



Chapitre 11 : Comment sont reliées les notions d'interactions, de forces et de champs ?

I. L'interaction électrostatique.

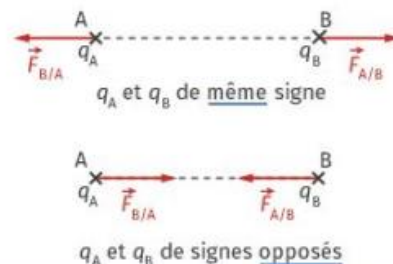
1) Charge électrique

La charge électrique d'un objet (initialement neutre) dépend de son excès ou défaut d'électrons.

La valeur absolue de la charge de cet objet est alors nécessairement un multiple de la charge élémentaire $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

La charge d'un électron est négative et vaut $q = -e$.

Deux charges de même signe se repoussent alors que deux charges de signes contraires s'attirent.



2) L'interaction électrostatique / influence électrostatique.

– Interpréter des expériences mettant en jeu l'interaction électrostatique.

a) Electrification par frottement (par conduction).

Une tige de verre frottée par de la laine peut attirer de petits morceaux de papier posés sur un bureau en bois. On dit que le verre a été électrisé par frottement. Il est chargé d'électricité "positive" : on **arrache des électrons** de la tige qui passent sur la laine.

Le verre qui était neutre avant l'expérience possède moins de charges négatives, il est donc **chargé positivement**. (Avec l'ébonite c'est l'inverse, le bâton sera chargé négativement) Si un objet porte une **charge négative**, il possède un **excès d'électrons**. Si un objet porte une **charge positive**, il possède un **défaut d'électrons**.

Doc. 1

Table triboélectrique

+

Fourrure de lapin

Verre

Cheveux

Nylon

Laine

Aluminium

Papier

Acier

Ambre

Cuivre

Or

Polystyrène

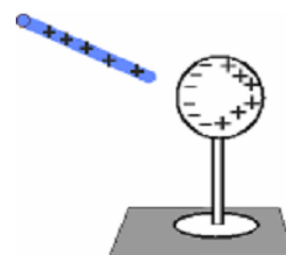
PVC

-

Cette table permet de déterminer le matériau qui cède et celui qui reçoit les électrons lors d'une électrisation par frottement entre eux.

b) Electrification par influence (induction).

Une sphère métallique peut également se charger par induction ou influence. Lorsqu'on approche la tige chargée positivement, elle provoque la mise en mouvement de certaines charges négatives de la boule (qui est neutre). On assiste donc à la séparation de charges : négatives sur le côté gauche, positives, sur le côté droit de la sphère.



3) Loi de Coulomb.

– Utiliser la loi de Coulomb.

C'est en 1785, que le physicien français Charles Augustin Coulomb établit expérimentalement la loi donnant la force existant entre deux charges électriques.

Pour mesurer les forces, Coulomb se servit d'une balance de torsion dans laquelle un dispositif en forme de haltère constitué d'une petite sphère métallique de charge Q_1 et d'un contrepoids est suspendu à un fil de soie.

Thème 2 : Interactions et mouvements.

L'interaction électrique entre deux corps ponctuels A et B portant des charges respectives q_A et q_B , séparés par la distance d , est modélisée par des forces $\vec{F}_{A/B}$ et $\vec{F}_{B/A}$ dont les caractéristiques sont :

- direction : la direction de la droite (AB)
- sens : répulsion si q_A et q_B sont de même signe / attraction si q_A et q_B sont de signe contraire
- valeur (en newton, N)

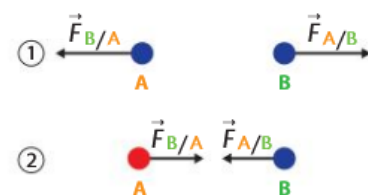
Un corps **A**, de charge q_A exerce sur un corps **B**, de charge q_B situé à la distance d du corps **A**, une **force électrostatique** $\vec{F}_{A/B}$.

L'expression de cette force est définie par la **loi de COULOMB** :

$$\vec{F}_{A/B} = k \times \frac{q_A \times q_B}{d^2} \vec{u}_{A \rightarrow B}$$

k en $N \cdot m^2 \cdot C^{-2}$ q en C
 Valeur en N d en m Vecteur unitaire orienté de **A** vers **B**

A et B ont des charges de même signe
 A et B ont des charges de signes opposés



> L'interaction électrostatique est :
 – répulsive si les deux charges sont de même signe ① ;
 – attractive si les charges sont de signes opposés ②.

avec forces en N
 charges en C (Coulomb)
 distance en m
 $k = 9,0 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{C}^{-2} \cdot \text{m}^2$

4) Analogie entre la loi de Coulomb et l'interaction gravitationnelle.

– Citer les analogies entre la loi de Coulomb et la loi d'interaction gravitationnelle.

	Champ de gravitation	Champ électrostatique
Corps source du champ	corps A de masse m_A	corps A de charge q_A
Système placé dans le champ	corps B de masse m_B situé à la distance d de A	corps B de charge q_B situé à la distance d de A
Force subie par le système placé dans le champ dû au corps source	$\vec{F}_g = m_B \vec{g}$	$\vec{F}_e = q_B \vec{E}$
Autre expression vectorielle de la force	$\vec{F}_g = -G \times \frac{m_B \times m_A}{d^2} \vec{u}_{A \rightarrow B}$	$\vec{F}_e = k \times \frac{q_B \times q_A}{d^2} \vec{u}_{A \rightarrow B}$
Expression du champ obtenue par identification entre les deux expressions des forces	G en $N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}$ m en kg $\vec{g} = -G \times \frac{m_A}{d^2} \vec{u}_{A \rightarrow B}$ Valeur en $N \cdot kg^{-1}$ d en m	k en $N \cdot m^2 \cdot C^{-2}$ q en C $\vec{E} = k \times \frac{q_A}{d^2} \vec{u}_{A \rightarrow B}$ Valeur en $N \cdot C^{-1}$ ou $V \cdot m^{-1}$ d en m
Lignes de champ		

II. Force et champ.

1) Le champ en physique.

Lâcher un crayon de n'importe quel endroit de l'espace : il tombe. Le crayon est donc soumis à une action à distance en n'importe quel endroit de l'espace où on le place.

La notion de champ (ici le champ de pesanteur) permet de caractériser l'action subie par le crayon en un point de l'espace.

Votre téléphone portable sonne ; son antenne a détecté un champ électromagnétique.

Un champ est la représentation d'un ensemble de valeurs prises par une grandeur physique en différents points d'une région de l'espace.

2) Force de gravitation et champ de gravitation.

– Utiliser les expressions vectorielles de la force de gravitation et du champ de gravitation ;

a) Champ de pesanteur.

Au voisinage de la Terre, un objet de masse m , est soumis à son poids.

Il existe un champ de pesanteur si un objet est soumis à une action mécanique d'attraction.

Le champ de pesanteur est un champ vectoriel.

La relation qui lie le champ de pesanteur au point A et le poids d'un objet de masse m placé en ce point A est :

Le champ de pesanteur local s'exprime par : $\vec{g} = \frac{\vec{P}}{m}$.

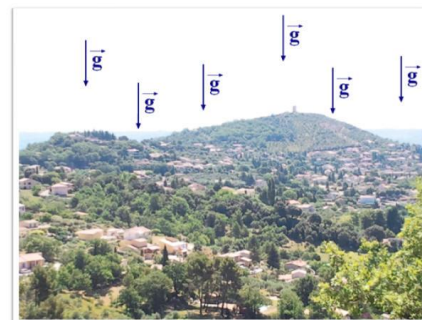
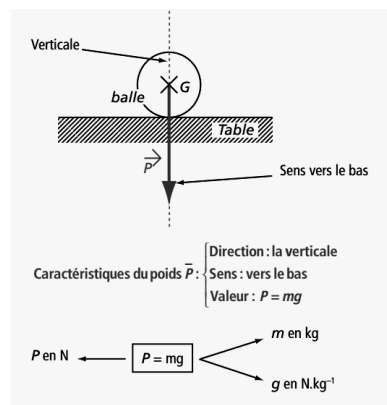
Caractéristiques du champ de pesanteur $\vec{g}$:

- Direction : la verticale
- Sens : vers le bas
- Valeur (à Paris) : $g = 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$

Lorsque les dimensions sont de l'ordre du kilomètre, on peut considérer que le champ de pesanteur est uniforme.

Sa valeur diminue d'environ 0,3 % si on s'élève de 10 km et sa direction varie d'environ 1° entre deux points distants de 100 km.

Le champ de pesanteur est donné localement par un fil à plomb (à cause de la rotation de la Terre, il fait un angle par rapport à la droite passant par le centre de la Terre).



b) Champ de gravitation.

Une masse M crée un champ de gravitation $\vec{g}$ dans tout l'espace environnant.

Ce champ est mis en évidence grâce à l'interaction gravitationnelle qui existe entre la masse M , placée au point O de l'espace et la masse m , placée au point P de l'espace.

La masse m , située au point P de l'espace, subit une force $\vec{F} = m \cdot \vec{g}$

Le champ de gravitation est un champ vectoriel.

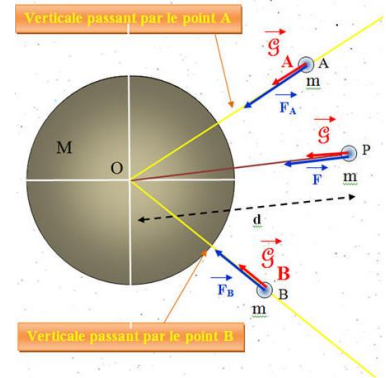
Thème 2 : Interactions et mouvements.

La relation qui lie le champ de gravitation $\vec{g}$ en un point **P** de l'espace et la force d'attraction gravitationnelle $\vec{F}$ qui s'exerce sur l'objet de masse **m** situé au point **P** de l'espace est :

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

Caractéristiques du champ gravitationnel $\vec{g}$:

Direction : droite OM
Sens : sens correspondant au déplacement d'une particule de masse **m** placée en **M** soit de **M** vers le centre de gravité **O** de la Terre
Valeur : $g = G \frac{M_T}{r^2}$



3) Force

électrostatique et champ électrostatique.

- Utiliser les expressions vectorielles de la force électrostatique et du champ électrostatique.
- Caractériser localement une ligne de champ électrostatique ou de champ de gravitation.
- Illustrer l'interaction électrostatique.

a) Champ électrostatique

Pour mettre en évidence un champ électrostatique en un point de l'espace on utilise un pendule électrostatique.

Lorsqu'on approche un objet chargé par frottement d'une petite boule de polystyrène suspendue à un fil, cette dernière se déplace. L'objet exerce donc une action à distance sur la boule suspendue.

Cette action peut être modélisée par une force à distance, appelée force électrostatique, qui s'exerce en tout point de l'espace autour de l'objet chargé.

b) Champ électrostatique et lignes de champ.

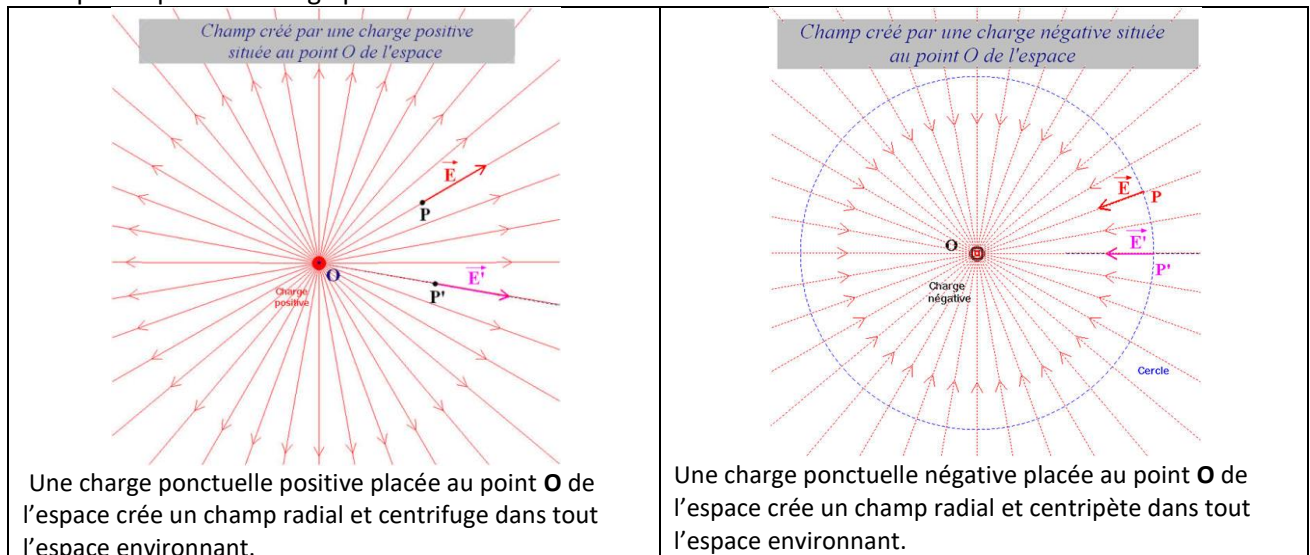
Il règne un champ électrostatique **E** en un point de l'espace lorsqu'une charge électrique y subit une action mécanique.

Par définition, le champ électrostatique créé en **M** par une charge ponctuelle **q'** placée en **O** s'exprime par : $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} = k \frac{q'}{r^2} \vec{u}$.

On appelle ligne de champ, une courbe de l'espace à laquelle le vecteur champ électrique est tangent en tout point. La ligne de champ est orientée dans le sens du champ. Un ensemble de lignes de champ constitue un spectre.

c) Champ électrique produit par une charge.

Champ créé par une charge ponctuelle :



Thème 2 : Interactions et mouvements.

Un système (charge, ion, ensemble de charge) placé dans un champ électrostatique est soumis à une force électrostatique notée $F = q \cdot E$

d) Champ électrique uniforme : le condensateur plan.

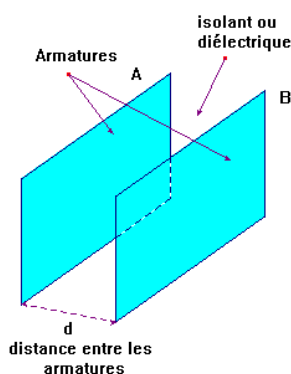
Un champ électrique est dit uniforme dans une région de l'espace si le vecteur champ conserve en tout point de cette région, la même direction, le même sens et la même valeur.

Les lignes de champ sont des droites parallèles entre elles.

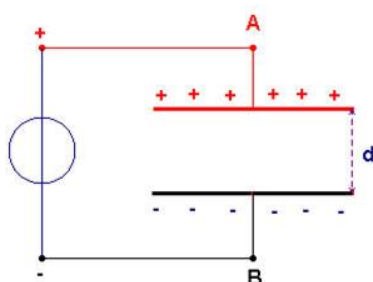


Le condensateur plan.

Un condensateur plan est formé par deux plateaux conducteurs parallèles **A** et **B** appelés armatures, séparés par un isolant de faible épaisseur **d**.



Pour charger un condensateur, on utilise un générateur de courant.



Le générateur transfère les électrons d'une armature sur l'autre. On dit que le condensateur est chargé.

Lorsque le condensateur est chargé, le courant ne circule plus. L'armature reliée à la borne plus du générateur porte la charge $+Q > 0 : +Q = Q_A$. L'armature reliée à la borne moins du générateur porte la charge $-Q < 0 : -Q = Q_B$

Entre les armatures existe la tension $U_{AB} = V_A - V_B > 0$

Q , grandeur positive, est appelée charge du condensateur.

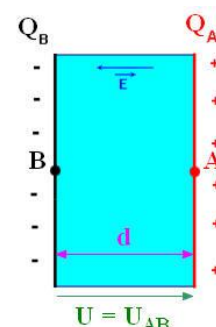
C'est la charge portée par l'armature positive du condensateur : $+Q = Q_A = -Q_B$

Dans l'espace situé entre les armatures, il y a un champ électrique considéré comme uniforme.

Sa direction est perpendiculaire aux armatures, son sens est dirigé de l'armature positive à l'armature négative (sens des potentiels décroissants),

Son intensité (sa valeur) :

$$E = \frac{U_{AB}}{d} \quad \text{Unité : V/m}$$



http://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/Elec/Champs/champE.html

Un système (charge, ion, ensemble de charge) placé dans un champ électrostatique est soumis à une force électrostatique notée $F = q \cdot E$

Capacité expérimentale :

Mettre en œuvre un dispositif permettant d'illustrer l'interaction électrostatique.

Utiliser un dispositif permettant de repérer la direction du champ électrique.