les **champs vectoriels** dont la grandeur cartographiée correspond à une intensité, un sens, une direction (exemples : la vitesse du vent). Ils peuvent être modélisés par un vecteur.

Les champs gravitationnel et électrostatique sont des champs vectoriels modélisés par des vecteurs.

Pour mieux visualiser l'ensemble d'un champ vectoriel, on peut tracer des **lignes de champ**. Ce sont des courbes orientées, suivant les vecteurs, en respectant leur direction : elles sont **tangentes** aux vecteurs champ.

2. Champ gravitationnel

Tout corps ayant une masse m exerce un champ gravitationnel en tout point de l'espace, dont l'expression vectorielle est :

Champ gravitationnel

$$\vec{g} = G \cdot \frac{m}{d^2} \vec{e}_r$$

$\vec{g}$: champ gravitationnel en N kg^{-1} ou m s^{-2}

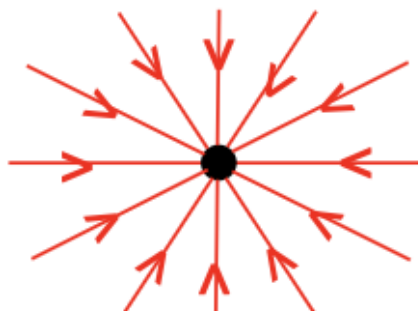
G : constante universelle de gravitation, avec $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N kg}^{-2} \text{ m}^2$

m : masse du corps exerçant un champ de gravitation en kilogrammes (kg)

d : distance entre le corps et le point de l'espace en mètres (m)

$\vec{e}_r$: vecteur unitaire porté par la droite reliant le corps et le point de l'espace

Les lignes de champ gravitationnel sont orientées **vers le corps massif**.



3. Champ électrostatique

Toute charge électrique q exerce un champ électrostatique en tout point de l'espace, dont l'expression vectorielle est :

Champ électrostatique

$$\vec{E} = k_e \cdot \frac{q}{d^2} \vec{e}_r$$

$\vec{E}$: champ électrostatique en N C^{-1} ou en V m^{-1}

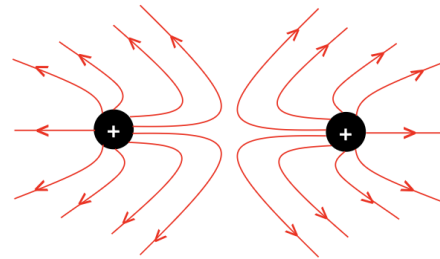
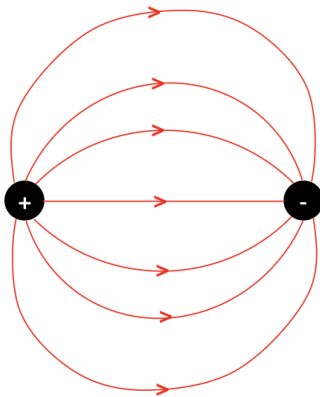
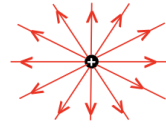
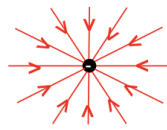
k_e : constante de Coulomb, avec $k_e = 9,0 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$

q : charge de l'objet en coulombs (C)

d : distance entre l'objet et le point de l'espace en mètres (m)

$\vec{e}_r$: vecteur unitaire porté par la droite reliant la charge et le point de l'espace

Les lignes de champ électrostatique sont orientées vers les charges négatives, et à l'extérieur des charges positives.





Attendus – Ce que je dois connaître

Définitions et notions

Charge électrique
Interaction électrostatique
Influence électrostatique
Loi de Coulomb
Force / Champ gravitationnel
Force électrostatique / Champ électrique

Constantes et valeurs

Charge élémentaire : $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$
Constante de Coulomb : $k_e = 9,00 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$
Constante universelle de gravitation : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N kg}^{-2} \text{ m}^2$

Grandeurs et unités

Charge électrique q , en coulombs (C)
Force F , en newtons (N)
Masse m , en kilogrammes (kg)
Distance d , en mètres (m)

Formules

$$\vec{F}_{A/B} = -G \frac{m_A \times m_B}{d^2} \vec{e}_r$$

$$\vec{F}_{A/B} = k_e \frac{q_A \times q_B}{d^2} \vec{e}_r$$

$$\vec{G} = G \frac{m}{d^2} \vec{e}_r$$

$$\vec{E} = k_e \frac{q}{d^2} \vec{e}_r$$



Attendus – Ce que je dois savoir faire

Capacités à maîtriser	Exercices et activités associées
Interpréter des expériences mettant en jeu l'interaction électrostatique	Activité 1 Exercice 21
Utiliser la loi de Coulomb	Activité 2 Exercices 6, 19
Citer les analogies entre la loi de Coulomb et la loi d'interaction gravitationnelle	Activité 2
Utiliser les expressions vectorielles de la force de gravitation et du champ de gravitation	Activité 2 Exercices 8, 12, 16, 17, 22, 28, 29
Utiliser les expressions vectorielles de la force électrostatique et du champ électrostatique	Activité 2 Exercice 19
Caractériser localement une ligne de champ électrostatique ou de champ de gravitation	Activité 3 Exercice 14
Illustrer l'interaction électrostatique Cartographier un champ électrostatique	Activité 3 Exercices 4, 8