



I) LES PARTICULES ELEMENTAIRES

La matière est constituée **d'atomes**, **d'ions** ou de **molécules**.

Ces entités sont-elles mêmes composées de plus petites particules indivisibles, dites **particules élémentaires** : **protons**, **neutrons** et **électrons**.

Particules	Localisation dans l'atome	Charge électrique	Ordre de grandeur de la masse
Proton	Dans le noyau	$q = +e$	10^{-27} kg
Neutron	Dans le noyau	0 C (coulomb)	10^{-27} kg
Electron	Autour du noyau	$q = -e$	10^{-30} kg

REMARQUES

- Les neutrons et protons sont faits de particules appelées « **quarks** »
- La charge électrique notée **e** est appelée « **charge élémentaire** », car c'est la plus petite charge électrique que l'on puisse isoler : **$e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ Coulombs}$** .
- La charge électrique de n'importe quel corps chargé est un **multiple entier** de la charge élémentaire e.
- Les **électrons** sont en général les seules particules élémentaires susceptibles d'être arrachées, transférées à la matière ou déplacées.

RAPPELS DE SECONDE

- Le noyau d'un élément X, de symbole A_ZX , est constitué de **A** nucléons dont **Z** protons et **A - Z** neutrons.
- Un atome est une entité électriquement **neutre** : son nuage ou cortège électronique comprend donc **Z** électrons.
- La masse d'un noyau de représentation symbolique A_ZX est : **$m_{\text{noyau}} = A \times m_{\text{nucléon}}$**
(la masse de l'atome est **concentrée** dans son **noyau** : $m_{\text{atome}} \approx m_{\text{noyau}}$)
- La charge électrique d'un noyau de représentation symbolique A_ZX est : **$q_{\text{noyau}} = Z \times e$**
- Des atomes **isotopes** ont le même **numéro atomique Z** mais des nombres de **nucléons A** différents

II) INTERACTIONS

Dans la nature, les particules qui composent les objets, sont soumis à toutes sortes de **forces** qui s'exercent à **distance**.

Ainsi, par exemple,

→ deux masses s'attirent

→ deux charges électriques s'attirent ou se repoussent suivant leur signe.

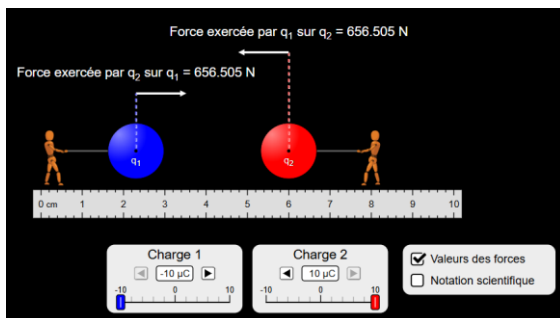
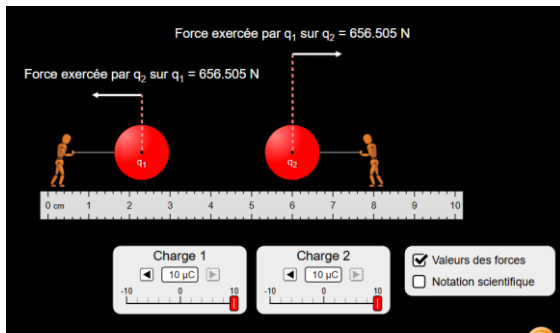
Les objets ont une **action** les uns sur les autres : ils **interagissent**.

Suivant la nature des particules et la distance entre elles, les interactions sont :

- l'interaction électrostatique**
- l'interaction gravitationnelle.**

SIMULATION

https://phet.colorado.edu/sims/html/coulombs-law/latest/coulombs-law_fr.html



Caractéristiques de l'interaction gravitationnelle

- ✓ Agit entre tous les objets qui possèdent une **charge électrique**
- ✓ De nature **électrique** (charges au repos) et **magnétique** (charges en mouvement)
- ✓ **Répulsive** si les objets ont une charge de **même** signe (exemple : deux électrons),
- ✓ **Attractive** si les objets ont une charge de signe **contraire** (exemple : un proton et un électron)
- ✓ Responsable **de la cohésion des atomes et des molécules et de la plupart des forces**
- ✓ Portée **infinie** (mais en pratique, les charges positives et négatives tendent à se neutraliser)

Expression mathématique

La formule mathématique de l'interaction électrique est décrite par la **loi de Coulomb** (établie par le français Charles Coulomb en 1785)

$$F_{\text{él } A \rightarrow B} = F_{\text{él } B \rightarrow A} = k \times \frac{|q_A \times q_B|}{d^2}$$

$$k = 9,00 \times 10^9 \text{ N.m}^2.\text{C}^{-2}$$

Enoncé

Un corps **A** de charge q_A exerce sur un corps **B** de charge q_B situé à une distance d une force électrostatique notée :

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

Un corps **B** de charge q_B exerce sur un corps **A** de charge q_A situé à une distance d une force électrostatique notée :

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

Les 2 corps sont dits en **interaction électrostatique**

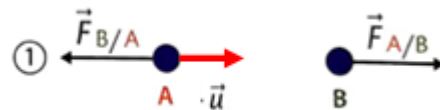
Vecteur unitaire

Pour permettre **d'orienter** les vecteurs et choisir **un sens positif** on trace un **vecteur unitaire**, c'est-à-dire une flèche indiquant uniquement le sens choisi comme positif et dont la valeur est 1 unité.

Son orientation est arbitraire (on fait un choix souvent du corps A vers le corps B)

Expression vectorielle

2 CAS POSSIBLES

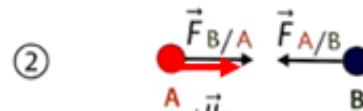


L'expression vectorielle de la force électrostatique de **A** sur **B** est donc

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

L'expression vectorielle de la force électrostatique de **B** sur **A** est donc :

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



L'expression vectorielle de la force électrostatique de **A** sur **B** est donc

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

L'expression vectorielle de la force électrostatique de **B** sur **A** est donc :

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

III) CHAMPS

Au début du XIXe siècle **Faraday** réalise des expériences avec des aimants et des circuits électriques. Ses résultats expérimentaux l'amènent à proposer un nouveau point de vue qui ne tient pas compte uniquement des interactions entre objets mais qui prend en compte également **des propriétés de l'espace au voisinage** de ses objets

Maxwell exploite les travaux de Faraday et définit alors les notions de :

- ✗ **champ magnétique**
- ✗ **champ électrique**

CHAMP SCALAIRE – CHAMP VECTORIEL



Un champ est associé à une **grandeur physique** qui peut être déterminée en tout point où cette grandeur est **mesurable**.

- ✓ Si cette grandeur est décrite par un **nombre** : on parle de **champ scalaire**

Exemple : température, pression

- ✓ Si cette grandeur est décrite par un **vecteur** : on parle de **champ vectoriel**

Exemple : champ magnétique, champ électrique, vent

Un champ est donc un **outil physique** associant à chaque point de l'espace une **grandeur physique**

CARTOGRAPHIE D'UN CHAMP

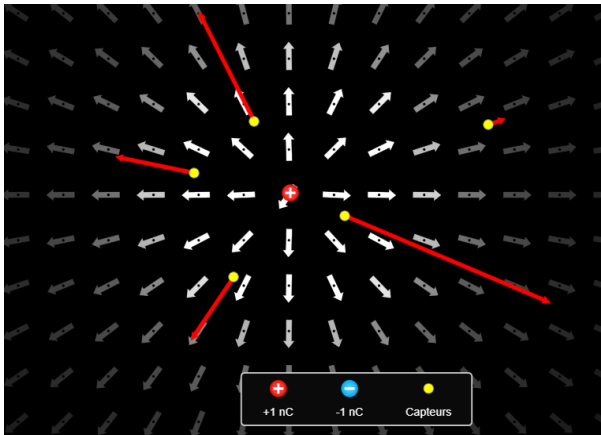
- ✓ **Cartographier** un champ consiste à donner une **représentation** de ce champ en plusieurs points de l'espace
- ✓ Pour cartographier un champ dans une région de l'espace, on utilise des **lignes de champ**.
C'est une ligne **tangente** en chacun de ses points au vecteur champ.
Elle est orientée par une **flèche** dans le sens du champ
- ✓ Un champ peut être **uniforme** :
 - champ scalaire uniforme = la **valeur** qui le décrit **ne dépend pas** du point de l'espace considéré
 - champ vectoriel uniforme = le **vecteur** qui le décrit **ne dépend pas** du point de l'espace considéré : les lignes de champ sont toutes **parallèles**

SIMULATION

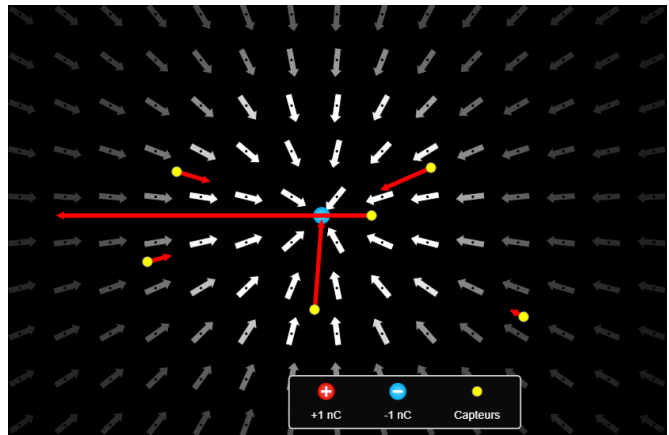
https://phet.colorado.edu/sims/html/charges-and-fields/latest/charges-and-fields_fr.html



Charge **positive** à l'origine du champ



Charge **négative** à l'origine du champ



Enoncé

Tout objet portant une charge électrique q_A crée, en un point situé à une distance d de lui, un **champ électrostatique** noté $\vec{E}$

Expression mathématique

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

Vecteur unitaire

Le vecteur unitaire est toujours dirigé **à partir** de la charge qui **exerce** le champ vers l'extérieur

Expression vectorielle

2 CAS POSSIBLES

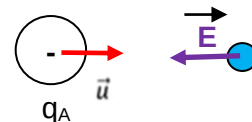
Si $q_A > 0$

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



Si $q_A < 0$

$$\vec{E} = -k \times \frac{|q_A|}{d^2} \vec{u}$$



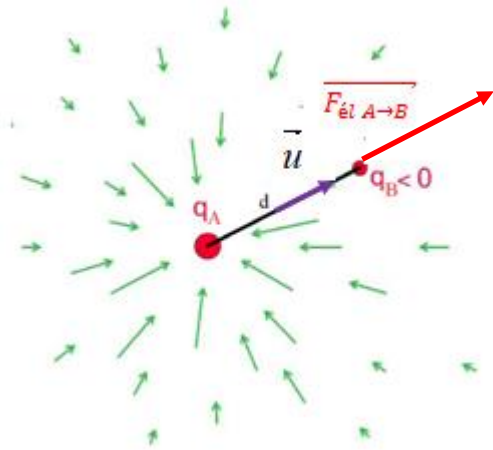
Caractéristiques du champ électrostatique

- ✓ **Unité** : E en $V.m^{-1}$ ou en $N.C^{-1}$
- ✓ **Sens** :
 - dirigé **l'opposé de son centre** si q_A est **positive**.
 - dirigé en chaque point qui l'entoure vers **son centre** si q_A est **négative**
- ✓ **Direction** : **droite** passant par le **centre** des 2 charges

Conséquences

Tout objet B portant une charge q_B plongé dans un champ électrostatique $\vec{E}$ est soumis à une force $\vec{F}_{\text{él } A \rightarrow B} = q_B \times \vec{E}$ exercée par l'objet A qui crée le champ électrostatique.

Application



Soit une particule q_A exerçant un champ électrostatique
On place une particule de charge $q_B < 0$ dans ce champ

1) **Déterminer** la charge de q_A

Les lignes de champ étant dirigées vers la particule A elle est donc négative

2) **Placer** le vecteur unitaire. **Justifier**

Le vecteur unitaire est dirigé à partir de la charge qui exerce le champ

3) **Donner** l'expression vectorielle du champ exercé par la particule A

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

4) **Donner** l'expression vectorielle de la force qu'exerce la particule A sur la particule B

$$\vec{F}_{\text{él } A \rightarrow B} = q_B \times \vec{E}$$

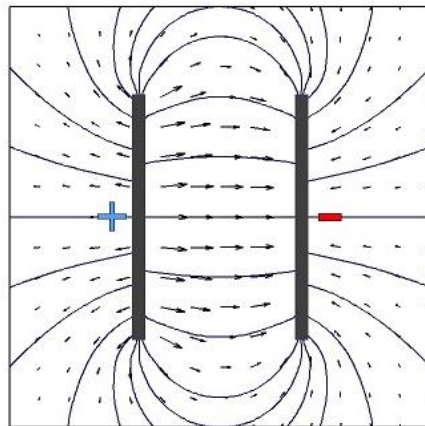
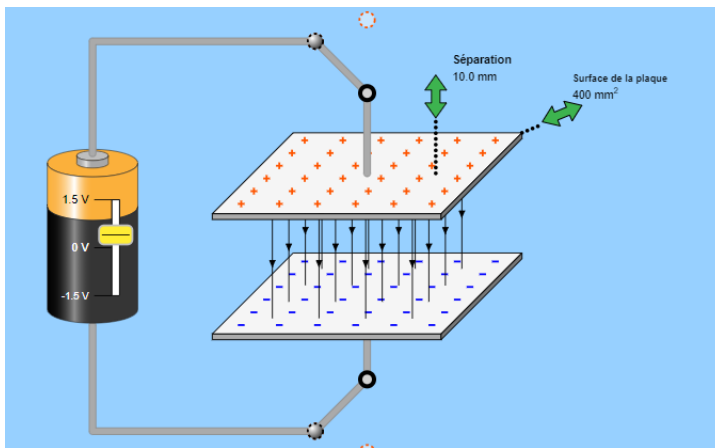
5) **Tracer** cette force sans soucis d'échelle

La force et le champ sont en sens opposé car q_B est négative

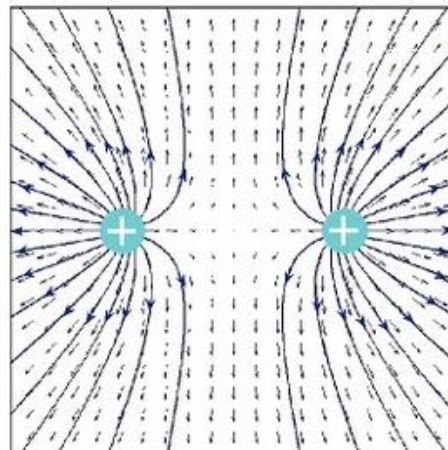
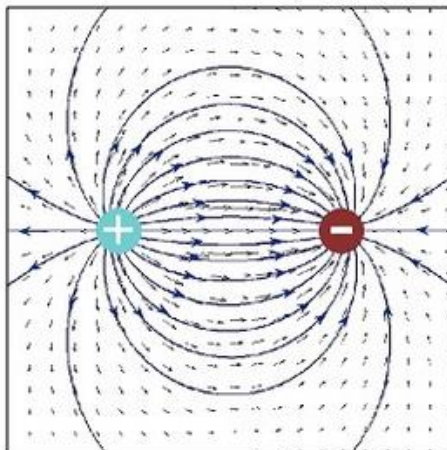
Exemples de champ électrostatique

✓ Champ créé par un condensateur

https://phet.colorado.edu/sims/html/capacitor-lab-basics/latest/capacitor-lab-basics_fr.html

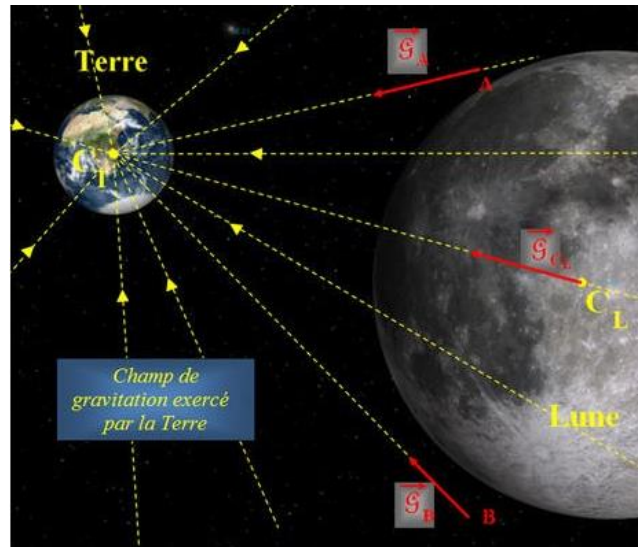
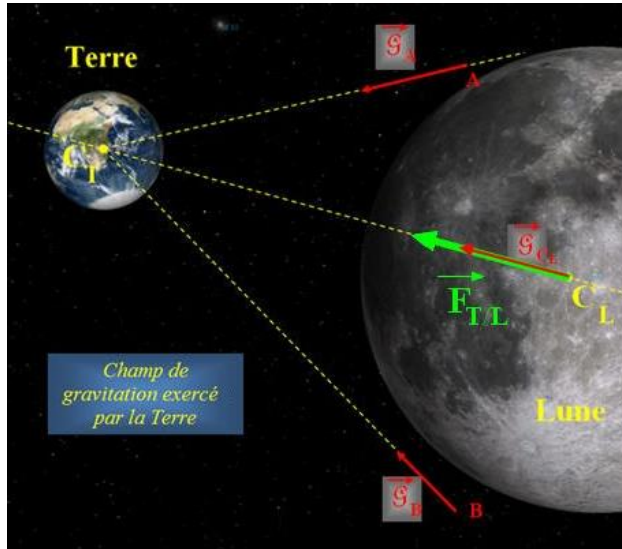


✓ Champ créé par deux charges ponctuelles



CHAMP GRAVITATIONNEL

IMAGES



Enoncé

Tout objet ayant une masse m_A crée, en un point situé à une distance d de lui, un **champ gravitationnel** noté $\vec{G}$

Expression mathématique

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

Vecteur unitaire

Le vecteur unitaire est toujours dirigé **à partir** de la masse qui **exerce** le champ vers l'extérieur

Expression vectorielle

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

Caractéristiques du champ gravitationnel

- ✓ **Unité** : en $N.kg^{-1}$
- ✓ **Sens** : dirigé en chaque point vers **l'objet** exerçant le champ
- ✓ **Direction** : droite passant par le **centre** des 2 masses

Conséquences

Tout objet B portant une masse m_B plongé dans un champ gravitationnel $\vec{G}$ est soumis à une force

$$\vec{F} = m_B \times \vec{G} \quad \text{exercée par l'objet A qui crée le champ gravitationnel}$$

Application

Calculer le champ gravitationnel créé par la Terre :

Données $R_T = 6400 \text{ km}$ $m_T = 6,0 \times 10^{24} \text{ kg}$

- à sa surface $G_{\text{Terre}} = G \cdot \frac{m_T}{(R_T)^2} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \times 6,0 \cdot 10^{24}}{(6400 \cdot 10^3)^2} = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$

- à l'altitude $h = 2000 \text{ km}$: $G_{\text{Terre}} = G \cdot \frac{m_T}{(R_T + h)^2} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \times 6,0 \cdot 10^{24}}{(6400 \cdot 10^3 + 2000 \cdot 10^3)^2} = 5,7 \text{ N.kg}^{-1}$

