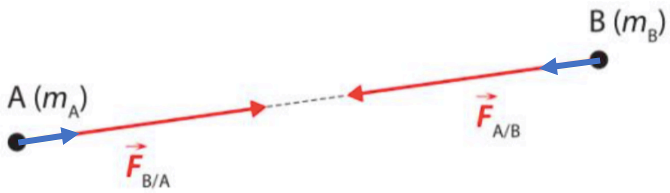
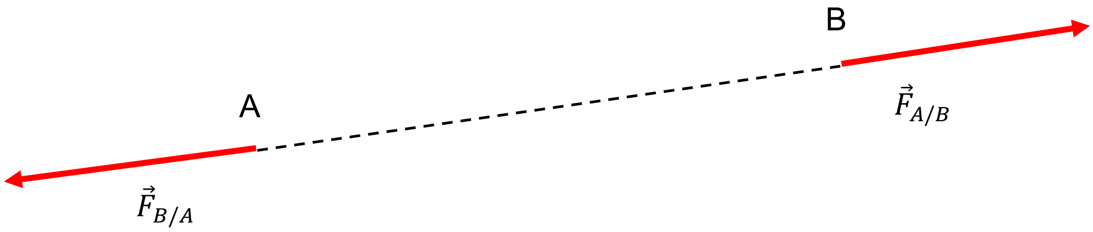
Chapitre 5. Interactions, forces et champs

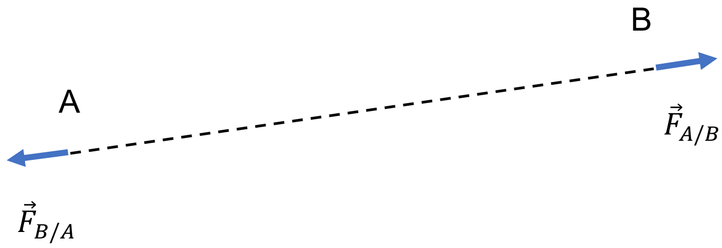
Exercice 1 : représenter des forces d'interaction

1. L'intensité de la force gravitationnelle est inversement proportionnelle au carré de la distance, donc si la distance est doublée, cela signifie que l'intensité de la force sera 4 fois plus faible (voir vecteurs bleus sur le schéma ci-contre).



2. L'intensité de la force électrostatique est elle aussi inversement proportionnelle au carré de la distance, donc si la distance est doublée, cela signifie que l'intensité de la force sera 4 fois plus faible.





Exercice 2 : représenter une force de gravitation

Déterminons la taille de l'orbite de Mars autour du Soleil :

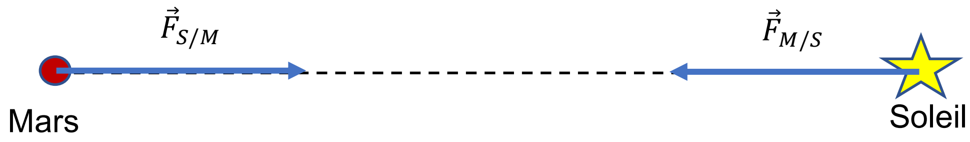
Distance (en km)	Taille (en cm)
$2{,}28 \times 10^{8}$	?
$2{,}0 \times 10^{7}$	1

$$\frac{2{,}28 \times 10^{8} \times 1}{2{,}0 \times 10^{7}} = 11{,}4\ cm$$

Déterminons la taille de la force gravitationnelle exercée par le Soleil sur Mars :

Force (en N)	Taille (en cm)
$1{,}64 \times 10^{21}$	?
$0{,}50 \times 10^{21}$	1

$$\frac{1{,}64 \times 10^{21} \times 1}{0{,}50 \times 10^{21}} \approx 3{,}3\ cm$$



Exercice 3 : le film Interstellar

1. Valeur du champ de pesanteur à la surface de Miller :

$$g_M = g_T \times \frac{130}{100}$$

Application numérique :

$$g_M = 9{,}81 \times \frac{130}{100}$$

$$g_M \approx 12{,}8\ N.kg^{-1}$$

2. a. Poids de Cooper à la surface de Miller :

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

b. Valeur de la force de gravitation subie par Cooper sur Miller :

$$F = G\frac{mM_M}{{R_M}^2}$$

c. En assimilant les valeurs du poids et de la force de gravitation, on peut écrire que :

$$P = F$$

Soit :

$$mg_M = G\frac{mM_M}{{R_M}^2}$$

En simplifiant par m, il reste :

$$g_M = G\frac{M_M}{{R_M}^2}$$

3. Calculons le rayon que devrait avoir Miller en supposant qu'elle est aussi lourde que la Terre.

Nous savons que :

$$g_M = G\frac{M_M}{{R_M}^2}$$

En faisant un produit en croix, on trouve :

$$g_M{R_M}^2 = GM_M$$

En isolant R_M :

$${R_M}^2 = \frac{GM_M}{g_M}$$

En prenant la racine carrée de chaque côté de l'équation :

$$R_M = \sqrt{\frac{GM_M}{g_M}}$$

En considérant que Miller a la même masse que la Terre :

$$R_M = \sqrt{\frac{GM_T}{g_M}}$$

Application numérique :

$$R_M = \sqrt{\frac{6{,}67 \times 10^{-11} \times 5{,}97 \times 10^{24}}{12{,}8}}$$

$$R_M \approx 5{,}59 \times 10^6\ m$$

Exercice 4 : calculer la valeur d'une charge

1. Le signe de la charge placée en B est négative car la force subie par cette charge est répulsive, ce qui signifie qu'elle possède une charge de même signe que la charge A, lequel est négatif.
2. Valeur de la charge placée en B :

$$F = k\frac{q_A q_B}{d^2}$$

En faisant un produit en croix :

$$kq_A q_B = Fd^2$$

En isolant q_B :

$$q_B = \frac{Fd^2}{kq_A}$$

Application numérique (attention à convertir d en m) :

$$q_B = \frac{4{,}60 \times 10^{-10} \times (2{,}0 \times 10^{-9})^2}{9{,}0 \times 10^9 \times (-3{,}2 \times 10^{-19})}$$

$$q_B \approx -6{,}4 \times 10^{-19}\ C$$

Exercice 5 : étudier une migration d'ions

1. La force responsable de la mise en mouvement des ions entre les plaques est la force électrostatique.
2. a. Les cations potassium sont positifs, donc cela signifie que la plaque de droite porte une charge négative, car deux charges de signes opposés s'attirent.
   b. La plaque de gauche porte une charge opposée à celle de droite, donc cela signifie que la plaque de gauche porte une charge positive, donc les anions chlorure (qui portent une charge négative) sont attirés par la plaque de gauche.

Exercice 6 : l'atome d'iode

1. a. Masse d'un atome d'iode :

$$m_I = \frac{M_I}{N_A}$$

Application numérique :

$$m_I = \frac{126{,}9}{6{,}02 \times 10^{23}}$$

$$m_I \approx 2{,}11 \times 10^{-22}\ g$$

Convertissons cette valeur en kg, sachant que 1 g = 0,001 kg :

$$m_I = 2{,}11 \times 10^{-22} \times 0{,}001$$

$$m_I = 2{,}11 \times 10^{-25}\ kg$$

b. Charge électrique du noyau de l'atome d'iode :

$$q_I = Ze$$

Application numérique :

$$q_I = 53 \times 1{,}60 \times 10^{-19}$$

$$q_I \approx 8{,}48 \times 10^{-18}\ C$$

2. a. Expression vectorielle de la force de gravitation :

$$\vec{F_g} = -G\frac{m_I m_e}{d^2}\vec{u}$$

Valeur de la force de gravitation :

$$F_g = G\frac{m_I m_e}{d^2}$$

Application numérique :

$$F_g = 6{,}67 \times 10^{-11} \times \frac{2{,}11 \times 10^{-25} \times 9{,}1 \times 10^{-31}}{(140 \times 10^{-12})^2}$$

$$F_g \approx 6{,}5 \times 10^{-46}\ N$$

b. Expression vectorielle de la force électrostatique :

$$\vec{F_e} = k\frac{q_I(-e)}{d^2}\vec{u}$$

Valeur de la force électrostatique :

$$F_e = k\frac{q_I e}{d^2}$$

Application numérique :

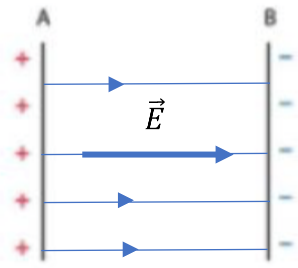
$$F_e = 9{,}0 \times 10^{9} \times \frac{8{,}48 \times 10^{-18} \times 1{,}60 \times 10^{-19}}{(140 \times 10^{-12})^2}$$

$$F_e \approx 6{,}2 \times 10^{-7}\ N$$

3. A l'échelle de l'atome, l'interaction prédominante est la force électrostatique.

Exercice 7 : champ électrostatique créé par un condensateur plan

1.



Valeur du champ électrostatique (N/C)	Taille du vecteur (cm)
$1,0 \times 10^4$	2,0
$5,0 \times 10^3$	1,0

$$\frac{1,0 \times 10^4 \times 1}{5,0 \times 10^3} = 2,0\ cm$$

2. Voir schéma.
3. Valeur de la force électrostatique subie par l'électron entre les plaques :

$$F_e = |q|E$$

Application numérique :

$$F_e = 1,60 \times 10^{-19} \times 1,0 \times 10^4$$
$$F_e = 1,60 \times 10^{-15}\ N$$

L'électron, qui porte une charge négative, va se déplacer vers la plaque du condensateur qui porte une charge positive, car deux charges de signes opposés s'attirent.

Exercice 8 : un texte de Richard Feynman

1. Le point commun est que les deux interactions varient comme l'inverse du carré de la distance.

   Les différences sont que la force électrostatique a une intensité très supérieure à la force de gravitation, et que la force électrostatique peut être attractive ou répulsive, alors que la force de gravitation est toujours attractive.
2. Ce sont les forces électrostatique et de gravitation.
3. Valeur de la force électrostatique entre deux protons :

$$F_e = k\frac{e^2}{d^2}$$

Application numérique (on prendra comme distance le diamètre d'un noyau soit $10^{-15}\ m$) :

$$F_e = 9,0 \times 10^9 \times \frac{(1,60 \times 10^{-19})^2}{(1,0 \times 10^{-15})^2}$$
$$F_e = 2,3 \times 10^2\ N$$

Valeur de la force gravitationnelle entre deux protons :

$$F_g = G\frac{{m_e}^2}{d^2}$$

Application numérique (on prendra comme distance le diamètre d'un noyau soit $10^{-15}\ m$) :

$$F_g = 6{,}67 \times 10^{-11} \times \frac{(1{,}7 \times 10^{-27})^2}{(1{,}0 \times 10^{-15})^2}$$

$$F_g = 1{,}9 \times 10^{-34}\ N$$

Calculons le rapport entre la force électrostatique et la force gravitationnelle :

$$\frac{F_e}{F_g} = \frac{2{,}3 \times 10^2}{1{,}9 \times 10^{-34}}$$

$$\frac{F_e}{F_g} \approx 10^{36}$$

Et un milliard de milliard de milliard de milliard = $10^{9+9+9+9} = 10^{36}$, ce qui est en accord avec le calcul fait.

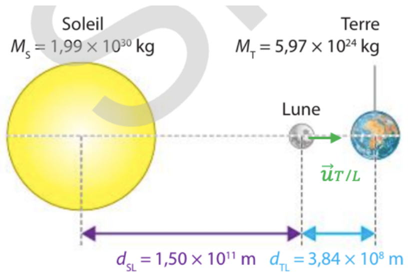
Exercice 9 : Champ lors d'une éclipse

1- Expression de la force exercée par la Terre sur la Lune $\vec{F}_{T/L}$ en fonction de M_L, M_T et $d_{T/L}$ et de $\vec{u}_{T/L}$:

$\vec{F}_{T/L} = G \times \frac{M_L \times M_T}{d^2_{T/L}}\ \vec{u}_{T/L}$

2- Expression de la force exercée par la Terre sur la Lune $\vec{F}_{T/L}$ en fonction du champ de gravitation $\vec{G}_T$ et de la masse de la Lune M_L :

$\vec{F}_{T/L} = M_L \times \vec{G}_T$



3- On en déduit l'expression vectorielle du champ de gravitation $\vec{G}_T$:

On a : $G \times \frac{M_L \times M_T}{d^2_{T/L}}\ \vec{u}_{T/L} = M_L \times \vec{G}_T$

Donc $\vec{G}_T = G \times \frac{M_T}{d^2_{T/L}}\ \vec{u}_{T/L}$

4- Direction de $\vec{G}_T$: Droite passant par les centres de la Terre et de la Lune.

Sens de $\vec{G}_T$: De la Lune vers la Terre

Valeur du champ de gravitation $\vec{G}_T$:

$G_T = G \times \frac{M_T}{d^2_{T/L}} = 6{,}67.10^{-11} \times \frac{5{,}97.10^{24}}{(3{,}84.10^{8})^2} = 2{,}70.10^{-3}$ N/kg

5- Représentation du champ $\vec{G}_T$ au niveau de la Lune :