

FICHE DE COURS

Interactions et champs

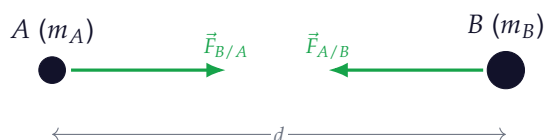
Gravitation, interaction électrostatique et notion de champ

1. Interaction gravitationnelle

Deux corps ponctuels A et B, de masses m_A et m_B , séparés d'une distance d , exercent l'un sur l'autre des forces d'attraction gravitationnelle, **opposées** et de même valeur :

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

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



Forces **attractives**, portées par la droite (AB), de même valeur

Champ de gravitation. Un corps de masse M crée en tout point de l'espace un **champ de gravitation** $\vec{G}$, dirigé **vers** le corps :

$$\mathcal{G} = G \frac{M}{d^2} \quad \text{en N/kg}$$

Un corps de masse m placé en ce point subit alors la force :

$$\boxed{\vec{F} = m \vec{G}}$$

Au voisinage de la Terre, ce champ n'est autre que le **champ de pesanteur** $\vec{g}$, avec $g \approx 9,81 \text{ N/kg}$, et $\vec{F} = m \vec{g}$.

Exemple : Champ de gravitation à la surface de la Terre, avec $M_T = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$ et $R_T = 6,37 \times 10^6 \text{ m}$:

$$\mathcal{G} = G \frac{M_T}{R_T^2} = \frac{6,67 \times 10^{-11} \times 5,97 \times 10^{24}}{(6,37 \times 10^6)^2} = 9,81 \text{ N/kg}$$

2. Interaction électrostatique — loi de Coulomb

Deux charges ponctuelles q_A et q_B (en coulombs C), séparées d'une distance d , exercent l'une sur l'autre des forces électrostatiques opposées de valeur :

$$F = k \frac{|q_A| \times |q_B|}{d^2} \quad \text{avec} \quad k = 8,99 \times 10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2$$

Contrairement à la gravitation, toujours attractive, l'interaction électrostatique dépend du **signe** des charges :

- charges de **même signe** ($q_A q_B > 0$) : forces **répulsives** ;
- charges de **signes contraires** ($q_A q_B < 0$) : forces **attractives**.



charges de même signe : **répulsion**



charges opposées : **attraction**

La charge élémentaire vaut $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$. La charge d'un ion ou d'une particule est toujours un multiple de e : $q = \pm n e$.

Pour deux protons, la force électrostatique est environ 10^{36} fois plus intense que la force gravitationnelle : à l'échelle atomique, **la gravitation est totalement négligeable**.

3. Champ électrostatique

Une charge Q crée autour d'elle un **champ électrostatique** $\vec{E}$. Une charge q placée en un point où règne ce champ subit la force :

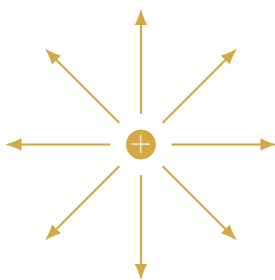
$$\vec{F} = q \vec{E}$$

E en V/m (ou N/C)

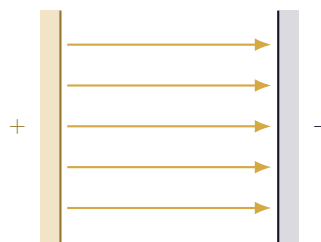
Le sens de $\vec{F}$ dépend du signe de la charge q qui subit le champ :

- si $q > 0$: $\vec{F}$ a le **même sens** que $\vec{E}$;
- si $q < 0$: $\vec{F}$ a le **sens opposé** à $\vec{E}$.

Attention : pour la gravitation, $\vec{F} = m \vec{g}$ avec $m > 0$ toujours, donc $\vec{F}$ et $\vec{g}$ sont toujours de même sens.



Champ **radial** d'une charge positive : lignes divergentes



Champ **uniforme** entre deux plaques : lignes parallèles, du + vers le -

Lire une carte de champ. En chaque point, le vecteur champ est **tangent** à la ligne de champ et orienté dans son sens. Là où les lignes se **resserrent**, le champ est plus **intense**. Les lignes de champ électrostatique partent des charges **positives** et arrivent sur les charges **négatives**.

4. Analogies et différences

	Gravitation	Électrostatique
Grandeur source	masse $m (> 0)$	charge $q (+ \text{ ou } -)$
Loi	$F = G \frac{m_A m_B}{d^2}$	$F = k \frac{ q_A q_B }{d^2}$
Champ	$\vec{F} = m \vec{G}$	$\vec{F} = q \vec{E}$
Sens	toujours attractif	attractive ou répulsive
Portée	$1/d^2$, infinie	$1/d^2$, infinie

Les deux lois ont donc la **même structure** en $1/d^2$: c'est l'analogie fondamentale entre ces deux interactions.

Exemple : Dans un atome d'hydrogène, l'électron est à $d = 53 \text{ pm}$ du proton. Calculer la force électrostatique.

$$F = k \frac{|-e| \times |e|}{d^2} = \frac{8,99 \times 10^9 \times (1,60 \times 10^{-19})^2}{(53 \times 10^{-12})^2} = 8,2 \times 10^{-8} \text{ N}$$

Cette force est attractive (charges de signes contraires) et dirigée de l'électron vers le proton.

Deux lois jumelles en $1/d^2$: $F = G \frac{m_A m_B}{d^2}$ et $F = k \frac{|q_A| |q_B|}{d^2}$.

Le champ décrit l'espace, indépendamment de ce qu'on y place : $\vec{F} = m \vec{G}$ et $\vec{F} = q \vec{E}$.

Signe : la gravitation n'attire que ; l'électrostatique attire **ou** repousse, et $\vec{F}$ est opposée à $\vec{E}$ si $q < 0$.