

1 Interaction électrostatique

► La **charge électrique** est portée par des particules élémentaires comme, par exemple, l'électron ou le proton.

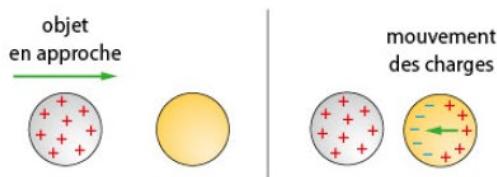
► La charge électrique est notée q et son unité est le **coulomb (C)**.

La charge élémentaire est notée e :

$$e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C.}$$

Influence électrostatique

Un objet chargé électriquement engendre, à distance, un déplacement de charge à la surface d'un conducteur placé à proximité.



► Expression de la force électrostatique (loi de Coulomb) :

$$\vec{F}_{B/A} = -\vec{F}_{A/B} = k \frac{q_A \cdot q_B}{d^2} \vec{u}_{BA}$$

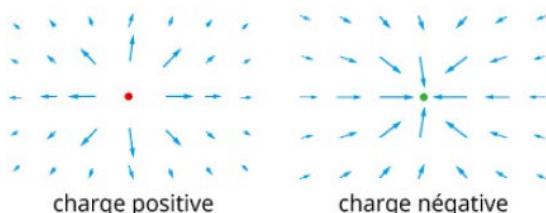
Constante $k : k = 9,0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$

charges électriques (en C)
distance entre les charges (en m)

3 Force et champ électrostatiques

► La présence d'une particule chargée Q a une conséquence sur l'espace qui l'entoure. La modélisation de cette influence se fait en représentant un **champ de vecteurs**. Ces vecteurs traduisent l'action exercée par une particule chargée Q sur une autre dans l'espace.

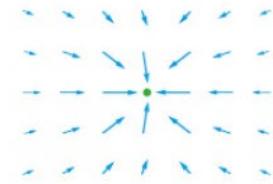
Représentations de champs électriques autour d'une particule de charge Q



2 Force et champ de gravitation

► La présence d'un objet de masse M a une conséquence sur l'espace qui l'entoure. La modélisation de cette influence se fait en représentant un **champ de vecteurs** gravitation. Ces vecteurs traduisent l'action exercée par un objet de masse M sur l'espace.

Représentation d'un champ de gravitation d'un objet de masse M



Expression du **champ de gravitation** :

$$\vec{G} = \frac{\vec{F}_g}{m} \text{ donc } \vec{G} = -G \frac{M}{d^2} \vec{u}$$

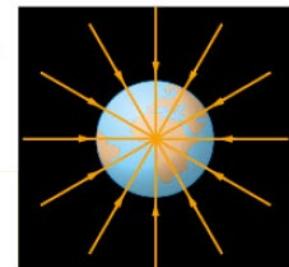
masse (en kg)
distance (en m)

$$G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$$

► Expression du **champ de pesanteur** au voisinage de la Terre :

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

► Les **lignes de champ** sont les courbes tangentes aux vecteurs du champ de gravitation.



► Expression du **champ électrostatique** \vec{E} :

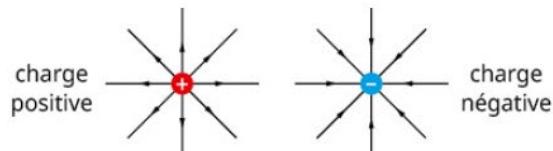
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \text{ donc } \vec{E} = k \frac{Q}{d^2} \vec{u}$$

charge (en C)
distance (en m)

$$k = 9,0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$$

► Les **lignes de champ** sont les courbes tangentes aux vecteurs du champ électrostatique.

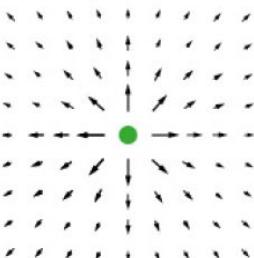
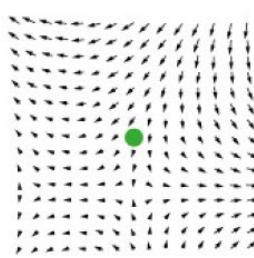
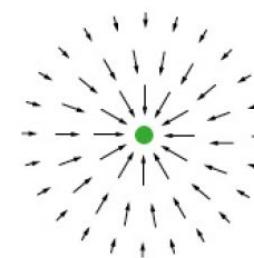
Représentations de lignes de champ autour d'une particule



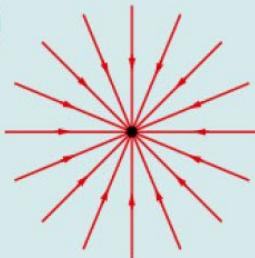
1 Interaction électrostatique

	A	B	C
1 La charge électrique d'un proton est :	positive.	égale à une charge élémentaire e.	égale à une charge élémentaire - e.
2 L'interaction électrostatique est :	uniquement répulsive.	répulsive et attractive.	uniquement attractive.
3 Deux charges négatives :	s'attirent.	se repoussent.	sont soumises à une interaction qui se modélise par des forces de même sens.

2 Force et champ de gravitation

	A	B	C
4 Une masse M peut engendrer le champ vectoriel suivant :			
5 Le champ de gravitation produit par la Lune dépend :	de la masse de la Lune.	de la masse de la Terre.	du volume de la Lune.
6 Sur Terre, tout objet lâché tombe vers le sol :	du fait de l'action de la Terre.	car il est dans le champ de gravitation de la Terre.	car il est dans le champ de pesanteur terrestre.

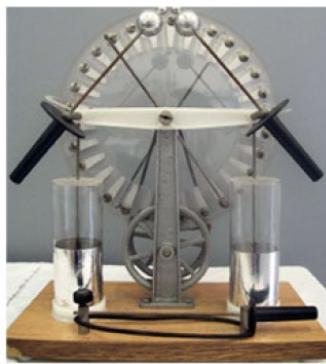
3 Force et champ électrostatiques

	A	B	C
7  Le vecteur champ électrostatique en M s'écrit :	$\vec{E} = k \frac{Q}{OM^2} \vec{u}_{OM}$	$\vec{E} = k \frac{Q}{OM^2} \vec{u}_{OM}^*$	$\vec{E} = -k \frac{Q}{OM^2} \vec{u}_{OM}$
8  Ces lignes de champ sont engendrées par :	une charge ponctuelle négative.	une charge ponctuelle positive.	par un dipôle de charges positive et négative.

12 La machine de Wimshurst

À l'aide d'un dispositif appelé machine de Wimshurst, on charge par frottement deux sphères métalliques qui portent alors des charges q identiques en valeur mais de signes opposés.

Données : $q = 1,0 \mu\text{C}$;
distance entre les centres
des deux sphères : $d = 5,0 \text{ cm}$;
constante $k = 9,0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$



1. Qualifier l'interaction entre ces deux sphères.
2. Calculer la valeur de la force électrique qui s'exerce entre elles.

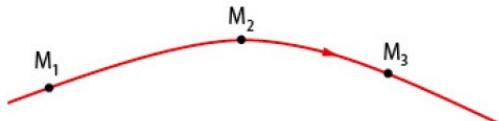
20 vecteur champ électrostatique

Un objet possède une charge électrique $q = + 9,6 \times 10^{-18} \text{ C}$, l'objet est suffisamment petit pour être considéré comme ponctuel.

1. Donner la relation vectorielle du champ électrostatique \vec{E} en un point M de l'espace éloigné d'une distance $d = 2 \text{ cm}$ de la charge.
2. Calculer la valeur du vecteur \vec{E} .
3. Représenter la charge, le point M et le vecteur \vec{E} sur un schéma en prenant pour échelle $1 \text{ cm} \leftrightarrow 1,0 \times 10^{-4} \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$.

21 Ligne et vecteurs champ électrostatique

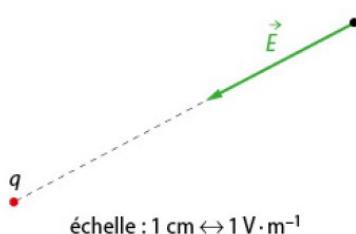
La représentation ci-dessous donne l'allure d'une ligne de champ.



1. Reproduire la ligne de champ sur une feuille.
2. La valeur des champs aux différents points est :
 $E(M_1) = 100 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$; $E(M_2) = 200 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$ et $E(M_3) = 300 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$.
Tracer les vecteurs champ électrostatique en M_1 , M_2 et M_3 en respectant l'échelle : $1 \text{ cm} \leftrightarrow 100 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$.

23 Vecteur champ

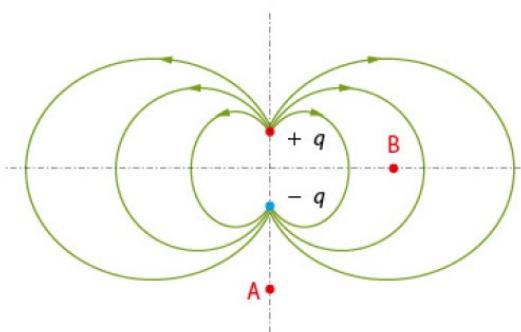
Le champ électrostatique \vec{E} engendré par une charge q placée à une distance d (à l'échelle) est représenté ci-dessous.



1. Quel est le signe la charge électrique ?
2. Mesurer la distance qui sépare la charge et l'origine du vecteur.
3. Donner la valeur du vecteur \vec{E} en mesurant sa longueur.
4. En déduire la valeur de la charge électrique.

25 L'intensité d'un champ électrostatique

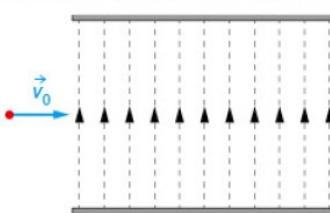
Un dipôle de charges est constitué par deux charges de signes opposés mais de même valeur absolue. L'allure des lignes de champ du champ électrostatique créé par ce dipôle est modélisée sur le schéma ci-dessous.



Reproduire le schéma et représenter les vecteurs champs électrostatique aux points A et B.

34 Déviation de particule dans un champ

Deux armatures formées de deux plaques parallèles en regard l'une de l'autre sont modélisées sur la figure ci-dessous avec les lignes de champ engendrées par les charges présentes sur les plaques. Le champ est considéré uniforme entre les armatures et de valeur $2,0 \text{ kV} \cdot \text{m}^{-1}$.



1. Reproduire la figure, puis placer en un point quelconque entre les armatures un vecteur champ électrique \vec{E} .
2. Indiquer le signe des charges accumulées sur chaque armature.
3. Un électron pénètre entre les deux armatures avec une vitesse constante v_e .
 - a. Tracer l'allure probable de la trajectoire de l'électron. Justifier.
 - b. Tracer l'allure du vecteur force électrostatique modélisant l'interaction électrostatique entre l'électron et les charges électriques accumulées sur les armatures.
 - c. Calculer l'intensité de cette force.
4. Effectuer la même étude pour un proton pénétrant entre les deux plaques avec une vitesse constante v_p .

DONNÉES

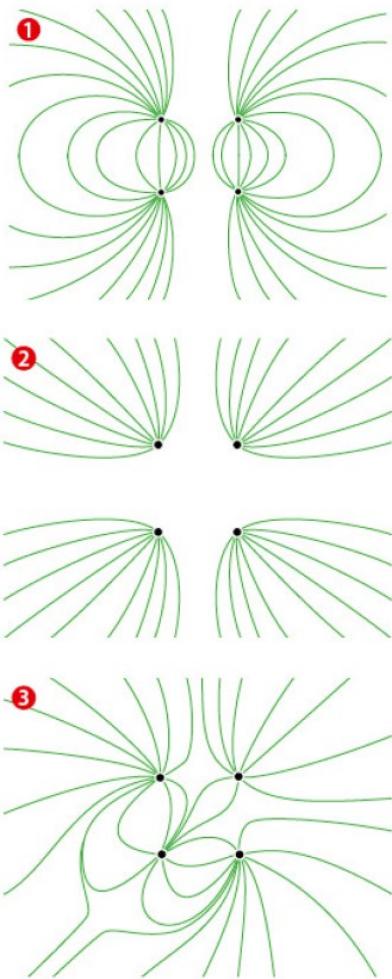
Constante de gravitation universelle :
 $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$;
constante de Coulomb : $k = 9,0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$;
charge électrique élémentaire : $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$;
charge électrique d'un électron :
 $q_e = -e = -1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$; charge électrique d'un proton : $q_p = e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$.

36 Champ dans une distribution de charge

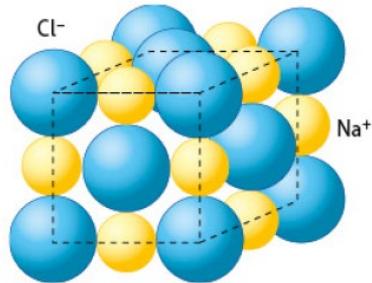
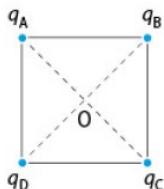
Soit quatre charges électriques fixes formant un carré de $a = 1,0 \text{ cm}$ de côté ; la figure ci-contre représente la situation.

1. Associer aux trois configurations suivantes les représentations des lignes de champ électrostatique ①, ② et ③.

- A $q_A = q_B = q_C = q_D = q$
- B $q_A = q_B = q$ et $q_C = q_D = -q$
- C $q_A = q_C = q_B = q$ et $q_D = -q$



2. a. Reproduire trois fois le schéma initial comportant les quatre charges avec les configurations A, B et C.
b. Dans chacun des trois cas présentés, tracer quelques lignes de champ puis donner leur orientation.



Données :

rayon de l'ion Na^+ : $r_{\text{Na}^+} = 99 \text{ pm}$;
rayon de l'ion Cl^- : $r_{\text{Cl}^-} = 181 \text{ pm}$.

1. Déterminer la valeur, en pm, de l'arête a du cube.
2. a. Quelle est la distance d_{Cl^-} séparant le centre de deux ions chlorure les plus proches ?
b. L'interaction électrique est-elle attractive ou répulsive entre deux ions chlorure ?
c. Calculer l'intensité de la force modélisant cette interaction.
3. Faire de même pour deux ions sodium les plus proches.
4. Mêmes questions pour un ion chlorure et un ion sodium les plus proches.
5. Qu'est-ce qui assure la stabilité de ce cristal ?

15 La Lune, satellite naturel de la Terre

Données : distance Terre-Lune : $d = 3,84 \times 10^5 \text{ km}$;
masse de la Lune : $m_L = 7,35 \times 10^{22} \text{ kg}$;
masse de la Terre : $M_T = 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$;
constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$

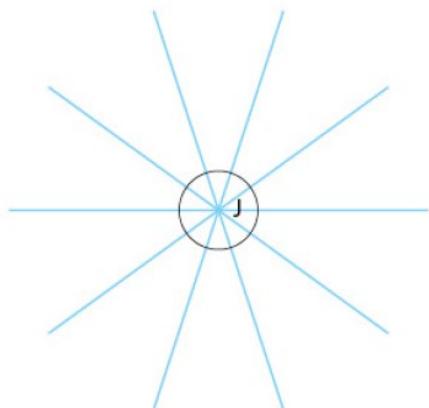
1. Pourquoi dit-on que la Lune se situe dans le champ de gravitation de la Terre ?
2. a. Exprimer, en fonction de G , m_L , M_T et d , l'intensité de la force d'attraction gravitationnelle qui modélise l'action de la Terre sur la Lune.
b. Calculer sa valeur.
3. a. Sur un schéma, représenter la force qui modélise l'action mécanique d'attraction gravitationnelle qu'exerce la Terre sur la Lune.
b. Représenter cette force en différentes positions de la trajectoire de la Lune.
c. Comment peut-on qualifier le champ de gravitation terrestre ?
d. Représenter l'allure de quelques lignes de champ à proximité de la Terre.

38 Interaction dans le sel de cuisine

Le sel de cuisine, ou chlorure de sodium, est un cristal ionique formé des ions sodium Na^+ et chlorure Cl^- . La disposition des ions dans un cristal est régulière. Les ions s'ordonnent selon une structure élémentaire simple qui se reproduit aux dimensions du cristal. Cette structure est appelée une maille et, dans le cas du sel de cuisine, il s'agit d'un cube (en pointillés sur le schéma ci-dessous). Les ions Cl^- sont aux sommets du cube et au centre de chaque face, alors que les ions Na^+ sont situés au milieu de chaque arête.

16 Lignes de champ de gravitation

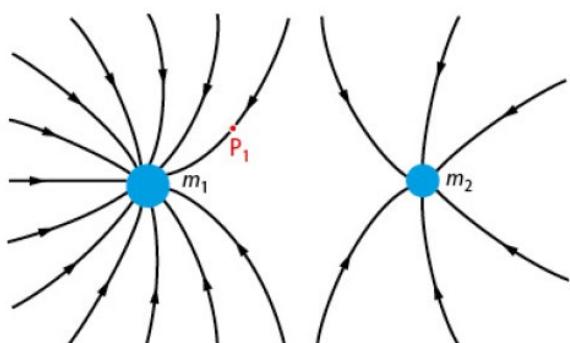
Les lignes de champ de Jupiter sont représentées sur le schéma sans que leur sens soient indiqués.



1. Reproduire la figure puis donner un sens à chaque ligne de champ.
2. Placer un point M sur une des lignes de champ et tracer le vecteur champ de gravitation $\vec{g}(M)$.
3. Un satellite en orbite autour de Jupiter passe en ce point M. Tracer le vecteur force qui modélise l'action de Jupiter sur le satellite.

18 Deux masses et leurs lignes de champ

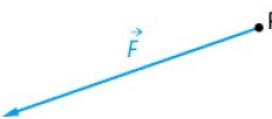
Deux astres de masse m_1 et m_2 sont en interaction gravitationnelle. Les lignes de champ engendrées sont représentées sur la figure. P_1 est un point sur une ligne de champ.



1. a. Dessiner l'astre de masse m_1 , puis tracer les lignes de champ qu'il devrait engendrer s'il était seul.
b. Quelle est alors la direction et le sens du champ de gravitation ?
2. Pour quelle raison les lignes de champ engendrées par l'astre de masse m_1 sont-elles différentes en présence de la masse m_2 ?
3. Reproduire la masse m_1 et la ligne de champ contenant le point P_1 .
4. Tracer le vecteur champ de gravitation $\vec{g}(P_1)$.
5. Le vecteur $\vec{g}(P_1)$ est-il dirigé vers le centre de l'astre de masse m_1 ? Justifier.

19 Vecteur force et champ de gravitation

Un objet de masse $m = 120 \text{ kg}$ est soumis à un champ de gravitation. Le vecteur force qui modélise l'action qui agit sur l'objet au point P est modélisé sur la figure ci-dessous.



échelle de la force : $1 \text{ cm} \leftrightarrow 100 \text{ N}$
échelle pour le champ de gravitation : $2 \text{ cm} \leftrightarrow 1 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$

Reproduire la figure en respectant la longueur du vecteur force puis tracer le vecteur champ de gravitation.

33 Une planète de « type terrestre habitable »

Une planète de « type terrestre habitable » a été découverte par une équipe d'astronomes européens. C'est la première fois que les scientifiques détectent une planète capable d'abriter une vie extra-terrestre hors de notre système solaire. Cette exoplanète, nommée Gliese c, qui orbite autour de l'étoile Gliese 581, se situe à 20,5 années de lumière de la Terre. Elle possède à la fois une surface solide ou liquide et une température proche de celle de la Terre.

Pour savoir si Gliese c est réellement une planète du « type terrestre habitable », on cherche à déterminer la valeur de l'intensité du champ de pesanteur local à sa surface.

Données : caractéristiques de la planète Gliese c :

- masse estimée : $M_c = 3,0 \times 10^{25} \text{ kg}$;
- rayon estimé : $R_c = 9,6 \times 10^6 \text{ m}$;
- champ de pesanteur terrestre au niveau du sol : $g_0 = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$.

1. Sur un schéma, représenter la force \vec{F} qui modélise l'action mécanique d'attraction gravitationnelle exercée par la planète Gliese c sur un objet A de masse m à l'altitude h .
2. Donner l'expression de l'intensité F de cette force en fonction de M_c , m , R_c , h et de la constante de gravitation universelle G .
3. La valeur \mathcal{G} du champ de gravitation est définie par la relation :
$$\mathcal{G} = \frac{\vec{F}}{m}$$
.
 - a. Donner l'expression de la valeur \mathcal{G}_c du champ de gravitation à la surface de la planète Gliese c en fonction de M_c , R_c et de la constante de gravitation universelle G .
 - b. Calculer la valeur de \mathcal{G}_c .
 - c. Comparer la valeur de \mathcal{G}_c à celle de l'intensité du champ de pesanteur local terrestre g_0 .
 - d. Gliese c peut-elle être effectivement considérée comme une planète du « type terrestre habitable » ?