Correction des exercices du chapitre 3 :

Attention les corrections ne sont pas toujours rédigées correctement.
Les solutions rédigées sont faites en classe ou dans le livre avec l'exercice résolu p 182-183

QCM
p. 181

1. B ; 2. C ; 3. A ; 4. B ; 5. A et **C ; 6. B ; 7. B ; 8. A** et **C**.

Exercices — Appliquer le cours
p. 184

3 Exprimer la force de gravitation

La force de gravitation exercée par le Soleil sur Jupiter a pour expression vectorielle :

$\vec{F}_{S/J} = -G \times \dfrac{M_J \times M_S}{{d_{JS}}^2}\,\vec{u}_{S\to J}$ Sa valeur est : $F_{S/J} = G \times \dfrac{M_J \times M_S}{{d_{JS}}^2}$.

$F_{S/J} = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \mathrm{N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}} \times \dfrac{1{,}90 \times 10^{27}\ \mathrm{kg} \times 1{,}99 \times 10^{30}\ \mathrm{kg}}{(7{,}79 \times 10^{11}\ \mathrm{m})^2}$

$F_{S/J} = 4{,}16 \times 10^{23}$ N

4 Représenter une force de gravitation

La force de gravitation exercée par Mars sur le Soleil a pour valeur: $F_g = 1{,}64 \times 10^{21}$ N . Avec l'échelle 1 cm pour $0{,}50 \times 10^{21}$ N , elle sera représentée par un vecteur long de :

$\dfrac{1{,}64 \times 10^{21}\ \mathrm{N} \times 1\ \mathrm{cm}}{0{,}50 \times 10^{21}\ \mathrm{N}} = 3{,}3$ cm.

La distance entre les deux astres est $d = 2{,}28 \times 10^8$ km. Avec l'échelle 1 cm pour $2{,}0 \times 10^7$ km, elle sera représentée par un espacement de longueur de $\dfrac{2{,}28 \times 10^8\ \mathrm{km} \times 1\ \mathrm{cm}}{2{,}0 \times 10^7\ \mathrm{km}} = 11{,}4$ cm.

Cette force est appliquée au Soleil, elle est dirigée vers Mars.

5 Déterminer et calculer une interaction

1. Entre les deux particules il existe une interaction électrostatique attractive puisque les deux corps portent des charges de signe opposé.

2. $F_{A/B} = F_{B/A} = k \times \dfrac{|q_A| \times |q_B|}{d^2}$.

$F_{A/B} = F_{B/A} = 9{,}0 \times 10^9\ \mathrm{N \cdot m^2 \cdot C^{-2}} \times \dfrac{1{,}6 \times 10^{-19}\ \mathrm{C} \times 1{,}6 \times 10^{-19}\ \mathrm{C}}{(1{,}5 \times 10^{-9}\ \mathrm{m})^2}$

$F_{A/B} = F_{B/A} = 1{,}0 \times 10^{-10}$ N.

6 Calculer une charge

1. Le schéma montre que les charges se repoussent. La charge placée en B est donc de même signe que celle placée en A. De plus, la charge placée en A est négative car $q_A < 0$. Donc la charge placée en B est négative.

2. On a: $F_{A/B} = k \times \dfrac{|q_A| \times |q_B|}{d^2}$.

Donc $|q_B| = \dfrac{F_{A/B} \times d^2}{|q_A| \times k}$

$|q_B| = \dfrac{4{,}60 \times 10^{-10}\ \mathrm{N} \times (2{,}0 \times 10^{-9}\ \mathrm{m})^2}{3{,}2 \times 10^{-19}\ \mathrm{C} \times 9{,}0 \times 10^9\ \mathrm{N \cdot m^2 \cdot C^{-2}}} = 6{,}4 \times 10^{-19}$ C.

Comme $q_B < 0$ il vient $q_B = -6{,}4 \times 10^{-19}$ C.

7 Comparer des interactions

Interaction	Analogies		Différences		
Gravitationnelle entre la Lune et la Terre	Interaction à distance	Valeur inversement proportionnelle au carré de la distance entre les deux corps	Interaction attractive	Valeur proportionnelle aux masses des deux corps	Valeur très grande
Électrostatique entre les ions Ca^{2+} et les ions F^-			Interaction répulsive	Valeur proportionnelle aux charges des deux corps	Valeur très petite

8 Représenter des forces d'interaction

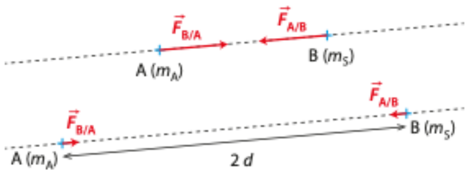
1. Les forces d'interaction gravitationnelle ont pour expression :

$F_{A/B} = F_{B/A} = G \times \dfrac{m_A \times m_B}{d^2}$.

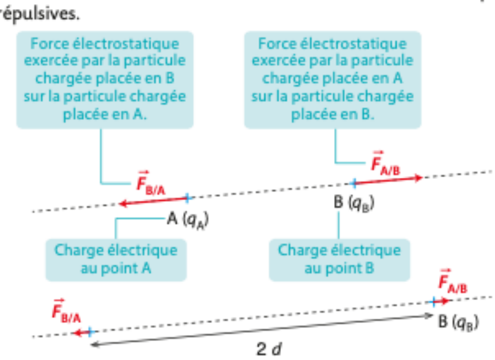
Dans le cas où la distance séparant les corps est doublée, la valeur de la force est divisée par 4.

En effet, on a alors :

$F'_{A/B} = F'_{B/A} = G \times \dfrac{m_A \times m_B}{(2d)^2} = G \times \dfrac{m_A \times m_B}{4d^2} = \dfrac{F_{A/B}}{4} = \dfrac{F_{B/A}}{4}$



2. Schémas annotés dans le cas de deux forces électrostatiques répulsives.



Pour avoir une telle interaction les charges doivent être de même signe.

9 Électrisation de la matière

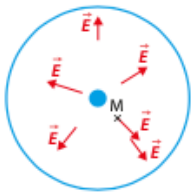
1. Les charges portées par l'extrémité de la tige en polystyrène et celles de la sphère sont de même signe car l'interaction est répulsive. Les charges portées par l'extrémité de la tige en verre et celles portées par la sphère métallique sont de signes opposés puisque l'interaction électrostatique est attractive.
La sphère est chargée négativement donc la tige en polystyrène est chargée négativement et la tige en verre est chargée positivement.
2. Les tiges ont été électrisées par frottement par un chiffon qui a :
– arraché des électrons à la surface de la tige en verre ;
– déposé des électrons à la surface de la tige en polystyrène.

10 Étudier une migration d'ions

1. La force électrostatique entre les ions chargés et les plaques chargées est à l'origine de la mise en mouvement des ions.
2. a. Quand les cations K^+ se déplacent vers la plaque de droite il y a une force électrostatique attractive entre ces cations et la plaque de droite et une force électrostatique répulsive entre ces cations et la plaque de gauche.
La plaque de droite porte donc une charge de signe opposé à celui d'un cation, soit une charge négative.
La plaque de gauche porte donc une charge de même signe que celui d'un cation, soit une charge positive.
b. Par conséquent les anions $C\ell^-$ chargés négativement vont être repoussés par la plaque de droite et attirés par la plaque qui est chargée positivement. Ils se déplacent donc vers la plaque de gauche.

11 Étudier un champ

1. L'armature centrale est chargée positivement car le champ électrostatique tracé est orienté depuis le centre vers l'extérieur.
2. Le champ électrostatique en M est radial par définition et orienté du centre vers l'extérieur car la charge de l'armature centrale est positive.



12 Trouver le bon champ

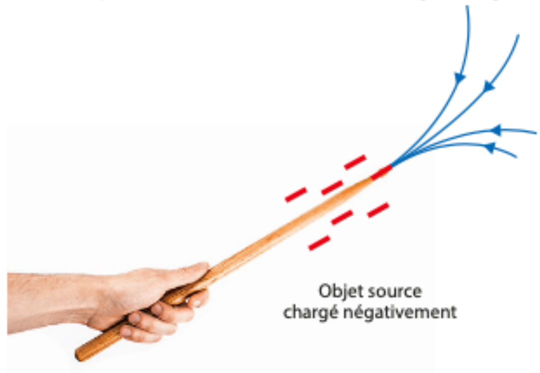
1. Le champ représenté sur le schéma est le champ gravitationnel car l'objet M source possède une masse.
2. La valeur du champ gravitationnel créé en A par l'objet M est $\mathcal{G} = G \times \dfrac{M_M}{d^2}$.
Elle décroît avec la distance (décroissance en $1/d^2$). B est plus éloigné que A de l'objet source M. La valeur du champ en B est donc plus faible qu'en A. Le champ en A est donc représenté par un vecteur plus long que celui qui représente le champ en B.

13 Tracer les lignes de champ

Les lignes de champ sont tangentes au champ en chacun de leurs points et orientées dans le même sens que lui.
Le champ de gravitation terrestre est un champ radial qui pointe vers le centre de la Terre, objet source du champ.

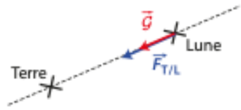
14 Orienter les lignes de champ

1. Une ligne de champ est une ligne tangente en chacun de ses points au vecteur champ. Elle est orientée par une flèche dans le sens du champ.
2. L'objet source est le bâton chargé négativement ; le champ électrostatique est orienté vers le bâton car sa charge est négative.



15 Connaître le champ de gravitation

1. $\vec{F} = M_L\ \vec{\mathcal{G}}$
2. La valeur de la force s'exprime en N.
La masse s'exprime en kg.
La valeur du champ s'exprime donc en $N \cdot kg^{-1}$ car $N = kg \cdot N \cdot kg^{-1}$
3. Le champ gravitationnel $\vec{\mathcal{G}}$ de la Terre et la force $\vec{F}_{T/L}$ exercée par la Terre sur la Lune sont colinéaires et de même sens. Ils sont dirigés vers la Terre.



16 Caractériser un champ de gravitation

Le champ de gravitation du Soleil au niveau de Neptune a pour expression $\vec{\mathcal{G}}_S = -G \times \dfrac{M_S}{d_{SN}^2}\vec{u}_{S\to N}$

Ses caractéristiques sont :
Direction : la droite passant par les centres du Soleil et de Neptune ;
Sens : de Neptune vers le Soleil (vers l'objet source du champ)
Valeur :

$$\mathcal{G}_S = G \times \frac{M_S}{d_{SN}^2}$$

$$\mathcal{G}_S \times 2 = 6{,}67 \times 10^{-11}\ N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}\ \frac{2{,}00 \times 10^{30}\ kg}{(4{,}50 \times 10^{12}\ m)^2}$$

$$\mathcal{G}_S \times 2 = 6{,}59 \times 10^{-6}\ N \cdot kg^{-1}.$$

Exercices S'entraîner p. 186

17 Champ de pesanteur en haut de l'Éverest

1. La force de gravitation exercée par la Terre sur l'alpiniste a pour expression vectorielle : $\vec{F}_{T/A} = -G \times \dfrac{m \times M_T}{d_{TA}{}^2}\ \vec{u}_{T\to A}$ où $\vec{u}_{T\to A}$ est un vecteur unitaire dirigé du centre de la Terre vers l'alpiniste.
Sa valeur est : $F_{T/A} = G \times \dfrac{m \times M_T}{d^2}$.
2. $\vec{P} = m \times \vec{g}_E$ la valeur du poids est donc $P = m \times g_E$

3. $P = F_{T/A}$ donc $m \times g_E = G \times \dfrac{m \times M_T}{d^2}$ soit $g_E = G \times \dfrac{M_T}{d^2}$

4. $g_E = 6{,}67\ 10^{-11}\ \text{N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2} \times \dfrac{5{,}97 \times 10^{24}\ \text{kg}}{(6{,}382 \times 10^6\ \text{m})^2}$

$g_E = 9{,}78\ \text{N} \times \text{kg}^{-1}$; ce qui est plus faible qu'au niveau de la mer ($9{,}81\ \text{N} \times \text{kg}^{-1}$).

Complément pour le professeur : https://fr.wikipedia.org/wiki/Accélération_normale_de_la_pesanteur_terrestre

18 Un texte de Richard Feynman

1. Les deux interactions mentionnées ont comme point commun d'être des interactions à distance qui varient avec l'inverse du carré de la distance ; mais elles diffèrent car l'une des interactions ne peut être qu'attractive alors que l'autre peut être répulsive ou attractive, et leurs valeurs ont des ordres de grandeur très différents.

2. La première force évoquée est la force de gravitation.

La seconde force évoquée est la force électrostatique.

3. $\vec{F}_{G,\,p/p} = -\,G \times \dfrac{m_{\text{proton}} \times m_{\text{proton}}}{d^2_{p\text{-}p}} \vec{u}_{p\to p}$

$\vec{F}_{E,\,p/p} = k \times \dfrac{q_{\text{proton}} \times q_{\text{proton}}}{d^2_{p\text{-}p}} \vec{u}_{p\to p}$ avec $q_{\text{proton}} = e$

$F_{E,\,p/p} = k \times \dfrac{e \times e}{d^2_{p\text{-}p}}$ et $F_{G,\,p/p} = G \times \dfrac{m_{\text{proton}} \times m_{\text{proton}}}{d^2_{p\text{-}p}}$

soit $\dfrac{F_E}{F_G} = \dfrac{k \times e^2}{G \times m^2_{\text{proton}}}$

$\dfrac{F_E}{F_G} = \dfrac{9{,}0 \times 10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{C}^{-2} \times (1{,}6 \times 10^{-19}\ \text{C})^2}{6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2} \times (1{,}7 \times 10^{-27}\ \text{kg})^2} = 1{,}2 \times 10^{36}$

Richard Feynman donne un ordre de grandeur de :
$1 \times 10^9 \times 10^9 \times 10^9 \times 10^9 = 10^{36}$

Le rapport des valeurs des forces est bien dans l'ordre de grandeur donné.

19 Le sel de table

1. a. La distance entre un ion sodium et un ion chlorure voisins est $d_1 = 282\ \text{pm} = 282 \times 10^{-12}\ \text{m}$.

La force électrostatique exercée par un ion sodium sur un ion chlorure voisins est

$\vec{F}_{Na^+/C\ell^-} = k \times \dfrac{e \times (-e)}{d_1^2} \vec{u}_{Na^+ \to C\ell^-}$ car $q_{\text{sodium}} = e$ et $q_{\text{chlorure}} = -e$

Sa valeur est : $F_{Na^+/C\ell^-} = F_{C\ell^-/Na^+} = k \times \dfrac{e^2}{d_1^2}$

$= 9{,}0 \times 10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{C}^{-2} \times \dfrac{(1{,}6 \times 10^{-19}\ \text{C})^2}{(282 \times 10^{-12}\ \text{m})^2} = 2{,}9 \times 10^{-9}\ \text{N}.$

b. De même la valeur de la force électrostatique s'exerçant entre deux ions sodium les plus proches est $F_{Na^+/Na^+} = k \times \dfrac{e^2}{d_2^2}$

$= 9{,}0 \times 10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{C}^{-2} \times \dfrac{(1{,}6 \times 10^{-19}\ \text{C})^2}{(399 \times 10^{-12}\ \text{m})^2} = 1{,}4 \times 10^{-9}\ \text{N}.$

c. La valeur de la force électrostatique s'exerçant entre deux ions chlorure les plus proches a la même valeur que celle entre deux ions sodium car les charges ont la même valeur absolue et la distance est la même.

Donc $F_{C\ell^-/C\ell^-} = 1{,}4 \times 10^{-9}\ \text{N}$.

2. Si l'on considère un ion central, ses plus proches voisins (au nombre de 6), sont situés à une distance $d_1 = 282$ pm, sont des ions identiques entre eux dont la charge est de signe opposé à celle de l'ion central : ils exercent sur l'ion central des forces attractives.

À une distance un peu plus grande, $d_2 = 399$ nm, on trouvera des ions (au nombre de 12) de même nature et de même signe que l'ion central : ils exercent des forces répulsives sur l'ion central.

Chaque force attractive est plus intense que la force répulsive, car la distance à l'ion central est plus faible ; la résultante des forces attractives est supérieure à la résultante des forces répulsives. Cela assure la cohésion du cristal.

20 Connaître les critères de réussite
Déviation des particules

1. La plaque de déviation chargée positivement est la plaque du haut du schéma puisque la tension U mesurée par le voltmètre est positive avec la borne V du voltmètre reliée à la plaque du haut la borne COM reliée à la plaque du bas.

2. La force électrostatique $\vec{F}$ exercée sur une particule de charge q placée dans le champ $\vec{E}$ est $\vec{F} = q\,\vec{E}$.

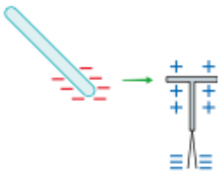
3. Le champ est perpendiculaire aux plaques, orienté de la plaque positive du haut vers la plaque négative du bas (orienté depuis l'objet source, si la charge est positive).

Les particules constituant les rayons cathodiques sont déviées vers le haut. Elles sont donc soumises à une force électrique $\vec{F}$ verticale dirigée vers le haut opposée à $\vec{E}$ donc la charge q de chaque particule du faisceau est négative. (Cohérent car une particule chargée négativement est attirée par la plaque chargée de signe contraire.)

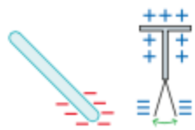
21 Un électroscope fait maison

1. Schématisation de l'expérience.

Lorsque la **baguette chargée négativement** est loin de l'électroscope, les **charges** sont réparties de manière homogène sur l'électroscope.



Lorsque la **baguette chargée négativement** est **approchée** de l'électroscope, la répartition des **charges de l'électroscope** n'est plus homogène.



– Les électrons se retrouvent repoussés loin de la baguette car ils portent des charges de même signe que la charge de la baguette. Ils s'accumulent donc sur les feuilles d'aluminium ;

– Le haut de l'électroscope porte alors une charge positve.

Sur les feuilles d'aluminium, les charges de même signe se repoussent, cela provoque un **écartement** des feuilles.

2. La baguette chargée par frottement attire par influence les charges de signe opposées et repousse les charges de même signe mais on ne peut pas connaitre le signe des charges portées par cette baguette.

Par contre, il est possible de comparer les signes des charges portées par deux objets :

– On électrise par contact l'électroscope avec un premier objet chargé, l'électroscope prend une charge de même signe que celle du premier objet.

– On approche un second objet chargé de cet électroscope et on observe :

– si les feuilles s'écartent davantage c'est que la charge du second objet est de même signe que celle du premier ;

– si les feuilles se rapprochent c'est que la charge du second objet est de signe opposé à celle du premier.

22 J'attire tout sur mon passage

1. Le champ de gravitation dû à un objet de masse M, en un point distant de d du centre de cet objet a pour expression :

$\vec{\mathcal{G}} = -G \times \frac{M}{d^2}\,\vec{u}_{M\to point}$ où $\vec{u}_{M\to point}$ est un vecteur unitaire orienté du centre de l'objet de masse M vers le point situé à la distance d du centre de l'objet de masse M.

2. a. $\mathcal{G}_m = G \times \frac{m}{d^2} = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \mathrm{N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}} \times \frac{60\ \mathrm{kg}}{(1{,}0\ \mathrm{m})^2}$
$= 4{,}0 \times 10^{-9}\ \mathrm{N \cdot kg^{-1}}$.

b. $\mathcal{G}_T = G \times \frac{M_T}{R_T^2} = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \mathrm{N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}} \times \frac{5{,}97 \times 10^{24}\ \mathrm{kg}}{(6{,}38 \times 10^6\ \mathrm{m})^2}$
$= 9{,}78\ \mathrm{N \cdot kg^{-1}}$.

3. $\frac{\mathcal{G}_T}{\mathcal{G}_m} = \frac{9{,}78\ \mathrm{N \cdot kg^{-1}}}{4{,}0\ \ 10^{-9}\ \mathrm{N \cdot kg^{-1}}} = 2{,}4 \times 10^9$.

Le champ gravitationnel attractif créé par le camarade de classe est 2,4 milliards de fois plus petit que celui dû à la Terre.

23 Exercice à caractère expérimental

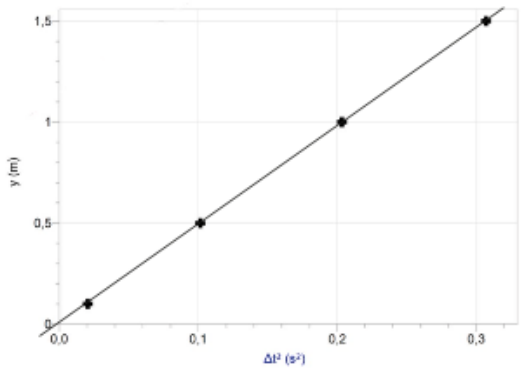
Détermination de la valeur du champ de pesanteur terrestre

1. La connaissance de la valeur du champ de pesanteur en différents endroits du globe permet de connaître plus exactement la forme globale de la Terre en géophysique. Cela permet aussi de mieux connaitre le sous-sol, c'est utilisé par exemple en prospection minière.

2. Données recueillies sur la vidéo :

y (m)	Δt (s)
0,100	0,1431
0,500	0,3184
1,000	0,4509
1,500	0,5541

Représentation graphique :



3. a La modélisation du nuage de points par une fonction linéaire est satisfaisante car les points sont alignés sur une droite passant par l'origine du repère.

L'équation obtenue est $y = 4{,}90\,t^2$ en unité SI.

b. Par identification avec la loi indiquée dans le document **B** on en déduit $g_{(Lausanne)} = 2 \times 4{,}90 = 9{,}80\ \mathrm{N \cdot kg^{-1}}$.

4. Les physiciens de l'École polytechnique de Lausanne ont pu trouver une valeur $g = 9{,}806\ \mathrm{N \cdot kg^{-1}}$ plus proche de la valeur de référence en réalisant, par exemple, leur expérience dans le vide.

Complément pour le professeur : http://bgi.omp.obs-mip.fr/data-products/Gravity-Databases/Reference-Gravity-Stations

24 À chacun son rythme

Influence de plusieurs champs

1. Les vecteurs champ $\vec{E}_A$ et $\vec{E}_B$ ont pour direction la droite qui passe par l'objet source, respectivement A ou B, et par le point de l'espace considéré. La ligne de champ sur laquelle les vecteurs champ électrostatique $\vec{E}_A$ et $\vec{E}_B$ sont colinéaires est donc la droite qui passe par les centres des deux corps, A et B.

2. a. $\vec{E}_A$ et $\vec{E}_B$ doivent être deux vecteurs opposés pour que leur somme soit égale au vecteur nul : Si $\vec{E}_A = -\vec{E}_B$ alors :
$\vec{E}_A + \vec{E}_B = \vec{0}$.

2. b. $\vec{E}_A = -\vec{E}_B$ donc $E_A = E_B$.

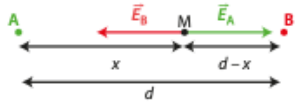
3. On considère une charge q' placée en M.

La force électrostatique exercée par la charge placée en A sur la charge q' placée en M est : $\vec{F}_{A/M} = q'\,\vec{E}_A$

La force électrostatique exercée par la charge placée en B sur la charge q' placée en M est : $\vec{F}_{B/M} = q'\,\vec{E}_B$

Le système chargé est en équilibre en M si

$\vec{F}_{A/M} + \vec{F}_{B/M} = \vec{0}$ soit $q'\,\vec{E}_B + q'\,\vec{E}_A = 0$ soit $\vec{E}_A = -\vec{E}_B$ donc $E_A = E_B$.



Les vecteurs champ $\vec{E}_A$ et $\vec{E}_B$ sont orientés depuis l'objet source car les charges en A et en B sont positives.

Le point M de l'espace où il y a équilibre appartient au segment qui joint A et B car c'est la seule région de l'espace où $\vec{E}_A$ et $\vec{E}_B$ sont de sens opposés. (Sur la droite AB, en dehors de ce segment, $\vec{E}_A$ et $\vec{E}_B$ sont de même sens.)

La valeur du champ est donnée par : $E = k \times \frac{|q_{source}|}{d^2}$

En notant x la distance entre A et M il vient : $E_A = k \times \frac{2\,|q|}{x^2}$

et $E_B = k \times \frac{|q|}{(d-x)^2}$

Or $E_A = E_B$ donc $k \times \frac{2|q|}{x^2} = k \times \frac{|q|}{(d-x)^2}$

soit $\frac{2}{x^2} = \frac{1}{(d-x)^2}$

donc $x^2 - 2\,(d-x)^2 = 0$

Cela s'écrit aussi : $x^2 - \left(\sqrt{2}\,(d-x)\right)^2 = 0$

En utilisant l'identité remarquable $a^2 - b^2 = (a+b)\times(a-b)$ on peut alors écrire : $\left(x + \sqrt{2}(d-x)\right) \times \left(x - \sqrt{2}(d-x)\right) = 0$.

Cette équation a deux solutions mathématiques :

Soit $x - \sqrt{2}\,(d-x) = 0$

ce qui conduit à $x = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}+1} d = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}+1} \times 1\ \mathrm{cm} = 0{,}59\ \mathrm{cm}$

Soit $x + \sqrt{2}\,(d-x) = 0$

ce qui conduit à $x = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}-1} d = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}-1} \times 1\ \mathrm{cm} = 3{,}4\ \mathrm{cm}$

La seule solution possible est inférieure à d : $x = 0{,}59$ cm.

25 Champ de gravitation du Soleil et d'un trou noir

1. La force gravitationnelle qu'exerce le Soleil sur la Terre est :

$\vec{F}_{S/T} = -G \times \frac{M_T \times M_S}{d_{TS}^2}\,\vec{u}_{S\to T}$

Sa valeur est $F_{S/T} = G \times \frac{M_T \times M_S}{d_{TS}^2}$.

2. $F_{S/T} = M_T \times \mathcal{G}_S$

3. a. $G \times \frac{M_T \times M_S}{d_{TS}^2} = M_T \times \mathcal{G}_S$ soit $\mathcal{G}_S = G \times \frac{M_S}{d_{TS}^2}$

b. $\mathcal{G}_S = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}\ \dfrac{2{,}0 \times 10^{30}\ \text{kg}}{(1{,}5 \times 10^{11}\ \text{m})^2}$
$= 5{,}9 \times 10^{-3}\ \text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$.

4. Par analogie, le champ gravitationnel du trou noir au niveau de la Terre est :

$$\mathcal{G}_{\text{trou noir}} = \text{G} \times \frac{M}{d^2_{\text{T trounoir}}} = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$$

$$\frac{3{,}7 \times 10^6 \times 2{,}0 \times 10^{30}\ \text{kg}}{(2{,}46 \times 10^{20}\ \text{m})^2} = 8{,}1 \times 10^{-15}\ \text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$$

5. $\dfrac{\mathcal{G}_S}{\mathcal{G}_{\text{trou noir}}} = \dfrac{5{,}9 \times 10^{-3}\ \text{N} \cdot \text{kg}^{-1}}{8{,}1 \times 10^{-15}\ \text{N} \cdot \text{kg}^{-1}} = 7{,}3 \times 10^{11}$.

Le champ gravitationnel dû au trou noir est environ sept cent milliards de fois plus faible que celui dû au Soleil, donc le mouvement de la Terre n'est pas perturbé par l'existence de ce trou noir.

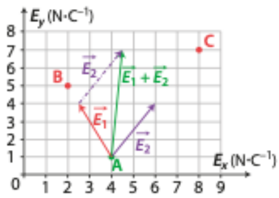
26 Côté maths

1. Le champ $\vec{E}$ résultant a pour coordonnées $((-1{,}5 + 2)\ \text{N} \cdot \text{C}^{-1}$; $(3 + 3)\ \text{N} \cdot \text{C}^{-1}) = (0{,}5\ \text{N} \cdot \text{C}^{-1}$; $6\ \text{N} \cdot \text{C}^{-1})$, ce que l'on retrouve bien par construction.

2. La norme du vecteur $\vec{E}$ est :

$\sqrt{(0{,}5\ \text{N} \cdot \text{C}^{-1})^2 + (6\ \text{N} \cdot \text{C}^{-1})^2} = 6{,}0\ \text{N} \cdot \text{C}^{-1}$, en arrondissant avec 2 chiffres significatifs.

3. Les vecteurs du champ au point A, sont orientés vers les objets source respectivement B et C car les charges en B et C sont négatives, donc leur somme également : la construction est en accord avec les charges placées en B et C.



27 Cartographie d'un champ

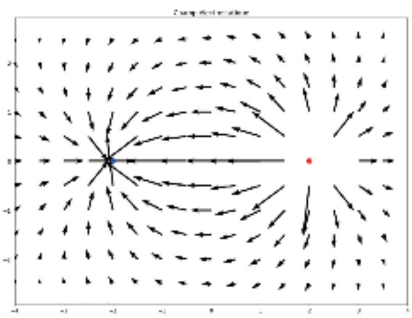
1. Le commentaire de la *ligne 11* indique quel est le codage utilisé pour les informations. On a la charge puis l'abscisse puis l'ordonnée de chaque particule.

```
11    '''Placement de la particule (charge,
      abscisse, ordonnée)'''
```

Les coordonnées des deux particules sont données sur la *ligne 12* sont (-2,0) et (2,0).

```
12    wires = [(-1,-2,0),(1,2,0)]
```

2. Figure obtenue à l'exécution du programme :



On sait que les lignes de champ sont orientées d'une particule positive vers une particule négative.

Sur la représentation obtenue avec ce programme, les lignes de champ sont orientées de la particule représentée en rouge vers la particule représentée en bleu.

Les particules représentées en bleu correspondent donc à des particules de signe négatif et celles en rouges à des particules de signe positif.

3. On retrouve la confirmation *ligne 32* :

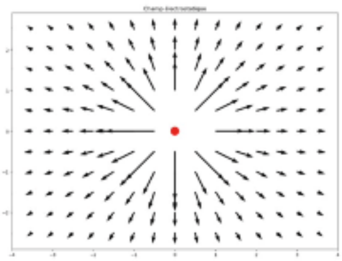
```
32    color = 'red' if qk > 0 else 'blue'
```

Si la charge est positive alors `color='red'` sinon, `color='blue'`.

4. Pour représenter le champ avec une seule charge positive, par exemple de charge « +2 », placée en position (0,0), il faut modifier la *ligne 12* :

```
12    wires = [(2,0,0)]
```

Quelques lignes de champ sont représentées ci- après :



5. a. Les deux charges sont maintenant de même signe. (La représentation du champ montre qu'il résulte de l'action de deux charges négatives et que la valeur absolue de la charge de la particule représentée à droite est plus élevée que celle représentée à gauche, créant un champ plus intense.)

b. Pour obtenir cette représentation, une modification du signe et de la charge des deux particules en présence a été effectuée *ligne 12* :

```
12    wires = [(-1,-2,0),(-4,2,0)]
```

28 Résolution de problème

Champ de gravitation dans l'ISS

1ère étape : S'approprier la question posée

1. Qu'est-ce que l'impesanteur ?
2. Qu'est-ce que l'ISS ?
3. Quelles sont les caractéristiques du champ de gravitation terrestre ?

2e étape : Lire et comprendre les documents

1. L'impesanteur est l'absence de sensation de poids que ressentent les astronautes en orbite (photographie du document A).
2. L'ISS est la station spatiale internationale. Elle est en orbite autour de la Terre Les caractéristiques de cette orbite (altitude, rayon...), de son déplacement (valeur de la vitesse) et de la station (masse) sont données dans le document B.
3. La masse de la Terre et la constante de gravitation universelle sont données.

3e étape : Dégager la problématique

L'état d'impesanteur des astronautes dans l'ISS est-il dû uniquement à la faible valeur de champ de pesanteur créé par la Terre ?

4e étape : Construire la réponse

– Calculer la valeur du champ de gravitation terrestre à l'altitude de l'ISS.
– Calculer la valeur du champ de gravitation terrestre à la surface de la Terre.
– Comparer les valeurs de ces deux champs.
– Conclure.

5e étape : Répondre

• **Présenter le contexte et introduire la problématique.**

Dans l'ISS, les astronautes sont en état d'impesanteur. Ils n'ont pas la sensation de poids.
On cherche à savoir si cette absence de sensation est uniquement due à la valeur du champ de pesanteur terrestre, plus faible en altitude qu'au niveau du sol.

• Mettre en forme la réponse.

Le vecteur champ gravitationnel terrestre au niveau de l'ISS a pour expression :

$$\vec{\mathcal{G}} = -G \times \frac{M_{Terre}}{d^2_{T-ISS}}\,\vec{u}_{T\to ISS}$$

La station est à une distance de la Terre égale au rayon de l'orbite : $d_{T-ISS} = R_{orbite}$

La valeur du champ gravitationnel terrestre au niveau de l'ISS est donc : $\mathcal{G}_{ISS} = G \times \frac{M_{Terre}}{R^2_{orbite}}$ soit :

$$\mathcal{G}_{ISS} = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2} \times \frac{5{,}97 \times 10^{24}\ \text{kg}}{(6780 \times 10^3\ \text{m})^2}$$

$$= 8{,}66\ \text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$$

Par analogie, la valeur du champ gravitationnel terrestre à la surface de la terre a pour expression :

$$\mathcal{G}_{surface} = G \times \frac{M_{Terre}}{R^2_{Terre}} \quad \text{soit } \mathcal{G}_{surface} = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2} \times \frac{5{,}97 \times 10^{24}\ \text{kg}}{(6{,}370 \times 10^6\ \text{m})^2} = 9{,}81\ \text{N}\cdot\text{kg}^{-1}.$$

• Conclure et introduire, quand c'est possible, une part d'esprit critique.

La diminution du champ gravitationnel n'est pas suffisante pour permettre d'expliquer l'état d'impesanteur des astronautes qui « flottent dans leur cabine ».

Complément : Cet état est dû au fait qu'ils ont la même accélération que la cabine dans leur mouvement de « chute » (cabine comme astronautes) autour de la Terre.

29 La physique du film Interstellar

1. La valeur du champ de pesanteur à la surface de la planète Miller est : $g_M = 130\%\, g_T$

$g_M = 1{,}30 \times 9{,}81\ \text{N}\cdot\text{kg}^{-1} = 12{,}8\ \text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$.

2. a. Le poids de Cooper à la surface de la planète Miller est $\vec{P} = m\ \vec{g}_M$

b. La force gravitationnelle qu'exerce Miller sur Cooper est

$$\vec{F}_{M/C} = -\,G \times \frac{m \times M_M}{R^2_M}\,\vec{u}_{M\to C}$$

c. Si $\vec{F}_{M/C} = \vec{P}$ alors $-\,G \times \frac{m \times M_M}{R^2_M}\,\vec{u}_{M\to C} = m\ \vec{g}_M$

soit $\vec{g}_M = -\,G \times \frac{M_M}{R^2_M}\,\vec{u}_{M\to C}$

Et donc $g_M = G \times \frac{M_M}{R^2_M}$

3. $R_M = \sqrt{\frac{G \times M_M}{g_M}}$.

Si la masse de Miller est la même que celle de la Terre alors

$$R_M = \sqrt{\frac{6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2} \times 5{,}97 \times 10^{24}\ \text{kg}}{12{,}8\ \text{N}\cdot\text{kg}^{-1}}}$$

$R_M = 5{,}58 \times 10^6$ m soit environ 5 600 km de rayon.

Remarque : ce résultat est cohérent car son rayon est nécessairement plus faible que celui de la Terre (environ 6 400 km) pour que la gravité au sol soit plus importante que celle de la Terre, puisque les masses sont considérée égales.

30 Gravitationnal field anomaly

Traduction : Bien que l'on qualifie généralement le champ de pesanteur terrestre comme étant constant, il existe en réalité de petites variations du champ de gravitation tout autour de la surface de la planète.

Ces variations ont des magnitudes typiques d'environ un dix millième de l'attraction gravitationnelle moyenne, qui vaut environ 9,8 mètres par seconde par seconde. Une carte globale de ces variations montre de grandes ondulations à différentes échelles de longueur. Ces variations sont appelées anomalies de gravité.

Il existe de nombreuses anomalies de ce type dans le champ de gravité de la Terre [...]. Utilisant une nouvelle approche pour analyser les champs de gravité planétaires, deux géophysiciens, Mark Simons du California Institute of Technology et Bradford Hager du M.I.T. (Massachusetts Institute of Technology), ont montré qu'un rebond glaciaire incomplet peut expliquer une partie importante de l'anomalie de gravité de la baie d'Hudson.

1. Le champ de gravité de la Terre est-il uniforme tout autour de la planète ?

2. Trouver par un calcul la valeur du champ de gravité mentionnée dans le texte.

3. a. Dans la chaîne de montagnes de l'Himalaya, la valeur du champ gravitationnel est-elle supérieure ou inférieure à celle en France ?

b. Évaluer de combien sa valeur diffère de la valeur moyenne calculée à la question précédente.

1. L'image montre que la valeur du champ de gravitation n'est pas constante à la surface de la terre : le champ n'est pas uniforme.

2. À la surface de la terre : $\vec{\mathcal{G}} = -G \times \frac{M_T}{R^2_T}\,\vec{u}_{centre\ T\to surface}$

soit $\mathcal{G} = G \times \frac{M_T}{R^2_T}$

$$\mathcal{G} = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2} \times \frac{5{,}97 \times 10^{24}\ \text{kg}}{(6{,}38 \times 10^6\ \text{m})^2} = 9{,}78\ \text{N}\cdot\text{kg}^{-1};$$

c'est la valeur moyenne sur Terre mentionnée dans le texte ($9{,}8\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$).

3. a. Sur le document, on observe que certaines zones de la chaîne de l'Himalaya sont en bleu, ce qui correspond à un champ de 170 mgal de moins que la moyenne ; d'autres sont en rose, ce qui correspond à 136 mgal de plus que la moyenne à la surface de la Terre.

Comme 1 mgal = $1 \times 10^{-5}\ \text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$, le champ de gravitation dans certaines zones de l'Himalaya est de $170 \times 10^{-5}\ \text{N}\cdot\text{kg}^{-1} = 0{,}00170\ \text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$ de moins que la moyenne et dans d'autres zones il est de $0{,}00136\ \text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$ de plus que la moyenne.

Sur le site http://icgem.gfz-potsdam.de/vis3d/longtime
Menu 3D Visualisation Static Models.
Fonction : gravity anomaly
On peut obtenir une image du globe avec les anomalies de gravité.
On y observe que la France est en vert.

Donc dans certaines zones de l'Himalaya le champ gravitationnel à une valeur plus grande que celle en France, dans d'autre zones elle est plus petite.

b. La différence maximale avec la moyenne est : $0{,}00170\ \text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Par rapport à $9{,}78\ \text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$, cela représente un écart de :

$$\frac{0{,}00170}{9{,}78} \times 100 = 0{,}02\ \%.$$

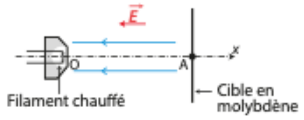
Vers l'épreuve écrite p. 191

31 Produire des rayons X à l'aide d'électrons (30 min)

1. La force électrostatique exercée sur un électron de charge $q = -e$ placé dans le champ $\vec{E}$ est $\vec{F}_e = -e\,\vec{E}$.

La force est opposée au vecteur champ ; elle propulse donc bien l'électron du filament vers la cible dans le tube, on peut dire qu'elle accélère les électrons.

2. a. Les lignes de champ sont tangentes au champ en chacun de leurs points et orientées dans le même sens que lui.
$\vec{E}$ est horizontal de droite à gauche dans le tube ; les lignes de champs sont donc horizontales et orientées de droite à gauche.



2. b. On a $\vec{F_e} = -e\,\vec{E}$ donc $F_e = e \times E$ soit
$F_e = 1{,}60 \times 10^{-19}\ \text{C} \times 5{,}0 \times 10^3\ \text{V}\cdot\text{m}^{-1} = 8{,}0 \times 10^{-16}\ \text{N}$.
On obtient alors $F_e = 8{,}0 \times 10^{-16}$ N.

3. a. Au point A la vitesse est $v = \sqrt{\dfrac{2\ e \times U}{m_e}}$

soit $v = \sqrt{\dfrac{2 \times 1{,}60 \times 10^{-19}\ \text{C} \times 100 \times 10^3\ \text{V}}{9{,}11 \times 10^{-31}\ \text{kg}}} = 1{,}87 \times 10^8\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

3. b. $\dfrac{v}{c} = \dfrac{1{,}87 \times 10^8\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}}{3{,}0 \times 10^8\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}} = 0{,}62$;

v est environ égale à 62% de c la célérité de la lumière.
La mécanique relativiste doit remplacer la mécanique classique qui n'est plus adaptée pour le calcul de v supérieure à 10 % de c.

32 Champ résultant au niveau de la Lune lors d'une éclipse de Soleil (30 min)

1. a. $\vec{F}_{T/L} = -\,G \times \dfrac{M_L \times M_T}{d_{TL}^2}\vec{u}_{T\to L}$

b. $\vec{F}_{T/L} = M_L\ \vec{\mathcal{G}}_T$

c. $-\,G \times \dfrac{M_L \times M_T}{d_{TL}^2}\vec{u}_{T\to L} = M_L\ \vec{\mathcal{G}}_T$ donc $\vec{\mathcal{G}}_T = -\,G \times \dfrac{M_T}{d_{TL}^2}\vec{u}_{T\to L}$

d. $\vec{\mathcal{G}}_T$ a pour direction la droite passant par les centres T et L, est orienté de L vers T et a pour valeur :

$\mathcal{G}_T = G \times \dfrac{M_T}{d_{TL}^2}$;

soit $\mathcal{G}_T = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2} \times \dfrac{5{,}97 \times 10^{24}\ \text{kg}}{(3{,}84 \times 10^8\ \text{m})^2}$

$= 2{,}70 \times 10^{-3}\ \text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$.

2. $\vec{\mathcal{G}}_S = -\,G \times \dfrac{M_S}{d_{SL}^2}\vec{u}_{S\to L}$

Par analogie $\vec{\mathcal{G}}_S$ a pour direction la droite passant par les centres S et L, orienté de L vers S et a pour valeur :

$\mathcal{G}_S = G \times \dfrac{M_S}{d_{SL}^2}$;

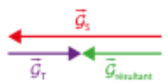
soit $\mathcal{G}_S = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2} \times \dfrac{1{,}99 \times 10^{30}\ \text{kg}}{(1{,}50 \times 10^{11}\ \text{m})^2}$

$= 5{,}90 \times 10^{-3}\ \text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$.

3. Exemple de schématisation :

Sur ce schéma, le champ résultant est représenté en vert (question suivante).

4. Le champ résultant pointe vers le Soleil, et a pour valeur : $3{,}2 \times 10^{-3}\ \text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$.



Vers l'oral p. 192

33 Application

Quelques supports de présentation à utiliser
Pour présenter les résultats d'une telle expérience, un diaporama peut être une solution pertinente.
Diapositive 1 : Titre
Diapositives 2 et 3 : Photographies de la manipulation avec deux positions différentes de la sonde de mesure, apparition de légendes pour montrer où est la distance *d*.
Diapositive 4 : Schématisation de l'expérience.
Diapositive 5 : Présentation des mesures dans un tableau.
Diapositive 6 : Exploitation des résultats sous forme d'un graphique $U = f(d)$ et analyse avec le calcul du coefficient directeur.
Diapositive 6 : Conclusion sur la valeur du champ électrostatique entre les armatures d'un condensateur plan.

Je m'exprime à l'oral sur

Les champs

- **Citer les différences et les points communs entre le champ électrostatique et le champ gravitationnel.**

– Les champs électrostatique et de gravitation ont une valeur proportionnelle à la charge ou à la masse du corps source du champ.
– Les champs électrostatique et de gravitation ont une valeur inversement proportionnelle au carré de la distance séparant le centre du corps source et le point considéré.
– Le champ de gravitation est toujours dirigé vers le corps source alors que le champ électrostatique peut être dirigé vers le corps source ou dans le sens opposé.

- **Une personne peut-elle créer des champs autour d'elle ? Lesquels ? Pourquoi ?**

– Une personne crée un champ de gravitation autour d'elle, du fait de sa masse. Mais la valeur de ce champ est très faible comparé à la valeur du champ de gravitation terrestre.
– Une personne peut créer un champ électrostatique après avoir subi un phénomène d'électrisation (par exemple par frottement d'un vêtement).

- **Quelle est la cause d'un champ électrostatique ? Sa conséquence ?**

– Un champ électrostatique peut être créé par un corps chargé. Il en existe aussi entre les armatures d'un condensateur (armatures chargées).
– Un champ électrostatique provoque l'apparition d'une force sur une particule chargée placée dans ce champ.

- **Tracer quelques lignes du champ de pesanteur terrestre.**

Le champ gravitationnel terrestre est dirigé vers le centre de la Terre.

33 Modéliser le sel

ÉNONCÉ

Le chlorure de sodium, composé solide ionique couramment utilisé comme sel de cuisine, cristallise selon une organisation très régulière.
Dans le modèle du cristal de chlorure de sodium NaCl, le plus proche ion sodium Na^+ d'un ion chlorure Cl^- est à la distance $d = 282$ pm.

1. Exprimer puis calculer les normes F_{Na^+/Cl^-} et F_{Cl^-/Na^+} des forces électrostatiques exercées entre un ion Na^+ et un ion Cl^-.

2. Représenter ces forces à l'aide de vecteurs en précisant leurs caractéristiques et en utilisant l'échelle : 1,0 cm $\leftrightarrow$ $1{,}4 \times 10^{-9}$ N.

Données :
- charge électrique élémentaire : $e = 1{,}60 \times 10^{-19}$ C ;
- constante de Coulomb : $k = 9{,}0 \times 10^{9}\ \mathrm{N \cdot m^2 \cdot C^{-2}}$.

UNE SOLUTION

1. L'ion Na^+ a un électron en moins que l'atome Na, il porte la charge électrique $q_{Na^+} = +e$ et l'ion Cl^- a un électron en plus que l'atome Cl, il porte la charge électrique $q_{Cl^-} = -e$. Ainsi, les normes F_{Na^+/Cl^-} et F_{Cl^-/Na^+} des forces électrostatiques valent :

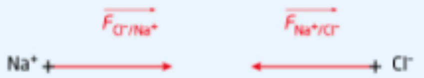
$$F_{Na^+/Cl^-} = F_{Cl^-/Na^+} = k \times \frac{|q_{Na^+} \times q_{Cl^-}|}{d^2}$$

A.N. : $$F_{Na^+/Cl^-} = 9{,}0 \times 10^{9}\ \mathrm{N \cdot m^2 \cdot C^{-2}} \times \frac{|1{,}60 \times 10^{-19}\ \mathrm{C} \times (-1{,}60 \times 10^{-19}\ \mathrm{C})|}{(282 \times 10^{-12}\ \mathrm{m})^2}$$

$$F_{Na^+/Cl^-} = F_{Cl^-/Na^+} = 2{,}9 \times 10^{-9}\ \mathrm{N}.$$

2. Caractéristiques des vecteurs représentant ces forces :

	$\overrightarrow{F_{Na^+/Cl^-}}$	$\overrightarrow{F_{Cl^-/Na^+}}$
Direction	la droite qui relie Na^+ et Cl^-	la droite qui relie Na^+ et Cl^-
Sens	de Cl^- vers Na^+	de Na^+ vers Cl^-
Norme du vecteur représentant la force sur le schéma	$\frac{2{,}9 \times 10^{-9}\ \mathrm{N}}{1{,}4 \times 10^{-9}\ \mathrm{N \cdot cm^{-1}}} = 2{,}1$ cm	2,1 cm



S'APPROPRIER
Repérer les données de l'énoncé ainsi que leurs unités.

RÉALISER
L'expression de la force électrostatique contient une valeur absolue. La valeur est donc positive.

RÉALISER
Écrire les unités dans les étapes intermédiaires peut être utile mais ce n'est pas du tout obligatoire. L'unité est par contre indispensable dans l'écriture finale du résultat.

RÉALISER
Ne pas oublier le carré et les parenthèses au dénominateur lors de l'utilisation de la calculatrice.

ANALYSER-RAISONNER
Lire convenablement la notation $\overrightarrow{F_{Na^+/Cl^-}}$, vecteur qui représente la force exercée par Na^+ sur Cl^-.

RÉALISER
Réaliser un schéma à la règle en utilisant les résultats du tableau.

EXERCICE RÉSOLU ET COMMENTÉ

35 Comparer des champs de gravitation

ÉNONCÉ

La Lune n'a pas d'atmosphère, son champ de gravitation étant trop faible pour piéger les gaz. En effet, la masse de la Lune est 81 fois plus faible que la masse de la Terre et son rayon est 3,7 fois plus faible que le rayon de la Terre.

1. Exprimer puis calculer la norme $\mathcal{G}_T$ du champ de gravitation créé par la Terre à sa surface.

2. Exprimer puis calculer la norme $\mathcal{G}_L$ du champ de gravitation créé par la Lune à sa surface.

3. Comparer ces deux valeurs.

Données :
- Terre : masse $M_T = 5{,}97 \times 10^{24}$ kg, rayon : $R_T = 6{,}38 \times 10^3$ km ;
- constante de gravitation : $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$.

S'APPROPRIER
Repérer dans le texte les valeurs données pour la réalisation des calculs.

UNE SOLUTION

1. L'expression de la norme de la force exercée par la Terre modélisée par un point matériel T sur un point matériel O de masse m situé à la surface de la Terre est :
$F_{T/O} = G \times \dfrac{m \times M_T}{R_T^2}$.

L'expression de la norme du champ de gravitation créé par la Terre à sa surface est :

$$\mathcal{G}_T = \frac{F_{T/O}}{m} = F_{T/O} \times \frac{1}{m} = G \times \frac{m \times M_T}{R_T^2} \times \frac{1}{m} = G \times \frac{M_T}{R_T^2}$$

A.N. : $\mathcal{G}_T = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} \times \dfrac{5{,}97 \times 10^{24}\ \text{kg}}{(6{,}38 \times 10^6\ \text{m})^2} = 9{,}78\ \text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$.

RÉALISER
Écrire les unités dans les étapes intermédiaires peut être utile mais ce n'est pas du tout obligatoire. L'unité est par contre indispensable dans l'écriture finale du résultat.

RÉALISER
La valeur du rayon est donnée en km, elle doit être exprimée en m.
Utiliser la calculatrice pour faire le calcul sans oublier le carré au dénominateur.
Ne pas oublier l'unité.

2. L'expression de la norme de la force exercée par la Lune modélisée par un point matériel L sur un point matériel O de masse m situé à la surface de la Lune est :
$F_{L/O} = G \times \dfrac{m \times M_L}{R_L^2}$.

L'expression de la norme du champ de gravitation créé par la Lune à sa surface est :

$$\mathcal{G}_L = \frac{F_{L/O}}{m} = F_{L/O} \times \frac{1}{m} = G \times \frac{m \times \frac{M_T}{81}}{\left(\frac{R_T}{3{,}7}\right)^2} \times \frac{1}{m} = G \times \frac{M_T}{81} \times \left(\frac{3{,}7}{R_T}\right)^2 = \frac{3{,}7^2}{81} \times \mathcal{G}_T$$

ANALYSER-RAISONNER
Traduire mathématiquement la phrase de l'énoncé relative aux données de la Lune.

A.N. : $\mathcal{G}_L = \dfrac{3{,}7^2}{81} \times 9{,}78\ \text{N} \cdot \text{kg}^{-1} = 1{,}7\ \text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$.

3. Comparaison des valeurs obtenues : $\dfrac{\mathcal{G}_T}{\mathcal{G}_L} = \dfrac{9{,}78\ \text{N} \cdot \text{kg}^{-1}}{1{,}7\ \text{N} \cdot \text{kg}^{-1}} = 5{,}8 \approx 6$.

La norme du champ de gravitation sur la Lune est environ 6 fois plus faible que sur la Terre, ce qui l'empêche d'avoir une atmosphère.

VALIDER
Conclure avec une phrase en utilisant le résultat du calcul.