

Solutionnaire du chapitre 2

1. On trouve le champ avec

$$\begin{aligned}F_x &= qE_x \\0 &= 10\mu\text{C} \cdot E_x \\E_x &= 0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}F_y &= qE_y \\-25\text{N} &= 10\mu\text{C} \cdot E_y \\E_y &= -2,5 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{C}}\end{aligned}$$

On a donc un champ de $2,5 \times 10^6$ N/C vers le bas.

2. La somme des forces en y nous donne

$$\begin{aligned}\sum F_y &= 0 \\-mg + F_E &= 0 \\-10^{-13}\text{kg} \cdot 9,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}} + F_E &= 0 \\F_E &= 9,8 \times 10^{-13}\text{N}\end{aligned}$$

On a donc

$$\begin{aligned}F_y &= qE_y \\9,8 \times 10^{-13}\text{N} &= -2e \cdot E_y \\9,8 \times 10^{-13}\text{N} &= -2 \cdot 1,602 \times 10^{-19}\text{C} \cdot E_y \\E_y &= -3,059 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{C}}\end{aligned}$$

On a donc un champ de $3,059 \times 10^6$ N/C vers le bas.

3. La charge de $2 \mu\text{C}$ fait un champ de

$$\begin{aligned} E &= \frac{kQ}{r^2} \\ &= \frac{9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \cdot 2 \times 10^{-6} \text{C}}{(4\text{m})^2} \\ &= 1125 \frac{\text{N}}{\text{C}} \end{aligned}$$

vers la droite.

La charge de $5 \mu\text{C}$ fait un champ de

$$\begin{aligned} E &= \frac{kQ}{r^2} \\ &= \frac{9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \cdot 5 \times 10^{-6} \text{C}}{(6\text{m})^2} \\ &= 1250 \frac{\text{N}}{\text{C}} \end{aligned}$$

vers la gauche.

Le champ net est donc

$$\begin{aligned} E_x &= E_{x1} + E_{x2} \\ &= 1125 \frac{\text{N}}{\text{C}} + -1250 \frac{\text{N}}{\text{C}} \\ &= -125 \frac{\text{N}}{\text{C}} \end{aligned}$$

On a donc un champ de 125 N/C vers la gauche.

4. À cet endroit, on est à

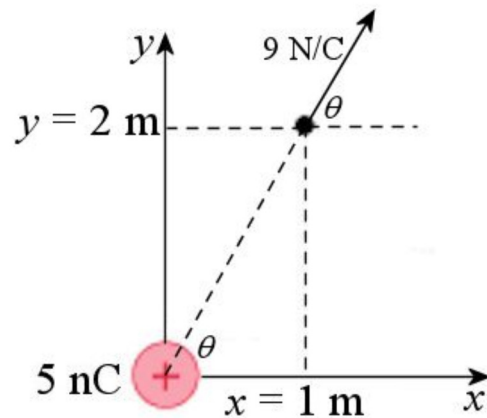
$$r = \sqrt{(2\text{m})^2 + (1\text{m})^2} = \sqrt{5}\text{m}$$

de la charge.

La grandeur du champ est donc

$$\begin{aligned}
 E &= \frac{kQ}{r^2} \\
 &= \frac{9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \cdot 5 \times 10^{-9} \text{ C}}{(\sqrt{5} \text{ m})^2} \\
 &= 9 \frac{\text{N}}{\text{C}}
 \end{aligned}$$

On a donc la situation suivante.



On trouve l'angle avec

$$\begin{aligned}
 \tan \theta &= \frac{2 \text{ m}}{1 \text{ m}} \\
 \theta &= 63,43^\circ
 \end{aligned}$$

Les composantes sont donc

$$\begin{aligned}
 E_x &= 9 \frac{\text{N}}{\text{C}} \cos 63,43^\circ = 4,025 \frac{\text{N}}{\text{C}} \\
 E_y &= 9 \frac{\text{N}}{\text{C}} \sin 63,43^\circ = 8,050 \frac{\text{N}}{\text{C}}
 \end{aligned}$$

5. La charge de 10 nC fait un champ de

$$\begin{aligned}
 E_1 &= \frac{kQ}{r^2} \\
 &= \frac{9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \cdot 10 \times 10^{-9} \text{ C}}{(0,03 \text{ m})^2} \\
 &= 100\,000 \frac{\text{N}}{\text{C}}
 \end{aligned}$$

vers le bas.

La charge de -5 nC fait un champ de

$$\begin{aligned} E_2 &= \frac{kQ}{r^2} \\ &= \frac{9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \cdot 5 \times 10^{-9} \text{ C}}{(0,05\text{m})^2} \\ &= 18\,000 \frac{\text{N}}{\text{C}} \end{aligned}$$

vers la droite.

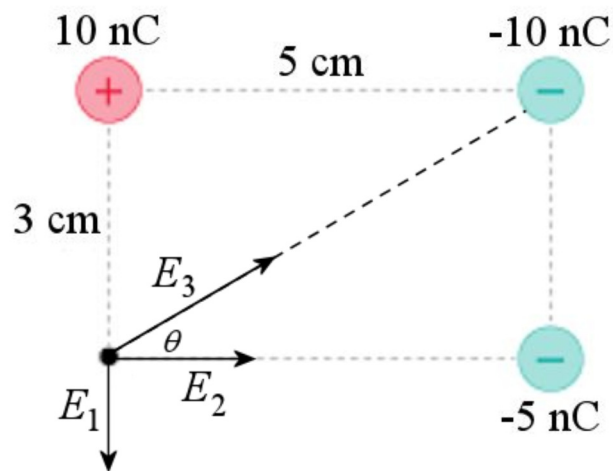
Pour la charge de -10 nC, la distance de la charge est

$$r = \sqrt{(0,03\text{m})^2 + (0,05\text{m})^2} = \sqrt{0,0034\text{m}}$$

La grandeur du champ est donc

$$\begin{aligned} E_3 &= \frac{kQ}{r^2} \\ &= \frac{9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \cdot 10 \times 10^{-9} \text{ C}}{(\sqrt{0,0034\text{m}})^2} \\ &= 26\,471 \frac{\text{N}}{\text{C}} \end{aligned}$$

On a donc la situation suivante.



Pour séparer en composantes, il faut connaître l'angle θ . Cet angle est

$$\tan \theta = \frac{3\text{cm}}{5\text{cm}}$$

$$\theta = 30,96^\circ$$

Les composantes des champs sont donc

$$E_{1x} = 0$$

$$E_{1y} = -100\,000 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$E_{2x} = 18\,000 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$E_{2y} = 0$$

$$E_{3x} = 26\,471 \frac{\text{N}}{\text{C}} \cos(30,96^\circ) = 22\,698 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$E_{3y} = 26\,471 \frac{\text{N}}{\text{C}} \sin(30,96^\circ) = 13\,619 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

Les composantes du champ résultant sont donc

$$E_x = 0 + 18\,000 \frac{\text{N}}{\text{C}} + 22\,698 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$= 40\,698 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$E_y = -100\,000 \frac{\text{N}}{\text{C}} + 0 + 13\,619 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$= -86\,381 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

La grandeur du champ est alors

$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2}$$

$$= \sqrt{\left(40\,698 \frac{\text{N}}{\text{C}}\right)^2 + \left(-86\,381 \frac{\text{N}}{\text{C}}\right)^2}$$

$$= 95\,488 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

alors que la direction du champ est

$$\tan \theta = \frac{-86\,381 \frac{\text{N}}{\text{C}}}{40\,698 \frac{\text{N}}{\text{C}}}$$

$$\theta = -64,8^\circ$$

6. La charge de -4 nC fait un champ de

$$\begin{aligned} E_- &= \frac{kQ}{r^2} \\ &= \frac{9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \cdot 4 \times 10^{-9} \text{ C}}{(0,06\text{m})^2} \\ &= 10\,000 \frac{\text{N}}{\text{C}} \end{aligned}$$

vers la gauche.

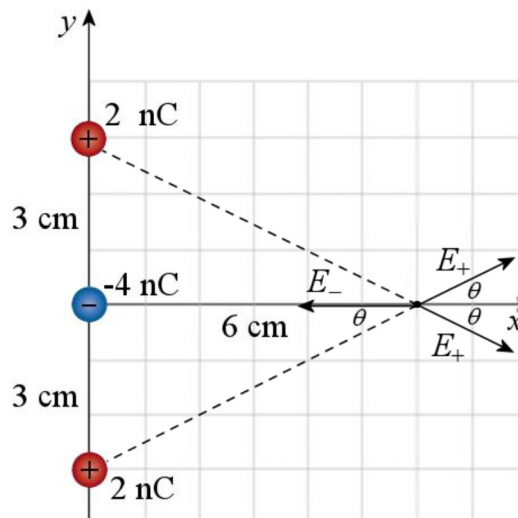
Pour les charges de 2 nC, la distance de la charge est

$$r = \sqrt{(0,03\text{m})^2 + (0,06\text{m})^2} = \sqrt{0,0045\text{m}}$$

Les charges de 2 nC font un champ de

$$\begin{aligned} E_+ &= \frac{kQ}{r^2} \\ &= \frac{9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \cdot 2 \times 10^{-9} \text{ C}}{(\sqrt{0,0045\text{m}})^2} \\ &= 4\,000 \frac{\text{N}}{\text{C}} \end{aligned}$$

On a donc la situation suivante.



Pour séparer en composantes, il faut connaître l'angle θ . Cet angle est

$$\tan \theta = \frac{3\text{cm}}{6\text{cm}}$$

$$\theta = 26,57^\circ$$

Les composantes des champs sont donc (le champ 1 est le champ fait par la charge négative, le champ 2 est le champ fait par la charge positive la plus basse et le champ 3 est le champ fait par la charge positive la plus haute)

$$E_{1x} = -10\,000 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$E_{1y} = 0 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$E_{2x} = 4\,000 \frac{\text{N}}{\text{C}} \cos(26,57^\circ) = 3\,578 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$E_{2y} = 4\,000 \frac{\text{N}}{\text{C}} \sin(26,57^\circ) = 1\,789 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$E_{3x} = 4\,000 \frac{\text{N}}{\text{C}} \cos(-26,57^\circ) = 3\,578 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$E_{3y} = 4\,000 \frac{\text{N}}{\text{C}} \sin(-26,57^\circ) = -1\,789 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

Les composantes du champ résultant sont donc

$$E_x = -10\,000 \frac{\text{N}}{\text{C}} + 3\,578 \frac{\text{N}}{\text{C}} + 3\,578 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$= -2\,845 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$E_y = 0 + 1\,789 \frac{\text{N}}{\text{C}} + -1\,789 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$= 0 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

Le champ est donc de 2845 N/C vers la gauche.

7. Le champ est

$$\begin{aligned}
 E &= \frac{k|Q|}{r(r+L)} \\
 &= \frac{9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \cdot |12 \times 10^{-6} \text{C}|}{0,06\text{m}(0,06\text{m} + 0,04\text{m})} \\
 &= 1,8 \times 10^7 \frac{\text{N}}{\text{C}}
 \end{aligned}$$

Comme la tige est positive, le champ est dans la direction opposée à la tige. On a donc un champ de $1,8 \times 10^7 \text{ N/C}$ vers la droite.

8. On trouve le champ avec

$$E = \frac{k|\lambda|L}{r(r+L)}$$

En faisant tendre la valeur de L vers l'infini et en faisant ensuite la règle de l'Hospital.

$$\begin{aligned}
 E &= \lim_{L \rightarrow \infty} \frac{k|\lambda|L}{r(r+L)} \\
 &= \frac{k|\lambda|}{r}
 \end{aligned}$$

La grandeur du champ est donc

$$\begin{aligned}
 E &= \frac{k|\lambda|}{r} \\
 &= \frac{9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} |2 \times 10^{-6} \frac{\text{C}}{\text{m}}|}{0,08\text{m}} \\
 &= 225\,000 \frac{\text{N}}{\text{C}}
 \end{aligned}$$

Comme la tige est positive, le champ est dans la direction opposée à la tige. On a donc un champ de $225\,000 \text{ N/C}$ vers la droite.

9. Le champ est

$$\begin{aligned}
 E &= \frac{2k|\lambda|L}{r\sqrt{L^2 + 4r^2}} \\
 &= \frac{2 \cdot 9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \cdot |4 \times 10^{-6} \frac{\text{C}}{\text{m}}| \cdot 0,12\text{m}}{0,05\text{m} \cdot \sqrt{(0,12\text{m})^2 + 4 \cdot (0,05\text{m})^2}} \\
 &= 1,106 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{C}}
 \end{aligned}$$

Comme la tige est positive, le champ est dans la direction opposée à la tige. On a donc un champ de $1,106 \times 10^6 \text{ N/C}$ vers la droite.

10. Le champ est

$$\begin{aligned}
 E &= \frac{2k|\lambda|}{r} \\
 &= \frac{2 \cdot 9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \cdot |8 \times 10^{-6} \frac{\text{C}}{\text{m}}|}{0,2\text{m}} \\
 &= 720\,000 \frac{\text{N}}{\text{C}}
 \end{aligned}$$

Comme la tige est négative, le champ est vers la tige. On a donc un champ de $720\,000 \text{ N/C}$ vers la gauche.

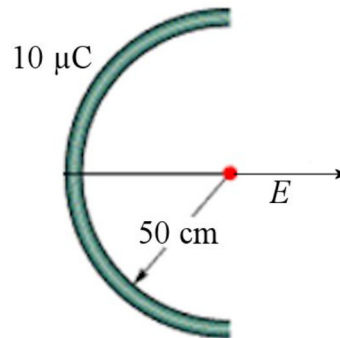
11. Dans cette situation, on a $a = 0,5 \text{ m}$ et $\beta = \pi$. Il ne reste qu'à trouver la charge linéique de la tige. Comme la longueur de la tige est égale à la moitié de la circonférence du cercle, on a

$$\lambda = \frac{Q}{l} = \frac{10 \times 10^{-6} \text{ C}}{\frac{1}{2} 2\pi (0,5\text{m})} = 6,366 \times 10^{-6} \frac{\text{C}}{\text{m}}$$

Le champ est donc

$$\begin{aligned}
 E &= \frac{2k|\lambda|}{a} \sin\left(\frac{\beta}{2}\right) \\
 &= \frac{2 \cdot 9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \cdot 6,366 \times 10^{-6} \frac{\text{C}}{\text{m}}}{0,5\text{m}} \sin\left(\frac{\pi}{2}\right) \\
 &= 2,291 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}}
 \end{aligned}$$

Le champ est dans la direction opposée au milieu de la tige puisque la tige a une charge positive.



12. Ici, on devra faire chacun des arcs à la fois, puis additionner le champ de chaque arc.

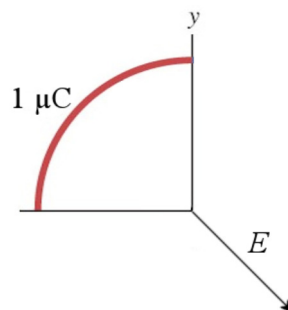
Commençons avec l'arc de charge positive. Dans cette situation, on a $a = 0,1$ m et $\beta = \pi/2$. Il ne reste qu'à trouver la charge linéique de la tige. Comme la longueur de la tige est égale au quart de la circonférence du cercle, on a

$$\lambda = \frac{Q}{l} = \frac{1 \times 10^{-6} \text{ C}}{\frac{1}{4} 2\pi(0,15\text{m})} = 4,244 \times 10^{-6} \frac{\text{C}}{\text{m}}$$

Le champ est donc

$$\begin{aligned} E_1 &= \frac{2k|\lambda|}{a} \sin\left(\frac{\beta}{2}\right) \\ &= \frac{2 \cdot 9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \cdot 4,244 \times 10^{-6} \frac{\text{C}}{\text{m}}}{0,15\text{m}} \sin\left(\frac{\pi}{4}\right) \\ &= 3,6013 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}} \end{aligned}$$

Le champ est dans la direction opposée au milieu de la tige puisque la tige a une charge positive.



Les composantes de ce champ sont

$$E_{1x} = 3,6013 \times 10^5 \frac{N}{C} \cos(-45^\circ) = 2,5465 \times 10^5 \frac{N}{C}$$

$$E_{1y} = 3,6013 \times 10^5 \frac{N}{C} \sin(-45^\circ) = -2,5465 \times 10^5 \frac{N}{C}$$

Continuons avec l'arc de charge négative. Dans cette situation, on a encore $a = 0,1 \text{ m}$ et $\beta = \pi/2$. Comme la longueur de la tige est égale au quart de la circonférence du cercle, on a

$$\lambda = \frac{Q}{l} = \frac{-1 \times 10^{-6} \text{ C}}{\frac{1}{4} 2\pi(0,15\text{m})} = -4,244 \times 10^{-6} \frac{\text{C}}{\text{m}}$$

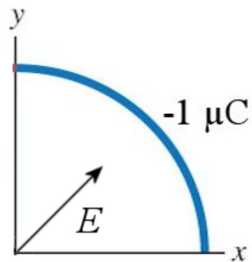
Le champ est donc

$$E_2 = \frac{2k|\lambda|}{a} \sin\left(\frac{\beta}{2}\right)$$

$$= \frac{2 \cdot 9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \cdot |-4,244 \times 10^{-6} \frac{\text{C}}{\text{m}}|}{0,15\text{m}} \sin\left(\frac{\pi}{4}\right)$$

$$= 3,6013 \times 10^5 \frac{N}{C}$$

Le champ est vers le milieu de la tige puisque la tige a une charge négative.



Les composantes de ce champ sont

$$E_{2x} = 3,6013 \times 10^5 \frac{N}{C} \cos(45^\circ) = 2,5465 \times 10^5 \frac{N}{C}$$

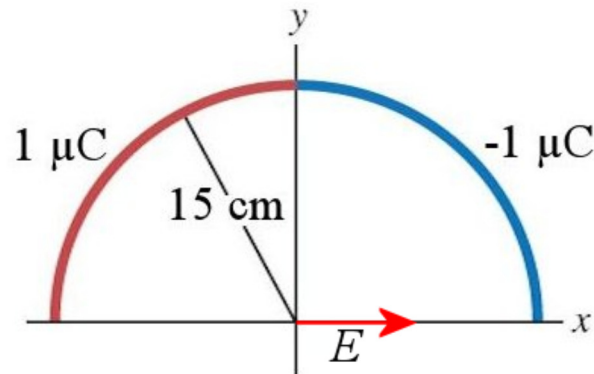
$$E_{2y} = 3,6013 \times 10^5 \frac{N}{C} \sin(45^\circ) = 2,5465 \times 10^5 \frac{N}{C}$$

Le champ total est donc

$$E_x = E_{1x} + E_{2x} = 2,5465 \times 10^5 \frac{N}{C} + 2,5465 \times 10^5 \frac{N}{C} = 5,093 \times 10^5 \frac{N}{C}$$

$$E_y = E_{1y} + E_{2y} = -2,5465 \times 10^5 \frac{N}{C} + 2,5465 \times 10^5 \frac{N}{C} = 0$$

On a donc un champ dans la direction suivante.



13. Le champ est

$$\begin{aligned}
 E &= \frac{|\sigma|}{2\epsilon_0} \\
 &= \frac{\left|1 \times 10^{-6} \frac{\text{C}}{\text{m}^2}\right|}{2 \cdot 8,854 \times 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{Nm}^2}} \\
 &= 56\,470 \frac{\text{N}}{\text{C}}
 \end{aligned}$$

Comme la plaque est positive, le champ est dans la direction opposée à la plaque.
On a donc un champ de 56 470 N/C vers le haut.

14. La densité de charge des plaques est

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \frac{Q}{A} \\
 &= \frac{10 \times 10^{-6} \text{C}}{0,002 \text{m}^2} \\
 &= 5 \times 10^{-3} \frac{\text{C}}{\text{m}^2}
 \end{aligned}$$

Le champ est donc

$$\begin{aligned}
 E &= \frac{\sigma}{\epsilon_0} \\
 &= \frac{5 \times 10^{-3} \frac{C}{m^2}}{8,854 \times 10^{-12} \frac{C^2}{Nm^2}} \\
 &= 5,647 \times 10^8 \frac{N}{C}
 \end{aligned}$$

Le champ va de la plaque positive vers la plaque négative, donc la gauche.

15. On va trouver le champ fait par chacune des plaques.

Plaque 1 : celle de gauche

La densité est

$$\begin{aligned}
 \sigma_1 &= \frac{Q_1}{A} \\
 &= \frac{10 \times 10^{-6} C}{0,002 m^2} \\
 &= 5 \times 10^{-3} \frac{C}{m^2}
 \end{aligned}$$

Le champ est donc

$$\begin{aligned}
 E_1 &= \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} \\
 &= \frac{5 \times 10^{-3} \frac{C}{m^2}}{2 \cdot 8,854 \times 10^{-12} \frac{C^2}{Nm^2}} \\
 &= 2,824 \times 10^8 \frac{N}{C}
 \end{aligned}$$

À droite de cette plaque, le champ est vers la droite (il est dans la direction opposée à la plaque 1 qui est positive). On a donc

$$E_{1x} = 2,824 \times 10^8 \frac{N}{C}$$

Plaque 2 : celle du milieu

La densité est

$$\begin{aligned}\sigma_2 &= \frac{Q_2}{A} \\ &= \frac{20 \times 10^{-6} \text{ C}}{0,002 \text{ m}^2} \\ &= 1 \times 10^{-2} \frac{\text{C}}{\text{m}^2}\end{aligned}$$

Le champ est donc

$$\begin{aligned}E_2 &= \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \\ &= \frac{1 \times 10^{-2} \frac{\text{C}}{\text{m}^2}}{2 \cdot 8,854 \times 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{Nm}^2}} \\ &= 5,647 \times 10^8 \frac{\text{N}}{\text{C}}\end{aligned}$$

À droite de cette plaque, le champ est vers la gauche (il est vers la plaque 2 qui est négative). On a donc

$$E_{2,x} = -5,647 \times 10^8 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

Plaque 3 : celle de droite

La densité est

$$\begin{aligned}\sigma_3 &= \frac{Q_3}{A} \\ &= \frac{30 \times 10^{-6} \text{ C}}{0,002 \text{ m}^2} \\ &= 1,5 \times 10^{-2} \frac{\text{C}}{\text{m}^2}\end{aligned}$$

Le champ est donc

$$\begin{aligned}E_3 &= \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \\ &= \frac{1,5 \times 10^{-2} \frac{\text{C}}{\text{m}^2}}{2 \cdot 8,854 \times 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{Nm}^2}} \\ &= 8,471 \times 10^8 \frac{\text{N}}{\text{C}}\end{aligned}$$

À gauche de cette plaque, le champ est vers la gauche (il est dans la direction opposée à la plaque 3 qui est positive.). On a donc

$$E_{3x} = -8,471 \times 10^8 \frac{N}{C}$$

Le champ total est donc

$$\begin{aligned} E_x &= E_{1x} + E_{2x} + E_{3x} \\ &= 2,824 \times 10^8 \frac{N}{C} + -5,647 \times 10^8 \frac{N}{C} + -8,471 \times 10^8 \frac{N}{C} \\ &= -11,294 \times 10^8 \frac{N}{C} \end{aligned}$$

Le champ est donc de $1,129 \times 10^9$ N/C vers la gauche.

16. Le champ est

$$\begin{aligned} E &= \frac{k|Q|}{r^2} \\ &= \frac{9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \cdot |25 \times 10^{-6} C|}{(0,5m)^2} \\ &= 900\,000 \frac{N}{C} \end{aligned}$$

Comme la sphère est positive, le champ est dans la direction opposée à la direction du centre de la sphère.

17. La charge de la sphère non-trouée est

$$\begin{aligned} Q &= \rho \cdot Volume \\ &= 10 \frac{\mu C}{m^3} \cdot \frac{4}{3} \pi (0,06m)^3 \\ &= 9,048 \times 10^{-9} C \end{aligned}$$

Le champ fait par la sphère non-trouée est donc

$$\begin{aligned} E &= \frac{k|Q|}{r^2} \\ &= \frac{9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \cdot |9,048 \times 10^{-9} C|}{(0,14m)^2} \\ &= 4155 \frac{N}{C} \end{aligned}$$

La charge de la sphère qui boucherait le trou est

$$\begin{aligned} Q &= \rho \cdot \text{Volume} \\ &= 10 \frac{\mu\text{C}}{\text{m}^3} \cdot \frac{4}{3} \pi (0,01\text{m})^3 \\ &= 4,189 \times 10^{-11} \text{C} \end{aligned}$$

Le champ fait par la sphère qui boucherait le trou est donc

$$\begin{aligned} E &= \frac{k|Q|}{r^2} \\ &= \frac{9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \cdot |4,189 \times 10^{-11} \text{C}|}{(0,1\text{m})^2} \\ &= 31 \frac{\text{N}}{\text{C}} \end{aligned}$$

Le champ est donc $4155 \text{ N/C} - 31 \text{ N/C} = 4124 \text{ N/C}$.

18. La force sur la charge est

$$\begin{aligned} F_x &= qE_x \\ &= -100 \times 10^{-6} \text{C} \cdot -200\,000 \frac{\text{N}}{\text{C}} \\ &= 20 \text{N} \end{aligned}$$

L'accélération est donc

$$\begin{aligned} F_x &= ma_x \\ 20 \text{N} &= 0,01 \text{kg} \cdot a_x \\ a_x &= 2000 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \end{aligned}$$

La vitesse sera donc de

$$\begin{aligned} v_x &= v_{0x} + a_x t \\ &= 300 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 2000 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 2 \text{s} \\ &= 4300 \frac{\text{m}}{\text{s}} \end{aligned}$$

19. La force sur la charge est

$$\begin{aligned} F_x &= qE_x \\ &= 30 \times 10^{-6} \text{ C} \cdot -200\,000 \frac{\text{N}}{\text{C}} \\ &= -6 \text{ N} \end{aligned}$$

L'accélération est donc

$$\begin{aligned} F_x &= ma_x \\ -6 \text{ N} &= 0,01 \text{ kg} \cdot a_x \\ a_x &= -600 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \end{aligned}$$

On trouve finalement la distance d'arrêt avec

$$\begin{aligned} 2a_x(x - x_0) &= v_x^2 - v_{0x}^2 \\ 2 \cdot -600 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} (x - 0 \text{ m}) &= \left(0 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 - \left(300 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 \\ x &= 75 \text{ m} \end{aligned}$$

20. L'accélération du proton se trouve avec

$$\begin{aligned} x &= x_0 + v_{0x}t + \frac{1}{2}a_x t^2 \\ 2,5 \text{ m} &= 0 \text{ m} + 0 \text{ m} + \frac{1}{2}a_x (0,002 \text{ s})^2 \\ a_x &= 1\,250\,000 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \end{aligned}$$

La force est donc

$$\begin{aligned} F_x &= ma_x \\ &= 1,673 \times 10^{-27} \text{ kg} \cdot 1,25 \times 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \\ &= 2,091 \times 10^{-21} \text{ N} \end{aligned}$$

Ce qui veut dire que le champ est

$$\begin{aligned} F_x &= qE_x \\ 2,091 \times 10^{-21} \text{ N} &= 1,602 \times 10^{-19} \text{ C} \cdot E_x \\ E_x &= 0,0131 \frac{\text{N}}{\text{C}} \end{aligned}$$

21. Les forces sur la charge sont :

- 1) La force de gravitation (0,0196N vers le bas).
- 2) La force électrique (F_E) vers la droite.
- 3) La force de Tension (T) à 120° .

On a donc

$$\begin{aligned}\sum F_x &= 0 \\ &\rightarrow F_E + T \cos(120^\circ) = 0 \\ \sum F_y &= 0 \\ &\rightarrow -0,0196N + T \sin(120^\circ) = 0\end{aligned}$$

Avec la somme des forces en y, on trouve la tension.

$$\begin{aligned}-0,0196N + T \sin(120^\circ) &= 0 \\ T &= 0,02263N\end{aligned}$$

On utilise ensuite cette valeur pour trouver la force électrique avec la somme des forces en x.

$$\begin{aligned}F_E + T \cos(120^\circ) &= 0 \\ F_E + 0,02263N \cdot \cos(120^\circ) &= 0 \\ F_E &= 0,01132N\end{aligned}$$

Puisque cette force est $F_E = qE_x$ et qu'on connaît la valeur du champ, on peut trouver la force.

$$\begin{aligned}F_E &= qE_x \\ 0,01132N &= q \cdot 200\,000 \frac{N}{C} \\ q &= 5,658 \times 10^{-8} C = 56,58nC\end{aligned}$$

22. a) La charge de 1 nC fait un champ de

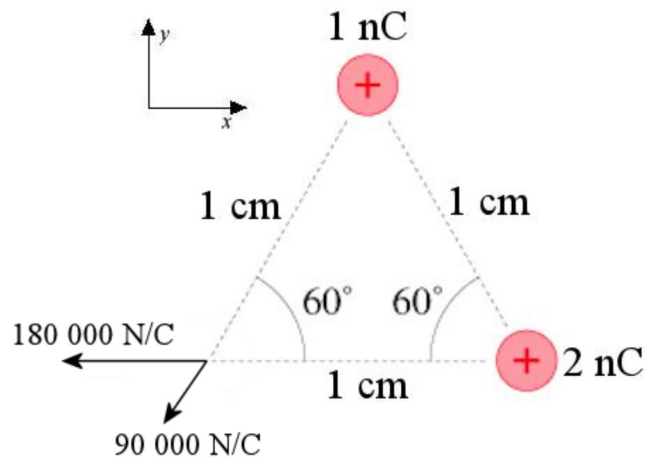
$$\begin{aligned}
 E_1 &= \frac{kQ}{r^2} \\
 &= \frac{9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \cdot 1 \times 10^{-9} \text{C}}{(0,3\text{m})^2} \\
 &= 90\,000 \frac{\text{N}}{\text{C}}
 \end{aligned}$$

La charge de 2 nC fait un champ de

$$\begin{aligned}
 E_2 &= \frac{kQ}{r^2} \\
 &= \frac{9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \cdot 2 \times 10^{-9} \text{C}}{(0,01\text{m})^2} \\
 &= 180\,000 \frac{\text{N}}{\text{C}}
 \end{aligned}$$

vers la droite.

On a donc les 2 champs suivants.



La composante en x du champ résultant est

$$\begin{aligned}
 E_x &= E_1 \cos(-120^\circ) - E_2 \\
 &= 90\,000 \frac{\text{N}}{\text{C}} \cos(-120^\circ) - 180\,000 \frac{\text{N}}{\text{C}} \\
 &= -225\,000 \frac{\text{N}}{\text{C}}
 \end{aligned}$$

La composante en y du champ résultant est

$$\begin{aligned}
 E_y &= E_1 \sin(-120^\circ) \\
 &= 90\,000 \frac{N}{C} \sin(-120^\circ) \\
 &= -77\,942 \frac{N}{C}
 \end{aligned}$$

La grandeur du champ est alors

$$\begin{aligned}
 E &= \sqrt{E_x^2 + E_y^2} \\
 &= \sqrt{\left(-225\,000 \frac{N}{C}\right)^2 + \left(-77\,942 \frac{N}{C}\right)^2} \\
 &= 238\,118 \frac{N}{C}
 \end{aligned}$$

alors que la direction du champ est

$$\begin{aligned}
 \tan \theta &= \frac{-77\,942 \frac{N}{C}}{-225\,000 \frac{N}{C}} \\
 \theta &= 199,1^\circ
 \end{aligned}$$

b) La force est

$$\begin{aligned}
 F &= qE \\
 &= -3nC \cdot 238\,118 \frac{N}{C} \\
 &= -7,144 \times 10^{-4} N
 \end{aligned}$$

Cela veut dire que la force a une grandeur de $7,144 \times 10^{-4} N$ dans la direction opposée au champ, donc à $19,1^\circ$.

23. Le champ fait par la tige infini est

$$\begin{aligned}
 E &= \frac{2k|\lambda|}{r} \\
 &= \frac{2 \cdot 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \cdot |8 \times 10^{-6} \frac{C}{m}|}{0,2m} \\
 &= 720\,000 \frac{N}{C}
 \end{aligned}$$

Ce champ est vers la tige, donc vers la gauche.

Le champ fait par la sphère est

$$\begin{aligned}
 E &= \frac{k|Q|}{r^2} \\
 &= \frac{9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \cdot |20 \times 10^{-6} \frac{\text{C}}{\text{m}}|}{(0,35\text{m})^2} \\
 &= 1125\,000 \frac{\text{N}}{\text{C}}
 \end{aligned}$$

Ce champ est dans la direction opposée au centre de la sphère, donc vers la gauche.

La composante en x du champ résultant est

$$\begin{aligned}
 E_x &= -E_1 - E_2 \\
 &= -720\,000 \frac{\text{N}}{\text{C}} - 1125\,000 \frac{\text{N}}{\text{C}} \\
 &= -1\,845\,000 \frac{\text{N}}{\text{C}}
 \end{aligned}$$

La force sur la charge est donc

$$\begin{aligned}
 F_x &= qE_x \\
 &= -5 \times 10^{-6} \text{C} \cdot -1\,845\,000 \frac{\text{N}}{\text{C}} \\
 &= 9,225 \text{N}
 \end{aligned}$$

Finalement, l'accélération est

$$\begin{aligned}
 F_x &= ma_x \\
 9,225 \text{N} &= 0,1 \text{kg} \cdot a_x \\
 a_x &= 92,25 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}
 \end{aligned}$$

L'accélération est donc de $92,25 \text{ m/s}^2$ vers la droite.

24. a) Le champ fait par la plaque est

$$\begin{aligned}
 E &= \frac{|\sigma|}{2\epsilon_0} \\
 &= \frac{|20 \times 10^{-6} \frac{\text{C}}{\text{m}^2}|}{2 \cdot 8,854 \times 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{Nm}^2}} \\
 &= 1129\,409 \frac{\text{N}}{\text{C}}
 \end{aligned}$$

Ce champ est vers la plaque puisqu'elle a une charge négative.

La force sur la charge est donc

$$\begin{aligned} F &= qE \\ &= 60 \times 10^{-6} \text{ C} \cdot -1129 \, 409 \frac{\text{N}}{\text{C}} \\ &= 67,76 \text{ N} \end{aligned}$$

Cette force est dans la même direction que le champ, donc vers la plaque négative.

L'accélération de la charge est

$$\begin{aligned} a &= \frac{F}{m} \\ &= \frac{67,76 \text{ N}}{0,2 \text{ kg}} \\ &= 338,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \end{aligned}$$

On trouve alors le temps pour arriver à la plaque avec (on utilise un axe dirigé vers la plaque avec une origine à l'endroit où est située la charge initialement)

$$\begin{aligned} x &= x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \\ 0,5 \text{ m} &= 0 \text{ m} + 0 \text{ m} + \frac{1}{2} 338,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot t^2 \\ t &= 0,0543 \text{ s} \end{aligned}$$

b) La vitesse de la charge est

$$\begin{aligned} v &= v_0 + at \\ &= 0 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 338,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,0543 \text{ s} \\ &= 18,41 \frac{\text{m}}{\text{s}} \end{aligned}$$

c) puisque la force sur la charge est de 67,76 N vers la plaque, la force sur la plaque est, en vertu de la troisième loi de Newton, de 67,76 N vers la charge de 60 μC .

25. On peut utiliser l'équation

$$2a_y (y - y_0) = v_y^2 = v_{y0}^2$$

Puisque la charge passe de $y = 0$ à $y = -8 \text{ cm}$, on a

$$\begin{aligned}
 2a_y (y - y_0) &= v_y^2 - v_{y0}^2 \\
 2a_y (-0,08m - y_0) &= \left(0 \frac{m}{s}\right) - \left(2 \times 10^7 \frac{m}{s} \cdot \sin(-45^\circ)\right)^2 \\
 2a_y (-0,08m - 0m) &= \left(0 \frac{m}{s}\right) - 2 \times 10^{14} \frac{m^2}{s^2} \\
 a_y &= \frac{2 \times 10^{14} \frac{m^2}{s^2}}{2 \cdot 0,08m} \\
 a_y &= 1,25 \times 10^{15} \frac{m}{s^2}
 \end{aligned}$$

La force sur l'électron est donc

$$\begin{aligned}
 F_y &= ma_y \\
 &= 9,11 \times 10^{-31} kg \cdot 1,25 \times 10^{15} \frac{m}{s^2} \\
 &= 1,3875 \times 10^{-15} N
 \end{aligned}$$

Le champ électrique est donc

$$\begin{aligned}
 F_y &= qE_y \\
 1,3875 \times 10^{-15} N &= -1,602 \times 10^{-19} C \cdot E_y \\
 E_y &= -7108,3 \frac{N}{C}
 \end{aligned}$$

La densité de charge des plaques est donc

$$\begin{aligned}
 E &= \frac{|\sigma|}{\epsilon_0} \\
 7108,3 \frac{N}{C} &= \frac{|\sigma|}{8,854 \times 10^{-12} \frac{C^2}{Nm^2}} \\
 \sigma &= 6,2938 \times 10^{-8} \frac{C}{m^2}
 \end{aligned}$$

Avec une aire de 400 cm², la charge des plaques est

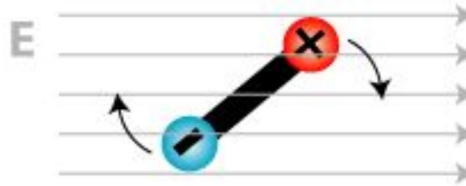
$$\begin{aligned}
 Q &= \sigma A \\
 &= 6,2938 \times 10^{-8} \frac{C}{m^2} \cdot 0,04m^2 \\
 &= 2,518 \times 10^{-9} C \\
 &= 2,518 nC
 \end{aligned}$$

La plaque positive a donc une charge de 2,518 nC et la plaque négative a une charge de -2,518 nC.

26. Le moment de force est

$$\begin{aligned}\tau &= pE \sin \theta \\ &= 0,002 \text{ Cm} \cdot 3000 \frac{\text{N}}{\text{C}} \sin 55^\circ \\ &= 4,915 \text{ Nm}\end{aligned}$$

Le moment de force veut aligner le dipôle avec le champ pour que la charge positive soit du côté où se dirigent les lignes de champ. Le dipôle cherche donc à tourner dans le sens suivant.



mcat-review.org/electrostatics-electromagnetism.php

27. Le moment dipolaire de ce dipôle est

$$\begin{aligned}p &= qL \\ &= 2 \mu\text{C} \cdot 0,05\text{m} \\ &= 1 \times 10^{-7} \text{ Cm}\end{aligned}$$

L'énergie potentielle initiale est

$$\begin{aligned}U &= -pE \cos \theta \\ &= -1 \times 10^{-7} \text{ Cm} \cdot 300\,000 \frac{\text{N}}{\text{C}} \cos 0^\circ \\ &= -0,03 \text{ J}\end{aligned}$$

L'énergie finale est

$$\begin{aligned}U &= -pE \cos \theta \\ &= -1 \times 10^{-7} \text{ Cm} \cdot 300\,000 \frac{\text{N}}{\text{C}} \cos 180^\circ \\ &= 0,03 \text{ J}\end{aligned}$$

On doit donc fournir l'énergie suivante.

$$\begin{aligned}W_{ext} &= \Delta E_k + \Delta U \\ &= 0 \text{ J} + (0,03 \text{ J} - -0,03 \text{ J}) \\ &= 0,06 \text{ J}\end{aligned}$$

- 28.** Les charges s'accumulent uniquement sur les faces qui sont dans la direction du champ électrique. Il n'y a donc que des charges qui s'accumulent sur la surface 2 et la surface opposée à la surface 2. On a donc

$$Q = 0 \text{ pour les surfaces 1 et 3}$$

Pour la surface 2, on a

$$\begin{aligned}\sigma &= \epsilon_0 E \\ &= 8,854 \times 10^{-12} \frac{C^2}{Nm^2} \cdot 50\,000 \frac{N}{C} \\ &= 4,427 \times 10^{-7} \frac{C}{m^2}\end{aligned}$$

En multipliant par l'aire de la surface, on obtient la charge.

$$\begin{aligned}Q &= \sigma A \\ &= 4,427 \times 10^{-7} \frac{C}{m^2} \cdot (0,2m)^2 \\ &= 1,771 \times 10^{-8} C \\ &= 17,71 nC\end{aligned}$$

Comme les lignes de champ commencent sur la surface 2, la charge doit être positive. Il y a donc +17,71 nC sur la surface 2.

- 29.** La charge sur la surface interne est

$$\begin{aligned}Q_{\text{surface interne}} &= -Q_{\text{dans cavité}} \\ &= -2\mu C\end{aligned}$$

La charge sur la surface externe est

$$\begin{aligned}Q_{\text{surface externe}} &= Q_{\text{du conducteur}} - Q_{\text{surface interne}} \\ &= 0\mu C - (-2\mu C) \\ &= 2\mu C\end{aligned}$$

- 30.** La charge sur la surface interne est

$$\begin{aligned}Q_{\text{surface interne}} &= -Q_{\text{dans cavité}} \\ &= -4\mu C\end{aligned}$$

La charge sur la surface externe est

$$\begin{aligned} Q_{\text{surface externe}} &= Q_{\text{du conducteur}} - Q_{\text{surface interne}} \\ &= -2\mu\text{C} - (-4\mu\text{C}) \\ &= 2\mu\text{C} \end{aligned}$$

31. Dans l'air, le champ serait

$$\begin{aligned} E_0 &= \frac{2k|Q|}{r\sqrt{L^2 + 4r^2}} \\ &= \frac{2 \cdot 9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \cdot |10 \times 10^{-6} \text{C}|}{0,5\text{m} \cdot \sqrt{(0,2\text{m})^2 + 4 \cdot (0,5\text{m})^2}} \\ &= 3,53 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}} \end{aligned}$$

Comme la permittivité relative de l'eau est 78,5, le champ est

$$\begin{aligned} E &= \frac{E_0}{\kappa} \\ &= \frac{3,53 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}}}{78,5} \\ &= 4496 \frac{\text{N}}{\text{C}} \end{aligned}$$

32. Pour le polystyrène, le champ maximal est $24 \times 10^6 \text{ N/C}$. Comme la permittivité relative est de 2,5, le champ dans le vide qui correspond à ce champ est

$$\begin{aligned} E &= \frac{E_0}{\kappa} \\ 24 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{C}} &= \frac{E_0}{2,5} \\ E_0 &= 60 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{C}} \end{aligned}$$

La charge maximale de la sphère est donc

$$E_{0 \max} = \frac{k |Q_{\max}|}{r^2}$$
$$60 \times 10^6 \frac{N}{C} = \frac{9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \cdot |Q_{\max}|}{(0,3m)^2}$$
$$|Q_{\max}| = 600 \mu C$$