Exercices du chapitre 8 - correction

24 a. $g_T = G\frac{m_T}{d^2} = 3{,}33 \times 10^{-3}$ N·kg^{-1}.
b. $g_L = G\frac{m_L}{(D-d)^2} = 3{,}40 \times 10^{-3}$ N·kg^{-1}.
c. On représente deux vecteurs opposés partant du même point.
Les normes des champs étant quasiment identiques (à la précision des données près), les forces gravitationnelles subies par le satellite en ce point sont donc opposées.

26 La norme de la force électrostatique exercée est :

$$F = k\frac{|q_A q_B|}{d^2}$$
$$= 8{,}99 \times 10^9 \times \frac{|1{,}0 \times 10^{-6} \times 10 \times 10^{-6}|}{(1{,}0 \times 10^{-3})^2}$$
$$= 9{,}0 \times 10^4 \text{ N}$$

28 a. Si q_A est doublée, la norme de la force est doublée. Sa direction et son sens sont inchangés.
b. Si q_B est multipliée par –3, la norme de la force est multipliée par 3 et la force change de sens (elle devient attractive).
c. Si q_A est divisée par –2, la norme de la force est divisée par 2 et la force change de sens (elle devient attractive).
d. Si r est multipliée par 3, la norme de la force est divisée par 9. Sa direction et son sens sont inchangés.
e. Si r est divisée par 2, la norme de la force est multipliée par 4. Sa direction et son sens sont inchangés.
f. Si on intervertit A et B, la force subie par A garde la même norme et est toujours dirigée sur la droite (AB), dans le sens opposé à B.

29 a. Puisque B subit une force attractive de la part de A, alors q_B est de signe contraire à q_A. Puisque C subit une force répulsive de la part de A, alors q_C est de même signe que q_A.
b. Puisque les distances entre les points sont identiques, les normes des forces ne dépendent que des valeurs absolues des charges électriques.
Puisque la force électrostatique entre A et B est quatre fois plus grande que la force électrostatique entre A et C, on voit que le produit $|q_A q_B|$ est quatre fois plus grand que le produit $|q_A q_C|$, donc que $|q_B|$ est quatre fois plus grand que $|q_C|$. C'est donc q_B qui est double de q_A en valeur absolue, et q_C qui est moitié de q_A.

30 a. La norme de la force gravitationnelle est :

$$F_g = G\frac{m_1 m_2}{d^2} = 6{,}67 \times 10^{-11} \times \frac{1{,}0 \times 10^{-3} \times 3{,}0 \times 10^{-3}}{(12 \times 10^{-2})^2}$$
$$= 1{,}4 \times 10^{-14} \text{ N.}$$

b. La norme de la force électrostatique est :

$$F_é = k\frac{|q_1 q_2|}{d^2} = 8{,}99 \times 10^9 \times \frac{2{,}0 \times 10^{-6} \times 6{,}0 \times 10^{-6}}{(12 \times 10^{-2})^2} = 7{,}5 \text{ N}$$

c. Le quotient des deux forces est $\frac{F_é}{F_g} = 5{,}4 \times 10^{14}$.
La force gravitationnelle est négligeable devant la force électrostatique.

31 La norme de la force gravitationnelle exercée est :

$$F = G\frac{m_A m_B}{r^2} = 6{,}67 \times 10^{-11} \times \frac{1{,}0 \times 10^{-3} \times 10 \times 10^{-3}}{(1{,}0 \times 10^{-2})^2}$$
$$= 6{,}7 \times 10^{-12} \text{ N.}$$

33 a. $\vec{g}(A) = -G\frac{m_0}{d^2}\vec{\imath}$, $\vec{g}(B) = -G\frac{m_0}{d^2}\vec{\jmath}$, $\vec{g}(C) = G\frac{m_0}{d^2}\vec{\imath}$, $\vec{g}(D) = G\frac{m_0}{d^2}\vec{\jmath}$.
b. $\vec{F}_{A/C} = G\frac{m_0 m}{(2d)^2}\vec{\imath}$.

34 a. La force électrostatique subie par la particule est de même direction que $\vec{E}$, de même sens et de norme :
$F = qE = 1{,}0 \times 10^2$ N.
b. La force électrostatique subie par la particule est de même direction que $\vec{E}$, de sens contraire et de norme :
$F = |q|E = 10$ N.

36 La force électrostatique a pour norme :

$$F = k\frac{|q_1 q_2|}{d^2} = 9{,}0 \times 10^{-14} \text{ N.}$$

38 1. a. La force électrostatique qu'exerce un proton sur l'autre a pour norme : $F = k\frac{e^2}{d^2} = 2{,}3 \times 10^{-22}$ N.
b. Cette force est répulsive.
2. $d' = 10d$, donc la force a pour norme :

$$F' = \frac{F}{100} = 2{,}3 \times 10^{-24} \text{ N.}$$

39 a. La force électrostatique exercée par un ion sur l'autre a pour norme :

$$F = k\frac{|2e \times (-2e)|}{a^2} = 2{,}82 \times 10^{-8} \text{ N}$$

b. Cette force est attractive car les ions ont des charges électriques de signes opposés.

40 a. La force est répulsive, car les ions ont des charges de même signe.
b. L'expression de la norme de cette force est :

$$F = k\frac{|-e^2|}{D^2}$$

D'où l'on extrait $D = \sqrt{k\frac{e^2}{F}} = 3{,}99 \times 10^{-10}$ m.

41 a. La force étant répulsive, les deux ions ont des charges de même signe. Comme le noyau d'hélium est positif, l'ion fer aussi.
b. La norme de la force s'exprime ainsi : $F = k\frac{|2eq|}{d^2}$.
D'où l'on extrait $q = \frac{F\,d^2}{2\,k\,e} = 4{,}81 \times 10^{-19}$ C.
La charge de l'ion fer peut se mettre sous la forme $q = ne$, avec n entier. On en déduit :

$$n = \frac{q}{e} = \frac{4{,}81 \times 10^{-19}}{1{,}602 \times 10^{-19}} = 3$$

c'est l'ion Fe^{3+}.

42 a. Puisqu'il s'agit d'un transfert de charge, la charge électrique qui a quitté une bille est allée sur l'autre bille. Ainsi, $q_A = -q$ et $q_B = q$.

b. Puisque les billes portent des charges de signes opposés, la force est attractive.
c. La force électrostatique s'écrit :

$$F = 1 \quad \frac{q^2}{d^2}$$

D'où l'on extrait $|q| = \sqrt{Fd^2 4\pi\varepsilon_0} = 3{,}01 \times 10^{-12}$ C.

44 a. $\vec{E}_1(\mathrm{B}) = \ \mathrm{k} \ \frac{-2\mathrm{e}}{r^2}\vec{u}$ (dessiner un vecteur radial sortant sur le schéma).
b. $\vec{F}_1 = 3\mathrm{e}\vec{E}_1(\mathrm{B})$.
c. E_1(B) = 4,1 × 10^9 V·m^{-1} et F_1 = 2,0 × 10^{-9} N.
d. D'après la troisième loi de Newton, $\vec{F}_2 = -\vec{F}_1$, donc $\vec{F}_2 = \ \mathrm{k} \ \frac{6\mathrm{e}^2}{r^2}\vec{u}$.
Ainsi, $\vec{E}_2(\mathrm{A}) = \frac{\vec{F}_2}{-2\mathrm{e}} = \ \mathrm{k} \ \frac{-3\mathrm{e}}{r^2}\vec{u}$.

45 Si A et C étaient de même signe, B ne bougerait pas, donc A et C sont de signes opposés.
B va vers A, donc est attirée par A et repoussée par C.
B est donc de même signe que C et de signe opposé à A.
Ainsi B et C sont de charges $-q$ et A de charge $+q$.

46 1. a. L'expression de la norme du champ est :

$$E = \ \mathrm{k} \ \frac{q}{d^2}$$

b. On en déduit $q = E 4\pi\varepsilon_0 d^2 = 4{,}0 \times 10^{-4}$ C.
2. Avec d = 1,0 × 10^{-3} m cela donne $q = 4{,}0 \times 10^{-10}$C.
La charge nécessaire est beaucoup plus faible à proximité de la bille.
Lorsqu'on charge une bille, l'air aura tendance à claquer lorsqu'il est proche de celle-ci.

47 1. Schéma : voir la figure a du doc. 4 p. 201.
2. a. $\vec{E}_1 = \ \mathrm{k} \ \frac{q}{\left(\frac{D}{2}\right)^2}\vec{u}$
b. $\vec{E}_2 = - \ \mathrm{k} \ \frac{q}{\left(\frac{D}{2}\right)^2}\vec{u}$
c. $\vec{E}_1 + \vec{E}_2 = \ \mathrm{k} \ \frac{q}{\left(\frac{D}{2}\right)^2}\vec{u} - \ \mathrm{k} \ \frac{q}{\left(\frac{D}{2}\right)^2}\vec{u} = \vec{0}$

48 a. La norme du champ électrostatique est :

$$E = \ \mathrm{k} \ \frac{2\mathrm{e}}{r^2} = 3{,}0 \times 10^{12}\ \mathrm{V \cdot m^{-1}}$$

b. La force subie par l'électron a pour norme :

$F = -eE$ = 4,8 × 10^{-7} N

c. Le champ électrostatique est radial sortant, les flèches ayant une longueur égale à 3 cm ; la force subie par l'électron est radiale rentrante, les flèches ayant une longueur de 2,4 cm. La distance noyau-orbite de l'électron a une longueur sur le dessin de 6,2 cm.

49 a. Le champ gravitationnel créé à la surface de la Terre a pour norme :

$$g = \mathrm{G}\,\frac{m_\mathrm{T}}{{R_\mathrm{T}}^2} = 9{,}79\ \mathrm{N \cdot kg^{-1}}$$

b. Le champ gravitationnel créé à l'altitude h a pour norme $g' = \mathrm{G}\frac{m_\mathrm{T}}{(R_\mathrm{T}+h)^2} = 2{,}22 \times 10^{-1}\mathrm{N \cdot kg^{-1}}$.

c. Le champ est divisé par quatre lorsque la distance est doublée, donc à l'altitude $h = R_\mathrm{T}$.

51 a. $\vec{F}_\mathrm{é} = -\mathrm{e}\vec{E}$ et $\vec{F}_\mathrm{g} = m_\mathrm{e}\vec{g}$.
b. $F_\mathrm{é}$ = 1,3 × 10^{-12} N et F_g = 8,93 × 10^{-30} N.
La force gravitationnelle est négligeable devant la force électrostatique.

53 a. $F_\mathrm{g} = \mathrm{G}\frac{n^2}{d^2} = 1{,}19 \times 10^{-55}$ N.
b. L'expression de la force électrostatique exercée entre les deux noyaux d'hélium situés à une distance d' l'un de l'autre est $F_\mathrm{é} = \ \mathrm{k} \ \frac{4\mathrm{e}^2}{d'^2}$.
On cherche pour quelle valeur de d' on a $F_\mathrm{é} = F_\mathrm{g}$.
On obtient $d' = \sqrt{\ \mathrm{k} \ \frac{4\mathrm{e}^2}{F_\mathrm{g}}} = 8{,}81 \times 10^{13}$ m.
La distance Terre-Soleil est D = 1,50 × 10^{11} m et $\frac{d'}{D} = 587$.
La distance d' correspondrait à 587 fois la distance Terre-Soleil.

54 1. Forces gravitationnelles : $\vec{F}_\mathrm{A} = m'g(\mathrm{A})\vec{j}$; $\vec{F}_\mathrm{B} = m'g(\mathrm{B})\vec{i}$; $\vec{F}_\mathrm{C} = -m'g(\mathrm{C})\vec{i}$.
2. a. q est négative car les lignes pointent vers O.
b. Forces électrostatiques : $\vec{F}_\mathrm{A} = -\mathrm{e}E(\mathrm{A})\vec{j}$; $\vec{F}_\mathrm{B} = -\mathrm{e}E(\mathrm{B})\vec{i}$; $\vec{F}_\mathrm{C} = \mathrm{e}E(\mathrm{C})\vec{i}$.

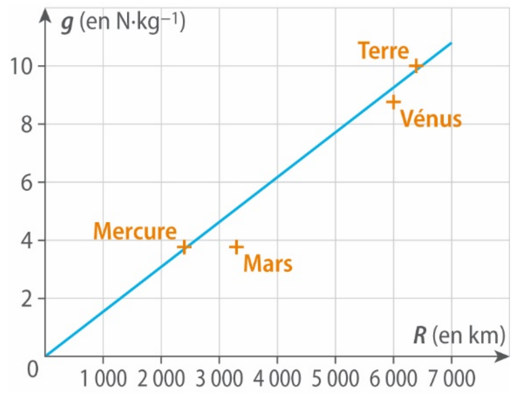
55 1. A porte une charge positive car les lignes de champ s'en éloignent.
2. a. En C, le champ est opposé à $\vec{i}$, donc la force subie est aussi opposée à $\vec{i}$ puisqu'un proton porte une charge positive. En E c'est la même chose, en D l'inverse.
b. On change le sens par rapport au proton.

56 a. $\vec{F}_\mathrm{A} = - \ \mathrm{k} \ \frac{2\mathrm{e}\delta}{a^2}\vec{i}$, de norme F_A = 7,2 × 10^{-9} N.
b. $\vec{F}_\mathrm{B} = \ \mathrm{k} \ \frac{2\mathrm{e}\delta}{b^2}\vec{i}$, de norme F_B = 4,3 × 10^{-9} N.
c. $\vec{F} = (-F_\mathrm{A} + F_\mathrm{B})\vec{i}$, de norme $F = F_\mathrm{A} - F_\mathrm{B}$ = 2,9 × 10^{-9} N, orientée vers l'ion Cu^{2+}.
d. Bien que la molécule d'eau soit neutre, sa polarité fait qu'un ion l'attire.

57 a. $g = \frac{Gm}{R^2}$
Valeurs pour les sept planètes :

Planète	g (en N·kg^{-1})
Mercure	3,70
Vénus	8,86
Terre	9,79
Mars	3,71
Jupiter	24,8
Saturne	10,4
Uranus	8,86

b.



c. Les points représentatifs de Mercure, Vénus et Mars sont presque alignés sur une droite qui passe par l'origine. Son coefficient directeur vaut :

$$a = \frac{10{,}8}{7\ 000 \times 10^3} = 1{,}54 \times 10^{-6}\mathrm{N \cdot kg^{-1} \cdot m^{-1}}$$

d. On identifie $a = \frac{4}{3}\pi G\rho$ donc $\rho = \frac{3a}{4\pi G} = 5\ 500\ \mathrm{kg \cdot m^{-3}}$.

e. 55 000 kg·m^{-3} = 5,5 t·m^{-3}, ce qui appartient bien à l'intervalle. Ce sont bien des planètes telluriques.

58 a. Il y a électrisation par influence. La partie N chargée négativement d'un côté et la partie P chargée positivement de l'autre forment un vecteur $\overrightarrow{NP}$ dans le sens et la direction de $\vec{E}$.

b. Le N d'un grain se colle au P de son voisin, et ainsi de suite.

c. En tout point, deux grains voisins sont dans la direction de $\vec{E}$ selon la première question.

59 1. a. Puisque les billes s'attirent, A et B sont de signes contraires, $|q_A q_B| = -q_A q_B$. D'après la loi de Coulomb, $F_1 = -\ \mathrm{k}\ \frac{q_A q_B}{d^2}$, d'où $q_A q_B = -4\pi\varepsilon_0 d^2 F_1$.

b. On calcule $c = -\frac{(3{,}0\times10^{-2})^2\times150}{8{,}99\times10^9} = 1{,}50 \times 10^{-11}$ C^2.

2. a. La charge totale initiale est $q_A + q_B$. Après équilibre, elle est $2q$. Puisqu'elle est conservée, alors $2q = q_A + q_B$, d'où $q = \frac{q_A + q_B}{2}$.

b. La loi de Coulomb dans la situation finale s'écrit :
$F_2 = \ \mathrm{k}\ \frac{q^2}{d^2}$ ou encore $F_2 = \frac{\mathrm{k}}{4}\frac{(q_A+q_B)^2}{d^2}$, d'où il vient bien les expressions proposées.

$b = \sqrt{\frac{4}{8{,}99\times10^9}\times 10 \times (3{,}0 \times 10^{-2})^2} = 2{,}00 \times 10^{-6}$ C.

3. a. On a donc $q_A q_B = c$, qui donne $q_B = \frac{c}{q_A}$.

On remplace dans $q_A + q_B = b$, cela donne : $q_A + \frac{c}{q_A} = b$, d'où il vient $q_A^2 - bq_A + c = 0$.

Et si l'on remplace dans $q_A + q_B = -b$, cela donne $q_A + \frac{c}{q_A} = -b$, d'où il vient $q_A^2 + bq_A + c = 0$.

b. Le discriminant des deux équations est le même :
$\Delta = b^2 - 4c$.

On calcule ensuite les deux solutions de chaque polynôme du deuxième degré, ce qui donne quatre valeurs de q_A. Celles de q_B s'obtiennent à l'aide de $q_B = \frac{c}{q_A}$:

q_A	3,00 µC	−3,00 µC	5,00 µC	−5,00 µC
q_B	−5,00 µC	5,00 µC	−3,00 µC	3,00 µC

c. Les quatre couples donneraient les mêmes caractéristiques de forces, il est donc impossible de savoir lequel est celui des valeurs réelles.

60 1. A et C portent des charges électriques positives, donc les lignes partent de A et C et vont vers B et D.

2. a. Puisque les quatre charges ont la même valeur absolue, A et B créent des champs opposés en O, de même que C et D. La force subie par le cation en O est donc nulle.

b. Si le cation se déplace vers A ou B, il est conduit à revenir vers O. S'il se déplace dans une autre direction, il subit une force qui l'attire vers C ou D, donc l'éloigne de O.

c. Si le cation s'éloigne un peu de O vers C ou D lorsque la configuration est celle de la carte, très rapidement après il subit une force qui le ramène vers O lorsque les charges sont interverties.

3. Le piège fonctionne de la même manière avec un anion, mais en inversant les directions d'attraction et répulsion.

61 1. $g_0 = \mathrm{G}\ \frac{M}{R^2}$.

2. a. Lorsque R est multiplié par 2, g est divisé par 4 ($0{,}25g_0$) ; lorsque R est multiplié par 3, g est divisé par 9 ($0{,}11g_0$).

b. Au centre de la planète, un corps est soumis à la même force d'attraction gravitationnelle de la part de la moitié de planète que celles à sa gauche et à sa droite, devant que derrière, dessus que dessous, et le champ est nul.

62 Le volume de la boule est $V = \frac{4}{3}\pi r^3$, donc sa masse est $m = \rho V = \rho\frac{4}{3}\pi r^3$:

$$m = 19{,}3 \times \frac{4}{3}\pi \times (1{,}0 \times 10^{-3})^3 = 8{,}1 \times 10^{-8}\ \mathrm{kg}$$

Le poids de la boule a donc pour norme $P = mg$:

$$P = 8{,}1 \times 10^{-8} \times 9{,}8 = 7{,}9 \times 10^{-7}\ \mathrm{N}$$

La boule est immobile. D'après le principe d'inertie, les forces qu'elle subit se compensent. La force électrostatique $\vec{F}$ qu'elle subit doit donc être opposée à son poids, donc avoir même norme :

$$F = P$$

$$F = 7{,}9 \times 10^{-7}\ \mathrm{N}$$

Par ailleurs, la tension entre les plaques est $U = 15 \times 10^3$ V et la distance entre les plaques est $d = 10 \times 10^{-3}$ m d'après le document 1. Le document 2 permet donc de calculer la norme du champ électrostatique régnant entre les plaques :

$$E = \frac{U}{d} = \frac{15\times10^3}{10\times10^{-3}} = 1{,}5 \times 10^{6}\ \mathrm{V \cdot m^{-1}}$$

La charge électrostatique portée par la boule est donc :

$$q = \frac{F}{E} = \frac{7{,}9\times10^{-7}}{1{,}5\times10^6} = 5{,}3 \times 10^{-13}\ \mathrm{C}$$

63 D’après la photo, Tchouri a des dimensions comprises entre 2,5 et 4 km suivant les directions.
Si estime ses dimensions à 2,5 km × 2,5 km × 4,0 km, son volume est $V = 2,5 \times 10^1$ km^3, soit $V = 2,5 \times 10^{10}$ m^3.
Sa masse volumique étant $\rho = 5 \times 10^2$ kg • m^{-3}, on en déduit sa masse $m = \rho V = 1 \times 10^{13}$ kg.
Philae étant à une distance d’environ $r = 2$ km, le champ gravitationnel qu’il subit sur la comète est :

$$g_C = \frac{Gm}{r^2} = 2 \times 10^{-4} \text{ N·kg}^{-1}.$$

Le quotient avec g_T vaut 2×10^{-5}.
L’affirmation dit que 1 g sur la comète « pèse » comme 100 kg sur Terre, donc que le quotient doit être de 10^{-5}. C’est bien le cas en ordre de grandeur : l’affirmation est correcte. En revanche, dire que l’on « pèse » 100 kg ou 1 g est absurde. La masse ne change pas, c’est le poids qui change, et il est exprimé en newtons !