



simulationconcours.be



Physique

Carnet d'entraînement

Loi de Coulomb et superposition⁺ des forces

Électrostatique · Mécanique 2 — des exercices calibrés
concours, du plus simple au plus retors.

44 exercices

3 niveaux

corrigés détaillés

Comment bosser ce carnet

- ✓ Lis d'abord le tutoriel : la mécanique y est expliquée pas à pas
- ✓ Fais chaque niveau en entier **avant** d'ouvrir les corrigés
- ✓ Note à côté de chaque exo : réussi, hésité ou raté — et rejoue les ratés 48 h plus tard



simulationconcours.be

scanne & continue en ligne

Sommaire

- 1 Le tutoriel — la mécanique expliquée
- 2 Les exercices Facile x15 · Moyen x15 · Difficile x14
- 3 Les corrigés détaillés exercice par exercice

Le tutoriel

Ce document est un **carnet d'exercices** : on t'explique d'abord la mécanique, puis tu la travailles sur 44 exercices classés en trois niveaux. Les corrigés détaillés t'attendent en deuxième partie, après la page « Corrigés » — pas avant de l'avoir mérité.

Deux charges ponctuelles exercent l'une sur l'autre une force dont *Coulomb* a établi l'intensité. Tout le thème consiste à calculer cette force, à en trouver le sens, et à **additionner vectoriellement** plusieurs forces.

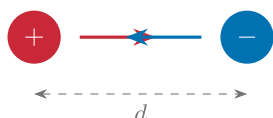
À RETENIR loi de Coulomb

Deux charges ponctuelles q_1 et q_2 séparées d'une distance d se repoussent (mêmes signes) ou s'attirent (signes contraires) le long de la droite qui les joint, avec l'intensité

$$F = K \frac{|q_1| |q_2|}{d^2}, \quad K \approx 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2.$$

Les deux forces $\vec{F}_{1/2}$ et $\vec{F}_{2/1}$ ont *même intensité* et sont de *sens opposés* (action-réaction), quelles que soient les valeurs de q_1 et q_2 .

signes opposés : attraction



mêmes signes : répulsion



À RETENIR trois réflexes de proportionnalité

- $F \propto |q_1| |q_2|$: doubler une charge *double* F ; doubler les deux la *quadruple*.
- $F \propto 1/d^2$: doubler d *divise* F par 4 ; tripler d la *divise* par 9.
- Diviser *charges et distance par le même facteur* laisse F **inchangée** (numérateur et dénominateur divisés pareil).

☞ **MÉTHODE** *superposition : additionner les forces*

La force totale sur une charge est la **somme vectorielle** des forces exercées par chacune des autres, comme si elles étaient seules : $\vec{F}_{\text{tot}} = \sum_i \vec{F}_i$.

- **Forces alignées** : on *ajoute* (même sens) ou on *soustrait* (sens opposés) les intensités.
- **Forces perpendiculaires** : $F_{\text{tot}} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$ (Pythagore), direction $\tan \theta = F_2 / F_1$.
- **Symétrie** (triangle, carré, milieu) : la résultante est portée par l'axe de symétrie ; on projette sur cet axe.

☞ **MÉTHODE** *point où la force résultante s'annule (charges alignées)*

On cherche le point M où les deux forces se compensent. On l'égalise : $K \frac{|q_1|}{x^2} = K \frac{|q_2|}{(L-x)^2}$, puis on prend la **racine carrée** pour obtenir une équation *linéaire* : $\frac{L-x}{x} = \sqrt{\frac{|q_2|}{|q_1|}}$. Le point est toujours plus près de la *petite* charge.

🔗 **EXEMPLE** *application numérique directe*

$q_1 = +4 \mu\text{C}, q_2 = -1 \mu\text{C}, d = 30 \text{ cm}$:

$$F = 9 \times 10^9 \times \frac{(4 \times 10^{-6})(1 \times 10^{-6})}{(0,30)^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-12}}{0,09} \approx 0,40 \text{ N (attractive)}.$$

⚠ **PIÈGE** *les fautes qui coûtent des points*

- Oublier les **valeurs absolues** : une intensité est toujours positive ; le sens se décide à part.
- Oublier de convertir : $\mu\text{C} \rightarrow \text{C}, \text{cm} \rightarrow \text{m}$ *avant* de calculer.
- Additionner les intensités *sans tenir compte des sens* : une somme de forces est **vectorielle**.

Les exercices

FACILE 15 exercices

Exo 1 intensité de la force de Coulomb

Deux charges $q_1 = +3 \mu\text{C}$ et $q_2 = +2 \mu\text{C}$ sont distantes de $d = 10 \text{ cm}$ dans l'air ($K = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$).

a)

Calcule l'intensité F de la force d'interaction (pense à convertir les unités).

b)

Cette force est-elle attractive ou répulsive ?

Exo 2 attraction ou répulsion ?

Pour chacun des couples ci-dessous, indique si la force est *attractive* ou *répulsive*, et dans quel sens pointe la force subie par la charge de gauche.

a)

$q_1 = +5 \text{ nC}$ (gauche) et $q_2 = -2 \text{ nC}$ (droite).

b)

$q_1 = -4 \text{ nC}$ (gauche) et $q_2 = -6 \text{ nC}$ (droite).

Exo 3 jouer sur la charge et la distance

Deux charges se repoussent avec une force d'intensité $F_0 = 8 \text{ N}$ à la distance d .

a)

Que devient l'intensité si l'on *double* la distance (charges inchangées) ?

b)

Que devient l'intensité si, à distance d inchangée, on *triple* l'une des deux charges ?

Exo 4 retrouver la distance

Deux charges $q_1 = +5 \mu\text{C}$ et $q_2 = +2 \mu\text{C}$ se repoussent avec une force d'intensité $F = 9 \text{ N}$.

a)

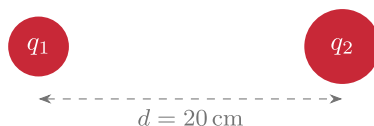
Exprime la distance d en fonction de K , q_1 , q_2 et F .

b)

Calcule d (en cm).

Exo 5 la plus grosse charge subit-elle plus ?

Deux charges positives $q_1 = +2 \mu\text{C}$ et $q_2 = +8 \mu\text{C}$ sont distantes de $d = 20 \text{ cm}$.



a)

Calcule l'intensité de la force subie par q_1 , puis celle subie par q_2 .

b)

La charge q_2 (quatre fois plus grande) subit-elle une force plus intense ? Conclue.

Exo 6 force dans l'atome d'hydrogène

Dans un atome d'hydrogène, on modélise le proton et l'électron par deux charges ponctuelles de valeur absolue égale à la charge élémentaire $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$, séparées par une distance $d = 1 \times 10^{-10} \text{ m}$.

a)

Calcule l'intensité F de la force électrique qui s'exerce entre eux.

b)

Cette force est-elle attractive ou répulsive ?

Exo 7 deux petites charges en nanocoulombs

Deux charges $q_1 = +40 \text{ nC}$ et $q_2 = -50 \text{ nC}$ sont distantes de $d = 3 \text{ cm}$ dans l'air.

a)

Après conversion des unités, calcule l'intensité F de la force d'interaction.

b)

Précise si elle est attractive ou répulsive.

Exo 8 retrouver une charge

Deux charges se repoussent avec une force d'intensité $F = 4.5 \text{ N}$ lorsqu'elles sont distantes de $d = 20 \text{ cm}$. L'une d'elles vaut $q_1 = +2 \mu\text{C}$.

a)

Exprime la seconde charge q_2 en fonction de F , d , K et q_1 .

b)

Calcule q_2 (en μC).

Exo 9 rapprocher les charges

Deux charges fixes exercent l'une sur l'autre une force d'intensité $F_0 = 2 \text{ N}$ à la distance d .

a)

Sans tout recalculer, par quel facteur l'intensité est-elle multipliée si l'on *divise la distance par 3* (charges inchangées) ?

b)

Donne la nouvelle intensité.

Exo 10 doubler les deux charges

Deux charges exercent l'une sur l'autre une force d'intensité $F_0 = 5 \text{ N}$.

a)

Par quel facteur l'intensité est-elle multipliée si l'on *double chacune des deux charges*, la distance restant la même ?

b)

Donne la nouvelle intensité.

Exo 11 deux dispositions, même force ?

On compare deux dispositions de deux charges ponctuelles :

a)

disposition **A** : deux charges q et q séparées de d ;

b)

disposition **B** : deux charges $2q$ et $2q$ séparées de $2d$.

1 Exprime l'intensité de la force dans chacune des deux dispositions.

2 Les deux forces ont-elles la même intensité ? Justifie.

Exo 12 déduire le signe d'une charge

On connaît le *caractère* de la force (attractive ou répulsive) mais pas tous les signes.

a)

La force entre deux charges est *répulsive* et $q_1 = +7 \text{ nC}$. Quel est le signe de q_2 ?

b)

La force est cette fois *attractive* et $q_1 = -7 \text{ nC}$. Quel est le signe de q_2 ?

Exo 13 quel couple exerce la plus grande force ?

On étudie deux couples de charges positives :

a)

couple 1: $q_1 = +2 \mu\text{C}$, $q_2 = +3 \mu\text{C}$, $d_1 = 10 \text{ cm}$;

b)

couple 2: $q'_1 = +1 \mu\text{C}$, $q'_2 = +3 \mu\text{C}$, $d_2 = 5 \text{ cm}$.

1 Calcule l'intensité de la force dans chaque couple.

2 Dans quel couple la force est-elle la plus intense ?

Exo 14 la constante K et la permittivité du vide

La constante de Coulomb s'écrit $K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$, où $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$ est la permittivité du vide.

a)

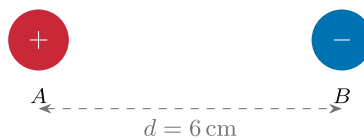
Écris l'expression littérale de K en fonction de ϵ_0 .

b)

Effectue l'application numérique et vérifie que $K \approx 9 \times 10^9$ (en unités SI).

Exo 15 deux billes électrisées

Une petite bille A portant la charge $q_A = +0.10 \mu\text{C}$ est placée à $d = 6 \text{ cm}$ d'une bille B portant la charge $q_B = -0.20 \mu\text{C}$.



a)

La force subie par A est-elle attractive ou répulsive, et vers où pointe-t-elle ?

b)

Calcule l'intensité F de cette force.

MOYEN 15 exercices

Exo 1 variations composées de la force

Deux charges se repoussent avec une force d'intensité $F_0 = 1 \text{ N}$.

a)

On double chacune des deux charges et on divise la distance par 2. Que devient l'intensité de la force ?

b)

En repartant de F_0 , on divise chaque charge par 3 et la distance par 3. Que devient l'intensité ?

Exo 2 deux forces perpendiculaires

Une charge subit deux forces électriques **perpendiculaires** entre elles, d'intensités $F_1 = 6 \text{ N}$ et $F_2 = 8 \text{ N}$.

a)

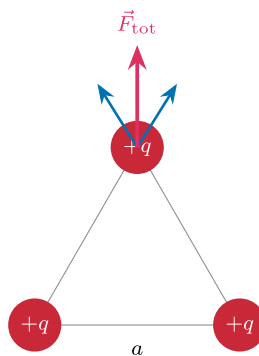
Calcule l'intensité de la force résultante.

b)

Donne l'angle θ que fait la résultante avec $\vec{F}_1$ ($\tan \theta = F_2/F_1$).

Exo 3 triangle équilatéral

On place une charge $+q$ avec $q = 2 \mu\text{C}$ à chaque sommet d'un triangle équilatéral de côté $a = 10 \text{ cm}$.



a)

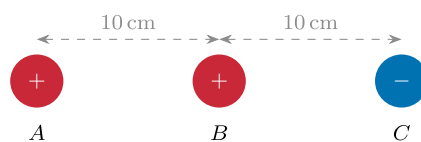
Exprime, par symétrie, l'intensité de la force totale subie par la charge du sommet supérieur ($F_{\text{tot}} = 2f \cos 30^\circ = \sqrt{3} K q^2 / a^2$).

b)

Fais l'application numérique.

Exo 4 trois charges alignées

Trois charges sont alignées et espacées de 10 cm : $A = +2 \mu\text{C}$, $B = +3 \mu\text{C}$ (au milieu), $C = -2 \mu\text{C}$.



a)

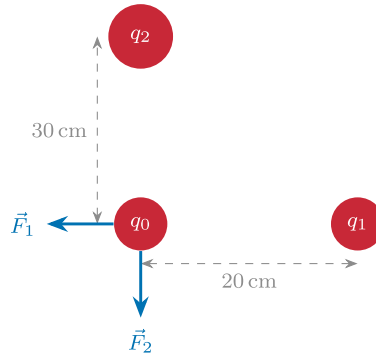
Donne l'intensité et le sens de la force exercée sur B par A , puis par C .

b)

En déduire l'intensité et le sens de la force totale subie par B .

Exo 5 superposition à angle droit : calcul complet

Une charge $q_0 = +2 \mu\text{C}$ est placée en O . Une charge $q_1 = +2 \mu\text{C}$ est à 20 cm sur l'axe horizontal, une charge $q_2 = +6 \mu\text{C}$ est à 30 cm sur l'axe vertical.



a)

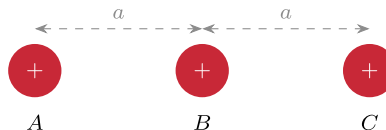
Calcule les intensités F_1 (due à q_1) et F_2 (due à q_2) subies par q_0 .

b)

En déduire l'intensité de la force résultante sur q_0 .

Exo 6 force sur une charge en bout de ligne

Trois charges identiques A, B, C portant chacune $q = +3 \mu\text{C}$ sont alignées et régulièrement espacées de $a = 10 \text{ cm}$.



a)

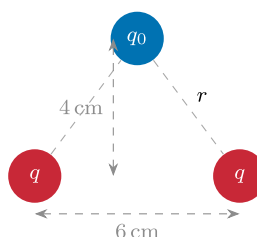
Donne l'intensité et le sens des forces exercées sur A par B , puis par C .

b)

En déduire l'intensité de la force totale subie par A .

Exo 7 charge sur la médiatrice

Deux charges $q = +2 \mu\text{C}$ sont fixées en deux points distants de 6 cm. Une charge $q_0 = +2 \mu\text{C}$ est placée sur la médiatrice du segment, à 4 cm du milieu (la distance à chaque charge vaut alors $r = 5 \text{ cm}$).



a)

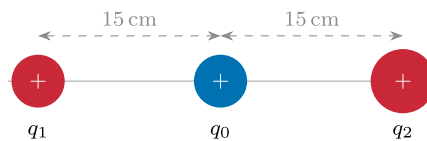
Calcule l'intensité f de la force exercée sur q_0 par *une* des deux charges.

b)

En utilisant la symétrie, déduis-en l'intensité et la direction de la force totale sur q_0 .

Exo 8 résultante entre deux charges de même signe

Deux charges positives $q_1 = +2 \mu\text{C}$ (en $x = 0$) et $q_2 = +8 \mu\text{C}$ (en $x = 30 \text{ cm}$) sont fixes. On place une charge $q_0 = +1 \mu\text{C}$ au milieu, en $x = 15 \text{ cm}$.



a)

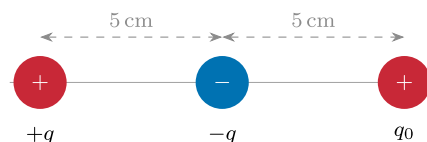
Calcule l'intensité et le sens des forces exercées sur q_0 par q_1 , puis par q_2 .

b)

En déduire l'intensité et le sens de la force résultante sur q_0 .

Exo 9 forces opposées d'un dipôle

On aligne trois charges : $+q$ en $x = 0$, $-q$ en $x = 5 \text{ cm}$, puis une charge test $q_0 = +q$ en $x = 10 \text{ cm}$, avec $q = 1 \mu\text{C}$.



a)

Donne l'intensité et le sens des forces exercées sur q_0 par la charge $+q$, puis par la charge $-q$.

b)

En déduire l'intensité et le sens de la force résultante sur q_0 .

Exo 10 deux forces à 60

Une charge subit deux forces électriques d'intensités $F_1 = F_2 = 5 \text{ N}$ faisant entre elles un angle de 60° .

a)

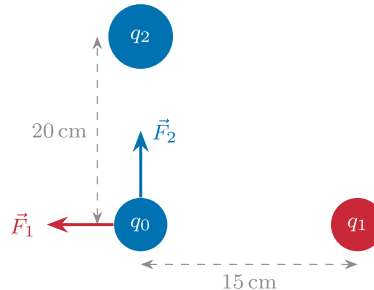
Écris l'expression de l'intensité de la résultante (loi des cosinus : $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos 60^\circ}$).

b)

Calcule cette intensité et précise la direction de la résultante.

Exo 11 superposition à angle droit, signes mêlés

Une charge $q_0 = +2 \mu\text{C}$ est en O . Une charge $q_1 = +3 \mu\text{C}$ est à 15 cm sur l'axe horizontal ; une charge $q_2 = -4 \mu\text{C}$ est à 20 cm sur l'axe vertical.



a)

Calcule les intensités F_1 (due à q_1) et F_2 (due à q_2) et précise le sens de chacune sur q_0 .

b)

En déduire l'intensité de la force résultante et l'angle qu'elle fait avec l'horizontale.

Exo 12 à quelle distance ?

Deux charges fixes exercent l'une sur l'autre une force d'intensité $F_1 = 4 \text{ N}$ lors qu'elles sont distantes de $d_1 = 12 \text{ cm}$.

a)

À quelle distance faudrait-il les placer pour que l'intensité tombe à 1 N ?

b)

À quelle distance l'intensité vaudrait-elle 9 N ?

Exo 13 combien d'électrons en excès ?

Deux petites sphères identiques portent la même charge q . Placées à $d = 10 \text{ cm}$, elles se repoussent avec une force d'intensité $F = 0.9 \text{ N}$. On donne la charge élémentaire $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$.

a)

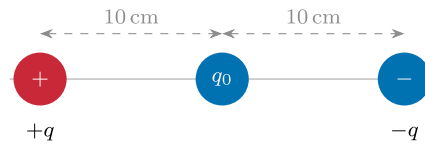
Calcule la valeur commune q des deux charges.

b)

Combien d'électrons en excès (ou en défaut) chaque sphère porte-t-elle ?

Exo 14 au milieu de deux charges opposées

Deux charges $+q$ (en $x = 0$) et $-q$ (en $x = 20 \text{ cm}$) sont fixes, avec $q = 2 \mu\text{C}$. On place une charge $q_0 = +2 \mu\text{C}$ au milieu, en $x = 10 \text{ cm}$.



a)

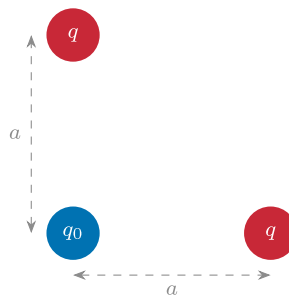
Vers où pointe la force exercée sur q_0 par $+q$? Et par $-q$? S'ajoutent-elles ?

b)

Calcule l'intensité de la force résultante sur q_0 .

Exo 15 deux charges en équerre

Deux charges identiques $q = +2 \mu\text{C}$ sont placées sur deux axes perpendiculaires, à la même distance $a = 10 \text{ cm}$ d'un point O . Une charge $q_0 = +2 \mu\text{C}$ occupe le point O .



a)

Calcule l'intensité f de la force exercée sur q_0 par *chacune* des deux charges.

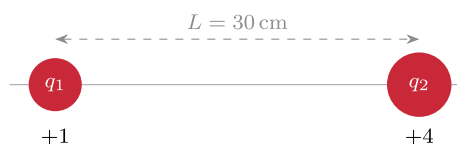
b)

Les deux forces étant perpendiculaires, déduis-en l'intensité et la direction de la résultante sur q_0 .

DIFFICILE 14 exercices

Exo 1 où la force résultante s'annule-t-elle ?

Deux charges fixes $q_1 = +1 \mu\text{C}$ et $q_2 = +4 \mu\text{C}$ sont distantes de $L = 30 \text{ cm}$. On dépose une troisième charge q sur la droite ($q_1 q_2$) de sorte que la force résultante qu'elle subit soit **nulle**.



a)

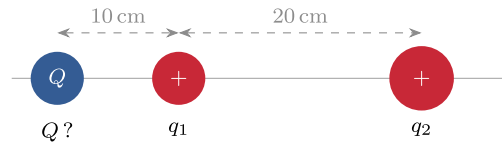
Le point cherché est-il *entre* les charges, à *gauche* de q_1 ou à *droite* de q_2 ? Justifie sans calcul.

b)

Calcule sa position (distance à q_1).

Exo 2 quelle charge annule la force sur une autre ?

Trois charges sont alignées : une charge Q inconnue, puis $q_1 = +3 \text{ nC}$, puis $q_2 = +12 \text{ nC}$. On donne $Qq_1 = 10 \text{ cm}$ et $q_1q_2 = 20 \text{ cm}$. On veut que la force résultante exercée sur q_1 (charge du milieu) soit **nulle**.



a)

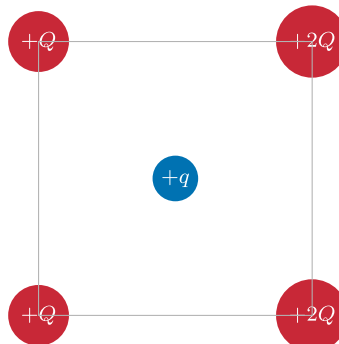
Quel doit être le *signe* de Q ? Raisonne sur le sens des deux forces sur q_1 .

b)

Calcule la valeur de $|Q|$.

Exo 3 direction de la résultante : le carré

Quatre charges positives occupent les sommets d'un carré : $+Q$ (haut-gauche), $+2Q$ (haut-droite), $+Q$ (bas-gauche), $+2Q$ (bas-droite). Une charge $+q$ est placée au **centre** O .



a)

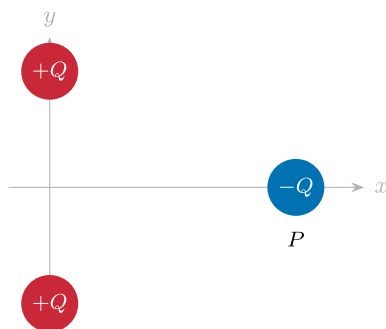
Par symétrie, quelle composante (horizontale ou verticale) de la force sur $+q$ s'annule ?

b)

En déduire la *direction* et le *sens* de la force résultante sur $+q$.

Exo 4 direction de la résultante : sur l'axe

Deux charges positives identiques $+Q$ sont placées sur l'axe vertical, en $(0, +a)$ et $(0, -a)$. On place une charge **négative** $-Q$ au point $P = (D, 0)$ situé sur l'axe horizontal, à droite de l'origine.



a)

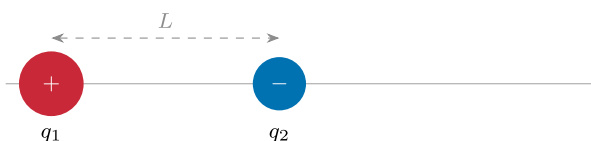
Pourquoi les composantes verticales des deux forces sur $-Q$ se compensent-elles ?

b)

Quelle est la direction et le sens de la force résultante sur $-Q$?

Exo 5 force nulle : charges de signes opposés

Deux charges fixes $q_1 = +4 \mu\text{C}$ (en $x = 0$) et $q_2 = -1 \mu\text{C}$ (en $x = L = 30 \text{ cm}$) sont posées sur une droite. On cherche le point M de cette droite où une charge test subirait une force résultante **nulle**.



a)

Montre sans calcul que M ne peut être ni entre les charges, ni à gauche de q_1 : il est à droite de q_2 (au-delà de la charge la plus faible).

b)

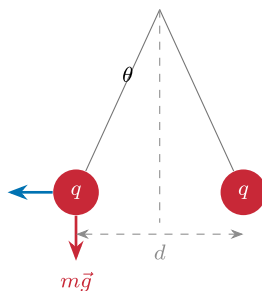
En posant x = distance de M à q_2 , écris l'équation d'annulation de la résultante.

c)

Résous-la et donne la position de M .

Exo 6 pendule électrostatique

Deux petites billes identiques, de masse $m = 0.5 \text{ g}$ chacune et portant la même charge $q = 20 \text{ nC}$, sont suspendues à des fils. À l'équilibre, elles s'écartent et sont distantes de $d = 3 \text{ cm}$; chaque fil fait alors un angle θ avec la verticale. On prend $g = 10 \text{ m/s}^2$.



a)

Fais l'inventaire des forces s'exerçant sur une bille et écris les deux conditions d'équilibre (horizontale et verticale).

b)

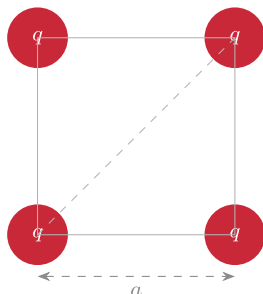
Montre que $\tan \theta = \frac{Kq^2}{d^2 mg}$.

c)

Calcule l'intensité de la force de Coulomb puis l'angle θ .

Exo 7 force sur un coin d'un carré

Quatre charges identiques $q = +2 \mu\text{C}$ occupent les sommets d'un carré de côté $a = 10 \text{ cm}$. On étudie la force totale subie par l'une d'elles (charge du coin inférieur gauche) sous l'effet des trois autres.



a)

Donne l'intensité de la force exercée par chacune des deux charges *adjacentes* (distance a) et par la charge *diagonale* (distance $a\sqrt{2}$).

b)

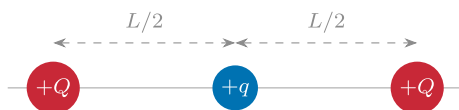
Combine les deux forces des charges adjacentes : montre qu'elles donnent une résultante $\sqrt{2} f$ portée par la diagonale.

c)

En déduire l'intensité de la force totale sur la charge du coin.

Exo 8 stabilité d'une charge à l'équilibre

Deux charges identiques $+Q$ sont fixées en $x = 0$ et $x = L$. On place une charge test $+q$ au milieu du segment, où elle est en équilibre (les deux forces se compensent).



a)

Justifie que le milieu est bien une position d'équilibre pour $+q$.

b)

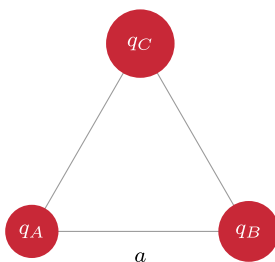
On déplace légèrement $+q$ *le long de la droite*, vers l'une des charges. La force résultante la ramène-t-elle vers le centre ? L'équilibre est-il stable dans cette direction ?

c)

On déplace maintenant $+q$ *perpendiculairement* à la droite. L'équilibre est-il stable dans cette direction ? Justifie.

Exo 9 triangle : charges inégales

Un triangle équilatéral a pour côté $a = 10 \text{ cm}$. Aux deux sommets de la base, on place $q_A = +1 \mu\text{C}$ (à gauche) et $q_B = +2 \mu\text{C}$ (à droite). Au sommet supérieur se trouve une charge $q_C = +3 \mu\text{C}$.



a)

Calcule les intensités f_A (force de q_A sur q_C) et f_B (force de q_B sur q_C).

b)

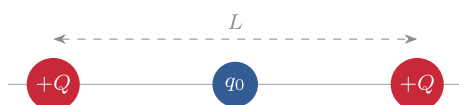
Projette ces deux forces sur les axes horizontal et vertical (chacune fait 60° avec l'horizontale).

c)

En déduire l'intensité de la force totale sur q_C et l'inclinaison de sa direction.

Exo 10 trois charges toutes en équilibre

Deux charges identiques $+Q$ sont fixées en $x = 0$ et $x = L$. On veut placer une troisième charge q_0 *sur le segment* de sorte que les **trois** charges soient simultanément en équilibre.



a)

Où doit se trouver q_0 pour être elle-même en équilibre ? Justifie par la symétrie.

b)

Écris la condition d'équilibre de l'une des charges $+Q$; quel doit être le *signe* de q_0 ?

c)

Détermine la valeur de q_0 en fonction de Q .

Exo 11 partage optimal d'une charge

On dispose d'une charge totale $Q_t = 8 \mu\text{C}$ que l'on répartit en deux charges ponctuelles q et $Q_t - q$, placées à une distance fixe $d = 20 \text{ cm}$ l'une de l'autre.

a)

Exprime l'intensité $F(q)$ de la force de répulsion en fonction de q .

b)

Pour quelle valeur de q cette force est-elle **maximale** ? (On cherche le maximum du produit $q(Q_t - q)$ à somme fixée.)

c)

Calcule cette force maximale.

Exo 12 contact entre deux sphères conductrices

Deux petites sphères conductrices *identiques* portent respectivement $q_1 = +2 \mu\text{C}$ et $q_2 = +8 \mu\text{C}$. Elles sont maintenues à une distance fixe $d = 10 \text{ cm}$.

a)

Calcule l'intensité F_i de la force de répulsion *avant* tout contact.

b)

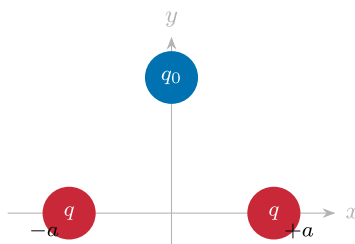
On met brièvement les deux sphères en contact, puis on les ramène à la distance d . Quelle charge porte alors chaque sphère ? Calcule la nouvelle intensité F_f .

c)

Donne le rapport F_f/F_i et conclus sur l'évolution de la force.

Exo 13 la force sur la médiatrice n'est pas monotone

Deux charges $q = +2 \mu\text{C}$ sont fixées en $(-a, 0)$ et $(+a, 0)$, avec $a = 3 \text{ cm}$. Une charge $q_0 = +2 \mu\text{C}$ se déplace sur l'axe vertical, au point $(0, y)$.



a)

Par symétrie, montre que la force sur q_0 est verticale et vaut $F(y) = \frac{2Kqq_0 y}{(a^2 + y^2)^{3/2}}$.

b)

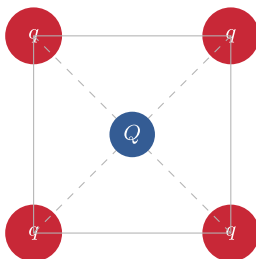
Calcule F pour $y = a$ puis pour $y = 2a$.

c)

Sachant que $F(0) = 0$, que peux-tu conclure sur la variation de F avec y ?

Exo 14 équilibre d'un coin par une charge centrale

Quatre charges identiques $q = +4 \mu\text{C}$ occupent les sommets d'un carré de côté a . On place une charge Q au **centre** du carré. On veut que la charge d'un coin soit en équilibre.



a)

Rappelle l'intensité de la force résultante exercée sur une charge de coin par les trois autres charges q (résultat de l'exercice sur le carré), et précise sa direction.

b)

Écris la condition d'équilibre du coin : quel doit être le signe de Q , et quelle est la distance du centre à un coin ?

c)

Détermine Q en fonction de q , puis sa valeur numérique.



DEUXIÈME PARTIE

Corrigés

Chaque exercice repris pas à pas, niveau par niveau.
Compare ta démarche, pas seulement ton résultat.





Une seconde – avant d'ouvrir le corrigé...



Si ce carnet t'aide, rends-nous la pareille : parle de simulationconcours.be à quelqu'un qui prépare le concours. C'est comme ça qu'on peut continuer.

Ce qu'on a préparé pour toi

- ✓ Ce carnet en interactif, avec correction en un clic
- ✓ Les cours complets, chapitre par chapitre – gratuits
- ✓ 3100 QCM type concours, corrigés et expliqués
- ✓ Des fiches de révision à imprimer

Tous les jeudis : simulation du concours en ligne

En conditions réelles – chrono, QCM type concours et score immédiat.



Rejoins-nous sur simulationconcours.be

scanne le QR ou tape l'adresse – puis reviens vérifier tes réponses

Les corrigés

FACILE 15 exercices

Exo 1 intensité de la force de Coulomb

a)

Conversions : $q_1 = 3 \times 10^{-6} \text{C}$, $q_2 = 2 \times 10^{-6} \text{C}$, $d = 0.10 \text{ m}$.

$$F = K \frac{|q_1||q_2|}{d^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(3 \times 10^{-6})(2 \times 10^{-6})}{(0,10)^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{6 \times 10^{-12}}{0,01} = 5.4 \text{ N}.$$

b)

Les deux charges sont positives (mêmes signes) : force **répulsive**.

Exo 2 attraction ou répulsion ?

a)

Signes opposés (+ et -) : **attraction**. La force sur la charge de gauche pointe *vers la droite* (vers q_2).

b)

Mêmes signes (- et -) : **répulsion**. La force sur la charge de gauche pointe *vers la gauche* (elle est repoussée, dos à q_2).

Exo 3 jouer sur la charge et la distance

On raisonne par proportionnalité, sans tout recalculer.

a)

$F \propto 1/d^2$: doubler d divise F par $2^2 = 4$.

$$F = \frac{F_0}{4} = \frac{8}{4} = 2 \text{ N}.$$

b)

$F \propto |q|$: tripler une charge triple F .

$$F = 3 F_0 = 3 \times 8 = 24 \text{ N}.$$

Exo 4 retrouver la distance

a)

De $F = K |q_1||q_2|/d^2$ on isole d :

$$d = \sqrt{\frac{K |q_1||q_2|}{F}}.$$

b)

$$d = \sqrt{\frac{9 \times 10^9 \times (5 \times 10^{-6})(2 \times 10^{-6})}{9}} = \sqrt{\frac{9 \times 10^9 \times 1 \times 10^{-11}}{9}} = \sqrt{0,01} = 0.10 \text{ m} = 10 \text{ cm}.$$

Exo 5 la plus grosse charge subit-elle plus ?

a)

La distance et le produit des charges sont les mêmes pour les deux, donc une seule valeur :

$$F = K \frac{|q_1||q_2|}{d^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(2 \times 10^{-6})(8 \times 10^{-6})}{(0,20)^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{1.6 \times 10^{-11}}{0,04} = 3.6 \text{ N}.$$

q_1 subit 3.6 N, q_2 subit aussi 3.6 N.

b)

Non : les deux forces sont **égales** (action-réaction). La formule ne fait intervenir que le *produit* $|q_1||q_2|$, identique pour les deux charges. Une charge plus grande ne subit pas une force plus intense.

Exo 6 force dans l'atome d'hydrogène

a)

$$F = K \frac{e^2}{d^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(1.6 \times 10^{-19})^2}{(1 \times 10^{-10})^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2.56 \times 10^{-38}}{1 \times 10^{-20}} \approx 2.3 \times 10^{-8} \text{ N}.$$

b)

Le proton est positif, l'électron négatif (signes opposés) : la force est **attractive**.

Exo 7 deux petites charges en nanocoulombs

a)

Conversions : $q_1 = 4 \times 10^{-8} \text{C}$, $q_2 = 5 \times 10^{-8} \text{C}$, $d = 0.03 \text{m}$.

$$F = 9 \times 10^9 \times \frac{(4 \times 10^{-8})(5 \times 10^{-8})}{(0,03)^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-15}}{9 \times 10^{-4}} = 20 \text{N}.$$

b)

Signes opposés (+ et -) : force **attractive**.

Exo 8 retrouver une charge

a)

De $F = K |q_1||q_2|/d^2$ on isole q_2 :

$$q_2 = \frac{F d^2}{K |q_1|}.$$

b)

$$q_2 = \frac{4,5 \times (0,20)^2}{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-6}} = \frac{4,5 \times 0,04}{1,8 \times 10^4} = \frac{0,18}{1,8 \times 10^4} = 1 \times 10^{-5} \text{C} = 10 \mu\text{C}.$$

Exo 9 rapprocher les charges

a)

$F \propto 1/d^2$: diviser d par 3 multiplie l'intensité par $3^2 = 9$.

b)

$$F = 9 F_0 = 9 \times 2 = 18 \text{N}.$$

Exo 10 doubler les deux charges

a)

$F \propto |q_1||q_2|$: doubler *chacune* des deux charges multiplie l'intensité par $2 \times 2 = 4$.

b)

$$F = 4 F_0 = 4 \times 5 = 20 \text{ N.}$$

Exo 11 deux dispositions, même force ?

a)

$$F_A = K \frac{q \cdot q}{d^2} = K \frac{q^2}{d^2}, \quad F_B = K \frac{(2q)(2q)}{(2d)^2} = K \frac{4q^2}{4d^2} = K \frac{q^2}{d^2}.$$

b)

Oui, les deux forces ont la **même intensité** ($F_A = F_B$) : doubler à la fois les charges et la distance laisse la force inchangée, car le numérateur ($\times 4$) et le dénominateur ($\times 4$) sont multipliés par le même facteur.

Exo 12 déduire le signe d'une charge

a)

Force *répulsive* $\Rightarrow$ mêmes signes. Comme $q_1 > 0$, la charge q_2 est **positive**.

b)

Force *attractive* $\Rightarrow$ signes contraires. Comme $q_1 < 0$, la charge q_2 est **positive**.

Exo 13 quel couple exerce la plus grande force ?

a)

$$F_1 = 9 \times 10^9 \times \frac{(2 \times 10^{-6})(3 \times 10^{-6})}{(0,10)^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{6 \times 10^{-12}}{0,01} = 5.4 \text{ N,}$$

$$F_2 = 9 \times 10^9 \times \frac{(1 \times 10^{-6})(3 \times 10^{-6})}{(0,05)^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 10^{-12}}{2.5 \times 10^{-3}} = 10.8 \text{ N.}$$

b)

C'est le **couple 2** qui exerce la force la plus intense ($F_2 = 2 F_1$) : bien que ses charges soient plus petites, la distance deux fois plus courte l'emporte (effet en $1/d^2$).

Exo 14 la constante K et la permittivité du vide

a)

$$K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}.$$

b)

$$K = \frac{1}{4\pi \times 8.85 \times 10^{-12}} = \frac{1}{1.112 \times 10^{-10}} \approx 9.0 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2.$$

Exo 15 deux billes électrisées

a)

Les charges sont de signes opposés : la force est **attractive**. La force subie par A pointe *vers* B (vers la droite).

b)

$$F = 9 \times 10^9 \times \frac{(1 \times 10^{-7})(2 \times 10^{-7})}{(0,06)^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-14}}{3.6 \times 10^{-3}} = 0.05 \text{ N}.$$

MOYEN 15 exercices

Exo 1 variations composées de la force

a)

Doubler chaque charge multiplie F par $2 \times 2 = 4$; diviser d par 2 multiplie F par $2^2 = 4$. Au total $\times 16$:

$$F = 16 F_0 = 16 \text{ N}.$$

b)

Diviser chaque charge par 3 : facteur $\frac{1}{9}$; diviser d par 3 : facteur $3^2 = 9$. Les deux se compensent exactement :

$$F = \frac{1/9}{1/9} F_0 = F_0 = 1 \text{ N (inchangée)}.$$

Exo 2 deux forces perpendiculaires

a)

Pythagore : $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = \sqrt{6^2 + 8^2} = \sqrt{36 + 64} = \sqrt{100} = 10 \text{ N}$.

b)

$\tan \theta = \frac{F_2}{F_1} = \frac{8}{6} = \frac{4}{3}$, d'où $\theta = \arctan(4/3) \approx 53.1^\circ$.

Exo 3 triangle équilatéral

a)

Les deux forces ont même intensité $f = Kq^2/a^2$ et font entre elles un angle de 60° . Par symétrie la résultante est verticale, somme des projections sur la bissectrice :

$$F_{\text{tot}} = 2f \cos 30^\circ = 2 \frac{Kq^2}{a^2} \times \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\sqrt{3} Kq^2}{a^2}.$$

b)

$f = 9 \times 10^9 \times \frac{(2 \times 10^{-6})^2}{(0,10)^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-12}}{0,01} = 3.6 \text{ N}$, donc

$$F_{\text{tot}} = \sqrt{3} \times 3,6 \approx 6.2 \text{ N}.$$

Exo 4 trois charges alignées

a)

Les distances AB et BC valent 0.10 m et les produits de charges sont identiques, donc les deux forces ont la même intensité :

$$F_{A/B} = F_{C/B} = 9 \times 10^9 \times \frac{(2 \times 10^{-6})(3 \times 10^{-6})}{(0,10)^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{6 \times 10^{-12}}{0,01} = 5.4 \text{ N}.$$

$A (+)$ repousse B : force vers la **droite**. $C (-)$ attire B : force aussi vers la **droite**.

b)

Les deux forces ont le *même sens* (vers la droite) : elles s'ajoutent.

$$F_{\text{tot}} = 5,4 + 5,4 = 10.8 \text{ N vers la droite (vers C)}.$$

Exo 5 superposition à angle droit : calcul complet

a)

$$F_1 = 9 \times 10^9 \times \frac{(2 \times 10^{-6})(2 \times 10^{-6})}{(0,20)^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-12}}{0,04} = 0.9 \text{ N (horizontale),}$$

$$F_2 = 9 \times 10^9 \times \frac{(2 \times 10^{-6})(6 \times 10^{-6})}{(0,30)^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{1.2 \times 10^{-11}}{0,09} = 1.2 \text{ N (verticale).}$$

b)

Forces perpendiculaires :

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = \sqrt{0,9^2 + 1,2^2} = \sqrt{0,81 + 1,44} = \sqrt{2,25} = 1.5 \text{ N.}$$

(Les deux charges q_1, q_2 étant positives, chaque force *repousse* q_0 : la résultante pointe à l'opposé du coin (q_1, q_2) .)

Exo 6 force sur une charge en bout de ligne

a)

B est à $a = 0.10 \text{ m}$ de A , C à $2a = 0.20 \text{ m}$.

$$F_{B/A} = 9 \times 10^9 \times \frac{(3 \times 10^{-6})^2}{(0,10)^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{9 \times 10^{-12}}{0,01} = 8.1 \text{ N,}$$

$$F_{C/A} = 9 \times 10^9 \times \frac{(3 \times 10^{-6})^2}{(0,20)^2} = \frac{8,1}{4} = 2.025 \text{ N.}$$

B et C (positives) *repoussent* A : les deux forces pointent vers la **gauche** (à l'opposé de B et C).

b)

Mêmes sens, on ajoute : $F_{\text{tot}} = 8,1 + 2,025 \approx 10.1 \text{ N}$ vers la gauche.

Exo 7 charge sur la médiatrice

a)

$r = 0.05 \text{ m}$:

$$f = 9 \times 10^9 \times \frac{(2 \times 10^{-6})(2 \times 10^{-6})}{(0,05)^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-12}}{2.5 \times 10^{-3}} = 14.4 \text{ N}.$$

b)

Par symétrie, les composantes horizontales des deux forces s'annulent ; les composantes verticales (facteur $\cos \theta = \frac{4}{5}$, avec 4 cm de hauteur pour $r = 5 \text{ cm}$) s'ajoutent :

$$F = 2f \cos \theta = 2 \times 14,4 \times \frac{4}{5} = 23.04 \text{ N} \approx 23 \text{ N},$$

dirigée le long de la médiatrice, en s'éloignant des deux charges.

Exo 8 résultante entre deux charges de même signe

a)

Les deux distances valent 0.15 m.

$$F_1 = 9 \times 10^9 \times \frac{(2 \times 10^{-6})(1 \times 10^{-6})}{(0,15)^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-12}}{2.25 \times 10^{-2}} = 0.8 \text{ N (vers la droite)},$$

$$F_2 = 9 \times 10^9 \times \frac{(8 \times 10^{-6})(1 \times 10^{-6})}{(0,15)^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{8 \times 10^{-12}}{2.25 \times 10^{-2}} = 3.2 \text{ N (vers la gauche)}.$$

(q_1 et q_2 , positives, repoussent q_0 chacune de son côté.)

b)

Sens opposés, on soustrait :

$$F_{\text{tot}} = 3,2 - 0,8 = 2.4 \text{ N vers la gauche (vers } q_1).$$

Exo 9 forces opposées d'un dipôle

a)

q_0 est à 0.10 m de $+q$ et à 0.05 m de $-q$.

$$F_+ = 9 \times 10^9 \times \frac{(1 \times 10^{-6})^2}{(0,10)^2} = 0.9 \text{ N (répulsion : vers la droite),}$$

$$F_- = 9 \times 10^9 \times \frac{(1 \times 10^{-6})^2}{(0,05)^2} = 3.6 \text{ N (attraction : vers la gauche).}$$

b)

Sens opposés, on soustrait :

$$F_{\text{tot}} = 3,6 - 0,9 = 2.7 \text{ N vers la gauche (vers le dipôle).}$$

Exo 10 deux forces à 60

a)

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos 60^\circ}.$$

b)

Avec $\cos 60^\circ = \frac{1}{2}$:

$$F = \sqrt{5^2 + 5^2 + 2 \times 5 \times 5 \times \frac{1}{2}} = \sqrt{25 + 25 + 25} = \sqrt{75} = 5\sqrt{3} \approx 8.7 \text{ N.}$$

Les deux forces étant de même intensité, la résultante est portée par la **bissectrice** de l'angle (à 30 de chacune).

Exo 11 superposition à angle droit, signes mêlés

a)

$$F_1 = 9 \times 10^9 \times \frac{(3 \times 10^{-6})(2 \times 10^{-6})}{(0,15)^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{6 \times 10^{-12}}{2,25 \times 10^{-2}} = 2,4 \text{ N.}$$

$q_1 (+)$ repousse q_0 : $\vec{F}_1$ est horizontale, dirigée vers la gauche.

$$F_2 = 9 \times 10^9 \times \frac{(4 \times 10^{-6})(2 \times 10^{-6})}{(0,20)^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{8 \times 10^{-12}}{4 \times 10^{-2}} = 1,8 \text{ N.}$$

$q_2 (-)$ attire q_0 : $\vec{F}_2$ est verticale, dirigée vers le haut (vers q_2).

b)

Forces perpendiculaires :

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = \sqrt{2,4^2 + 1,8^2} = \sqrt{5,76 + 3,24} = \sqrt{9} = 3 \text{ N.}$$

Angle avec l'horizontale : $\tan \theta = \frac{F_2}{F_1} = \frac{1,8}{2,4} = 0,75$, soit $\theta \approx 36,9^\circ$ (résultante vers le haut et la gauche).

Exo 12 à quelle distance ?

On utilise $F \propto 1/d^2$, donc $d = d_1 \sqrt{F_1/F}$.

a)

$$d = 12 \sqrt{\frac{4}{1}} = 12 \times 2 = 24 \text{ cm.}$$

b)

$$d = 12 \sqrt{\frac{4}{9}} = 12 \times \frac{2}{3} = 8 \text{ cm.}$$

Exo 13 combien d'électrons en excès ?

a)

De $F = Kq^2/d^2$ on tire $q = \sqrt{Fd^2/K}$:

$$q = \sqrt{\frac{0,9 \times (0,10)^2}{9 \times 10^9}} = \sqrt{\frac{9 \times 10^{-3}}{9 \times 10^9}} = \sqrt{1 \times 10^{-12}} = 1 \times 10^{-6} \text{ C} = 1 \mu\text{C}.$$

b)

$$N = \frac{q}{e} = \frac{1 \times 10^{-6}}{1.6 \times 10^{-19}} \approx 6.25 \times 10^{12} \text{ électrons}.$$

Exo 14 au milieu de deux charges opposées

a)

$+q$ (positive) repousse q_0 : force vers la **droite** (vers $-q$). $-q$ (négative) attire q_0 : force aussi vers la **droite** (vers $-q$). Les deux forces ont le même sens : elles **s'ajoutent**.

b)

Chaque charge est à 0.10 m de q_0 :

$$f = 9 \times 10^9 \times \frac{(2 \times 10^{-6})(2 \times 10^{-6})}{(0,10)^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-12}}{0,01} = 3.6 \text{ N},$$

$$F_{\text{tot}} = 2f = 7.2 \text{ N vers la droite (vers } -q).$$

Exo 15 deux charges en équerre

a)

$a = 0.10 \text{ m}$:

$$f = 9 \times 10^9 \times \frac{(2 \times 10^{-6})^2}{(0,10)^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-12}}{0,01} = 3.6 \text{ N}.$$

b)

Les deux forces (répulsives) sont perpendiculaires et de même intensité :

$$F = \sqrt{f^2 + f^2} = f\sqrt{2} = 3,6\sqrt{2} \approx 5.1 \text{ N},$$

dirigée le long de la bissectrice (à 45), en s'éloignant des deux charges.

DIFFICILE

14 exercices

Exo 1 où la force résultante s'annule-t-elle ?

a)

Les deux charges étant *positives*, une charge test placée à l'extérieur subirait deux forces de *même sens* (jamais nulles). Le point doit donc être **entre** les charges, où les deux forces s'opposent, et plus près de la *petite* charge q_1 .

b)

Soit x = distance à q_1 , donc $L - x$ à q_2 . On annule la résultante :

$$K \frac{|q_1|}{x^2} = K \frac{|q_2|}{(L-x)^2} \implies \frac{L-x}{x} = \sqrt{\frac{|q_2|}{|q_1|}} = \sqrt{\frac{4}{1}} = 2.$$

D'où $L - x = 2x$, soit $x = L/3 = 30/3 = 10$ cm de q_1 (et 20 cm de q_2).

Exo 2 quelle charge annule la force sur une autre ?

a)

q_2 (+) repousse q_1 vers la gauche (vers Q). Pour équilibrer, Q doit repousser q_1 vers la droite : Q et q_1 sont de *même signe*, donc Q est **positive**.

b)

On égalise les intensités des deux forces sur q_1 :

$$K \frac{|Q| q_1}{(0,10)^2} = K \frac{q_2 q_1}{(0,20)^2} \implies \frac{|Q|}{0,01} = \frac{12}{0,04}.$$

Donc $|Q| = 0,01 \times \frac{12}{0,04} = 3 \text{ nC}$, soit $Q = +3 \text{ nC}$.

Exo 3 direction de la résultante : le carré

Les quatre charges sont à la même distance (demi-diagonale) de O ; chacune repousse $+q$ selon la diagonale, dans le sens du coin vers le centre et au-delà.

a)

Les deux charges $+Q$ (gauche) donnent une résultante vers la droite ; les deux $+2Q$ (droite) une résultante, deux fois plus forte, vers la gauche. **Verticalement**, haut et bas se compensent (mêmes charges symétriques) : la composante **verticale s'annule**.

b)

Il reste la composante horizontale : $+2Q$ (à droite) l'emporte sur $+Q$ (à gauche). La résultante est donc **horizontale, dirigée vers la gauche** (vers le côté des charges $+Q$, les plus faibles). En intensité elle est proportionnelle à $2Q - Q = Q$.

Exo 4 direction de la résultante : sur l'axe

a)

Les deux charges $+Q$ sont symétriques par rapport à l'axe x et à même distance de P : elles attirent $-Q$ avec des forces de *même intensité*, l'une vers le haut, l'autre vers le bas. Leurs composantes verticales sont opposées et **s'annulent**.

b)

Il ne reste que les composantes horizontales, toutes deux dirigées vers les charges (attraction $+/-$), c'est-à-dire vers la gauche. La résultante est donc **horizontale, dirigée vers la gauche** (le long de l'axe x , vers l'origine).

Exo 5 force nulle : charges de signes opposés

a)

Entre les charges, la force due à q_1 (+) et celle due à q_2 (−) pointent dans le même sens : elles ne peuvent pas se compenser. À gauche de q_1 , la charge q_1 (la plus forte) est à la fois plus proche et plus intense : elle l'emporte toujours. Le point M est donc **à droite de q_2** , au-delà de la charge la plus faible.

b)

Avec x = distance à q_2 (donc $L + x$ à q_1), on égalise les intensités :

$$K \frac{|q_1|}{(L+x)^2} = K \frac{|q_2|}{x^2} \implies \frac{4}{(L+x)^2} = \frac{1}{x^2}.$$

c)

En prenant la racine : $\frac{2}{L+x} = \frac{1}{x}$, soit $2x = L + x$, d'où $x = L = 30$ cm. Le point M est donc à 30 cm à droite de q_2 (et à 60 cm de q_1).

Exo 6 pendule électrostatique

a)

Trois forces sur une bille : le poids $m\vec{g}$ (vertical, vers le bas), la tension $\vec{T}$ du fil (le long du fil) et la force de Coulomb $\vec{F}$ (horizontale, répulsive). À l'équilibre :

$$(\text{horizontale}) \quad T \sin \theta = F, \quad (\text{verticale}) \quad T \cos \theta = mg.$$

b)

En divisant membre à membre les deux relations, T disparaît :

$$\tan \theta = \frac{F}{mg} = \frac{Kq^2}{d^2 mg}.$$

c)

$$F = 9 \times 10^9 \times \frac{(2 \times 10^{-8})^2}{(0,03)^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-16}}{9 \times 10^{-4}} = 4 \times 10^{-3} \text{ N}.$$

Avec $mg = 5 \times 10^{-4} \times 10 = 5 \times 10^{-3} \text{ N}$:

$$\tan \theta = \frac{4 \times 10^{-3}}{5 \times 10^{-3}} = 0,8 \implies \theta = \arctan(0,8) \approx 38,7^\circ.$$

Exo 7 force sur un coin d'un carré

a)

Force d'une charge *adjacente* (distance $a = 0,10 \text{ m}$) :

$$f = 9 \times 10^9 \times \frac{(2 \times 10^{-6})^2}{(0,10)^2} = 3,6 \text{ N}.$$

Force de la charge *diagonale* (distance $a\sqrt{2}$) :

$$f_d = 9 \times 10^9 \times \frac{(2 \times 10^{-6})^2}{(a\sqrt{2})^2} = \frac{f}{2} = 1,8 \text{ N}.$$

b)

Les deux forces des charges adjacentes sont perpendiculaires (le long des deux côtés) et de même intensité f ; leur résultante vaut $\sqrt{f^2 + f^2} = f\sqrt{2}$ et est portée par la diagonale (vers l'extérieur du carré), comme f_d .

c)

Les trois contributions sont alignées sur la diagonale (vers l'extérieur) :

$$F = f\sqrt{2} + \frac{f}{2} = f \left(\sqrt{2} + \frac{1}{2} \right) = 3,6 \times (1,414 + 0,5) \approx 6.9 \text{ N.}$$

Exo 8 stabilité d'une charge à l'équilibre

a)

Au milieu, $+q$ est à égale distance des deux charges $+Q$ identiques : les deux forces répulsives ont même intensité et sont de sens opposés, donc leur somme est nulle. C'est bien une position d'équilibre.

b)

En rapprochant $+q$ d'une charge, celle-ci (plus proche) le repousse *plus fort* que la charge éloignée : la force résultante pointe vers le centre et **ramène** $+q$. L'équilibre est **stable** le long de la droite.

c)

Écartée perpendiculairement, $+q$ subit deux forces symétriques dont les composantes le long de la droite se compensent, mais dont les composantes *perpendiculaires* pointent toutes deux *en éloignant* $+q$ de l'axe : la résultante l'éloigne encore plus. L'équilibre est **instable** dans la direction perpendiculaire.

Exo 9 triangle : charges inégales

a)

Toutes les distances valent $a = 0.10 \text{ m}$:

$$f_A = 9 \times 10^9 \times \frac{(1 \times 10^{-6})(3 \times 10^{-6})}{(0,10)^2} = 2.7 \text{ N}, \quad f_B = 9 \times 10^9 \times \frac{(2 \times 10^{-6})(3 \times 10^{-6})}{(0,10)^2} = 5.4 \text{ N.}$$

b)

q_A (à gauche) repousse q_C vers le haut-droite ; q_B (à droite) le repousse vers le haut-gauche. Chaque force fait 60° avec l'horizontale ($\cos 60^\circ = \frac{1}{2}, \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} \approx 0,866$) :

$$f_A : (+1,35 ; +2,34) \text{ N},$$

$$f_B : (-2,70 ; +4,68) \text{ N}.$$

c)

Somme des composantes : $F_x = 1,35 - 2,70 = -1,35 \text{ N}, F_y = 2,34 + 4,68 = 7,02 \text{ N}.$

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{1,35^2 + 7,02^2} \approx 7.1 \text{ N}.$$

La composante horizontale est dirigée vers q_A : la résultante est presque verticale, inclinée d'environ 11° vers le côté de la *plus petite* charge q_A (donc à l'opposé de la plus grosse charge q_B).

Exo 10 trois charges toutes en équilibre

a)

Les deux charges $+Q$ étant identiques, q_0 n'est en équilibre (forces égales et opposées) qu'au point équidistant : le **milieu** du segment, à $L/2$ de chaque $+Q$.

b)

Sur la charge $+Q$ de gauche s'exercent : la répulsion de l'autre $+Q$ (distante de L), qui la pousse vers l'extérieur, et la force de q_0 (distante de $L/2$). Pour l'équilibrer, q_0 doit *attirer* cette charge vers l'intérieur : q_0 est donc **négative**.

c)

Égalité des intensités sur la charge $+Q$:

$$K \frac{|q_0| Q}{(L/2)^2} = K \frac{Q^2}{L^2} \implies \frac{4|q_0|}{L^2} = \frac{Q}{L^2} \implies |q_0| = \frac{Q}{4}.$$

Donc $q_0 = -\frac{Q}{4}$.

Exo 11 partage optimal d'une charge

a)

$$F(q) = K \frac{q(Q_t - q)}{d^2}.$$

b)

À somme Q_t fixée, le produit $q(Q_t - q)$ est maximal quand les deux facteurs sont égaux, soit $q = \frac{Q_t}{2} = 4 \mu\text{C}$ (partage en deux charges égales).

c)

$$F_{\max} = K \frac{(Q_t/2)^2}{d^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(4 \times 10^{-6})^2}{(0,20)^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{1.6 \times 10^{-11}}{4 \times 10^{-2}} = 3.6 \text{ N.}$$

Exo 12 contact entre deux sphères conductrices

a)

$$F_i = 9 \times 10^9 \times \frac{(2 \times 10^{-6})(8 \times 10^{-6})}{(0,10)^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{1.6 \times 10^{-11}}{0,01} = 14.4 \text{ N.}$$

b)

Deux conducteurs identiques mis en contact se partagent la charge totale à parts égales : chaque sphère porte $\frac{q_1+q_2}{2} = \frac{2+8}{2} = 5 \mu\text{C}$.

$$F_f = 9 \times 10^9 \times \frac{(5 \times 10^{-6})^2}{(0,10)^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2.5 \times 10^{-11}}{0,01} = 22.5 \text{ N.}$$

c)

$$\frac{F_f}{F_i} = \frac{22,5}{14,4} = \frac{25}{16} \approx 1,56.$$

La force **augmente** : à charge totale fixée, la répartition égale ($5 \times 5 = 25$) donne un produit plus grand que la répartition initiale ($2 \times 8 = 16$).

Exo 13 la force sur la médiatrice n'est pas monotone

a)

Les deux charges sont symétriques par rapport à l'axe Oy : les composantes horizontales des deux forces s'annulent. Il reste la composante verticale de chacune, de facteur $\frac{y}{r}$ avec $r = \sqrt{a^2 + y^2}$ et $f = \frac{Kqq_0}{r^2}$:

$$F(y) = 2f \frac{y}{r} = \frac{2Kqq_0 y}{(a^2 + y^2)^{3/2}}.$$

b)

Avec $Kqq_0 = 9 \times 10^9 \times (2 \times 10^{-6})^2 = 3.6 \times 10^{-2}$ (unités SI) :

$$y = a : \quad r = a\sqrt{2}, \quad f = \frac{3.6 \times 10^{-2}}{1.8 \times 10^{-3}} = 20 \text{ N}, \quad F = 2 \times 20 \times \frac{1}{\sqrt{2}} \approx 28.3 \text{ N}.$$

$$y = 2a : \quad r = a\sqrt{5}, \quad f = \frac{3.6 \times 10^{-2}}{4.5 \times 10^{-3}} = 8 \text{ N}, \quad F = 2 \times 8 \times \frac{2}{\sqrt{5}} \approx 14.3 \text{ N}.$$

c)

$F(0) = 0$, puis F croît (28.3 N en $y = a$), puis décroît (14.3 N en $y = 2a$) : la force n'est **pas monotone**. Elle passe par un **maximum** à une distance intermédiaire, avant de tendre vers 0 lorsque q_0 s'éloigne.

Exo 14 équilibre d'un coin par une charge centrale

a)

Les trois charges q exercent sur le coin une force résultante portée par la diagonale, vers l'*extérieur* du carré, d'intensité

$$F_3 = f \left(\sqrt{2} + \frac{1}{2} \right), \quad f = \frac{Kq^2}{a^2}.$$

b)

Pour équilibrer le coin, Q doit l'attirer vers le centre : Q est **négligable**. La distance du centre à un coin est la demi-diagonale $\frac{a\sqrt{2}}{2} = \frac{a}{\sqrt{2}}$.

c)

Condition d'équilibre (intensités égales) :

$$K \frac{|Q|q}{(a/\sqrt{2})^2} = f \left(\sqrt{2} + \frac{1}{2} \right) \implies \frac{2K|Q|q}{a^2} = \frac{Kq^2}{a^2} \left(\sqrt{2} + \frac{1}{2} \right).$$

D'où $|Q| = \frac{q}{2} \left(\sqrt{2} + \frac{1}{2} \right) = \frac{(2\sqrt{2}+1)}{4} q$, soit

$$Q = -\frac{2\sqrt{2}+1}{4} q \approx -0.96 q \approx -3.83 \mu\text{C}.$$



Tous les exos cochés ? Passe au niveau réel.

+

Ce carnet est un extrait de notre bibliothèque d'entraînement — la suite se joue en ligne.

Sur simulationconcours.be

- ✓ Le même carnet en interactif, avec correction en un clic
- ✓ Les autres mécaniques de la fiche, niveau par niveau
- ✓ 3100 QCM type concours, corrigés et expliqués
- ✓ Les cours complets — gratuits — et les fiches de révision

Tous les jeudis : simulation du concours en ligne

En conditions réelles — chrono, QCM type concours et score immédiat.



Rejoins-nous sur simulationconcours.be

scanne le QR ou tape l'adresse — les cours complets sont gratuits