Solutionnaire du chapitre 8

1. La force est

$$\begin{aligned} F &= |q| vB \sin\theta \\ &= 5\times10^{-6} C \cdot 10\,000 \tfrac{m}{s} \cdot 0{,}04 T \cdot \sin 90° \\ &= 0{,}002 N \end{aligned}$$

Selon la règle de la main droite, la force entre dans la page.

2. La force est

$$\begin{aligned} F &= |q| vB \sin\theta \\ &= 5\times10^{-6} C \cdot 10\,000 \tfrac{m}{s} \cdot 0{,}04 T \cdot \sin 180° \\ &= 0 N \end{aligned}$$

3. La force est

$$\begin{aligned} F &= |q| vB \sin\theta \\ &= 10\times10^{-6} C \cdot 30\,000 \tfrac{m}{s} \cdot 0{,}04 T \cdot \sin 120° \\ &= 0{,}0104 N \end{aligned}$$

Selon la règle de la main droite, la force sort de la page.

4. On a

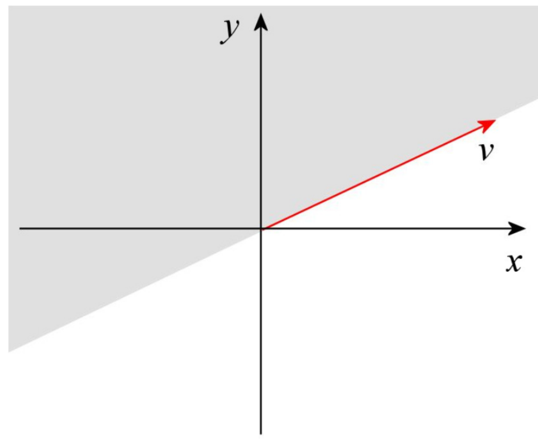
$$\begin{gathered} F = |q| vB \sin\theta \\ 4\times10^{-14} N = 1{,}602\times10^{-19} C \cdot 10^{6} \tfrac{m}{s} \cdot B \cdot \sin 90° \\ B = 0{,}2497 T \end{gathered}$$

Selon la règle de la main droite, ce champ sort de la page.

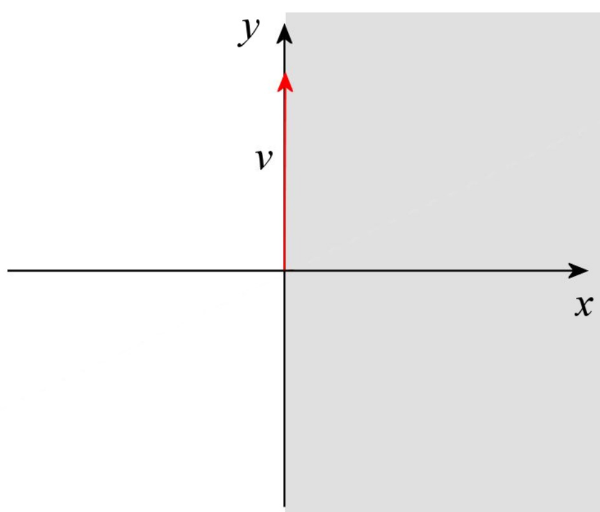
5. On a

$$F = |q| vB\sin\theta$$
$$0,06N = 0,008C \cdot 10^6 \tfrac{m}{s} \cdot 0,00001T \cdot \sin\theta$$
$$\sin\theta = 0,75$$
$$\theta = 48,6°$$

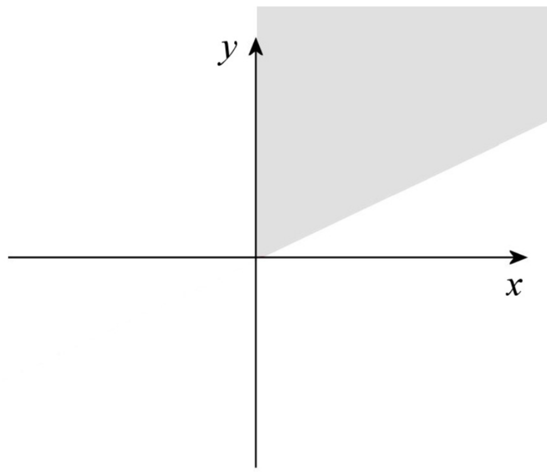
6. Puisque la force est vers les z positifs et que le champ magnétique doit être perpendiculaire à la force, le champ doit être dans le plan xy. Le graphique suivant montre les directions possibles selon la règle de la main droite (zone en gris).



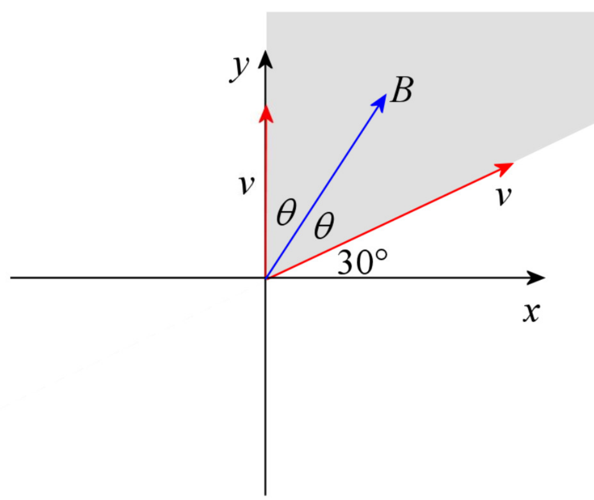
Comme la force est vers les z négatifs quand la particule va vers les y positifs, on trouve, selon la règle de la main droite que les directions possibles pour le champ magnétique sont les suivantes (zone en gris).



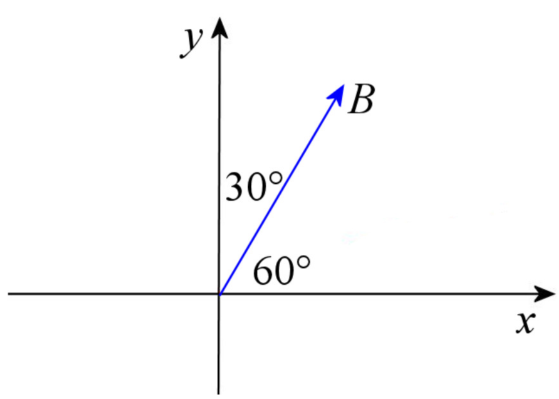
En combinant ces deux résultats, les directions possibles pour le champ sont



Dans les deux cas, la force est la même. Cela veut dire que l'angle que fait le champ avec les vitesses doit être la même dans les deux cas. Le champ doit donc séparer l'angle entre les vitesses en deux angles égaux.



L'angle θ est donc de 30°. Ainsi, le champ magnétique est dans le plan *xy*, à 60° de l'axe des *x* positifs et à 30° de l'axe des *y* positifs.



7. La force est

$$\begin{aligned}
\vec{F} &= q\vec{v}\times\vec{B}\\
&= -2\times 10^{-6}C\begin{vmatrix}\vec{i} & \vec{j} & \vec{k}\\ 2\times 10^{6}\,\tfrac{m}{s} & -3\times 10^{6}\,\tfrac{m}{s} & -1\times 10^{6}\,\tfrac{m}{s}\\ 0,02T & -0,04T & 0,05T\end{vmatrix}\\
&= -2C\begin{vmatrix}\vec{i} & \vec{j} & \vec{k}\\ 2\tfrac{m}{s} & -3\tfrac{m}{s} & -1\tfrac{m}{s}\\ 0,02T & -0,04T & 0,05T\end{vmatrix}\\
&= -2C\Big[\left(-3\tfrac{m}{s}\cdot 0,05T - -1\tfrac{m}{s}\cdot -0,04T\right)\vec{i}\\
&\qquad -\left(2\tfrac{m}{s}\cdot 0,05T - -1\tfrac{m}{s}\cdot 0,02T\right)\vec{j} + \left(2\tfrac{m}{s}\cdot -0,04T - -3\tfrac{m}{s}\cdot 0,02T\right)\vec{k}\Big]\\
&= -2C\left[-0,19\vec{i} - 0,12\vec{j} - 0,02\vec{k}\right]\tfrac{mT}{s}\\
&= \left[0,38\vec{i} + 0,24\vec{j} + 0,04\vec{k}\right]N
\end{aligned}$$

8. On a

$$\vec{F} = q\vec{v}\times\vec{B}$$

$$\left(6\vec{i} - 3\vec{j} + 3\vec{k}\right)N = 10\times 10^{-6}C\begin{vmatrix}\vec{i} & \vec{j} & \vec{k}\\ 1\times 10^{6}\,\tfrac{m}{s} & 3\times 10^{6}\,\tfrac{m}{s} & 1\times 10^{6}\,\tfrac{m}{s}\\ B_x & 0 & B_z\end{vmatrix}$$

$$\left(6\vec{i} - 3\vec{j} + 3\vec{k}\right)N = 10C\begin{vmatrix}\vec{i} & \vec{j} & \vec{k}\\ 1\tfrac{m}{s} & 3\tfrac{m}{s} & 1\tfrac{m}{s}\\ B_x & 0 & B_z\end{vmatrix}$$

L'équation de la composante en x nous permet de trouver B_z.

$$\begin{aligned}
6N &= 10C\left(3\tfrac{m}{s}\cdot B_z - 3\tfrac{m}{s}\cdot 0\right)\\
6N &= 30\tfrac{Cm}{s}\cdot B_z\\
B_z &= 0,2T
\end{aligned}$$

L'équation de la composante en z nous permet de trouver B_x.

$$3N = 10C\left(1\tfrac{m}{s}\cdot 0 - 3\tfrac{m}{s}\cdot B_x\right)$$
$$3N = -30\tfrac{Cm}{s}\cdot B_x$$
$$B_x = -0{,}1T$$

Nous avons maintenant nos deux composantes.

Remarquez que l'équation des composantes en y est automatiquement satisfaite.

$$-3N = -10C\left(1\tfrac{m}{s}\cdot B_z - 1\tfrac{m}{s}\cdot B_x\right)$$
$$-3N = -10C\left(1\tfrac{m}{s}\cdot 0{,}2T - 1\tfrac{m}{s}\cdot -0{,}1T\right)$$
$$-3N = -10C\left(0{,}3\tfrac{mT}{s}\right)$$
$$-3N = -3N$$

La réponse est donc

$$\vec{B} = \left(-0{,}1\vec{i} + 0\vec{j} + 0{,}2\vec{k}\right)T$$

9. a) La vitesse de l'électron est

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$
$$2000\cdot 1{,}602\times 10^{-19}J = \frac{1}{2}9{,}11\times 10^{-31}kg\cdot v^2$$
$$v = 2{,}652\times 10^{7}\tfrac{m}{s}$$

Le rayon de la trajectoire est donc

$$\begin{aligned} r &= \frac{mv}{|q|B} \\ &= \frac{9{,}11\times 10^{-31}kg\cdot 2{,}652\times 10^{7}\frac{m}{s}}{1{,}602\times 10^{-19}C\cdot 0{,}05T} \\ &= 3{,}016mm \end{aligned}$$

b) l'accélération est

$$\begin{aligned} a &= \frac{v^2}{r} \\ &= \frac{\left(2,652\times10^{7}\,\tfrac{m}{s}\right)^2}{3,016\times10^{-3}m} \\ &= 2,332\times10^{17}\,\tfrac{m}{s^2} \end{aligned}$$

c) La période est

$$\begin{aligned} T &= \frac{2\pi m}{|q|B} \\ &= \frac{2\pi\cdot 9,11\times10^{-31}kg}{1,602\times10^{-19}C\cdot 0,05T} \\ &= 7,146\times10^{-10}s \end{aligned}$$

10. a) On a

$$\begin{aligned} r &= \frac{mv}{|q|B} \\ 0,2m &= \frac{1,673\times10^{-27}kg\cdot v}{1,602\times10^{-19}C\cdot 0,06T} \\ v &= 1,149\times10^{6}\,\tfrac{m}{s} \end{aligned}$$

b) La période est

$$\begin{aligned} T &= \frac{2\pi m}{|q|B} \\ &= \frac{2\pi\cdot 1,673\times10^{-27}kg}{1,602\times10^{-19}C\cdot 0,06T} \\ &= 1,093\times10^{-6}s \end{aligned}$$

11. On va trouver la vitesse du noyau d'hélium avec la conservation de l'énergie en passant d'une plaque à l'autre. On a

$$E = E'$$
$$qV = \frac{1}{2}mv^2$$
$$2 \cdot 1,602 \times 10^{-19} C \cdot 15\,000 V = \frac{1}{2} 6,646 \times 10^{-27} kg \cdot v^2$$
$$v = 1,203 \times 10^6 \tfrac{m}{s}$$

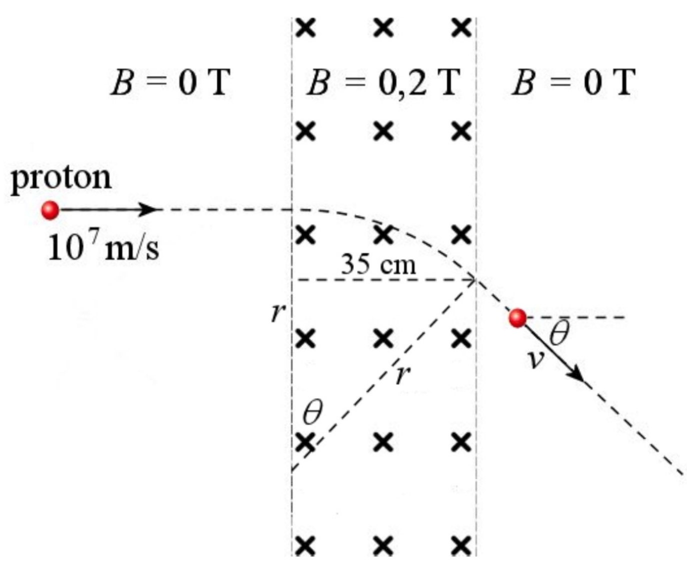
Le rayon de la trajectoire est donc

$$\begin{aligned} r &= \frac{mv}{|q|B} \\ &= \frac{6,646 \times 10^{-27} kg \cdot 1,203 \times 10^6 \frac{m}{s}}{\left(2 \cdot 1,602 \times 10^{-19} C\right) \cdot 0,4T} \\ &= 6,24 cm \end{aligned}$$

12. a) Commençons par trouver le rayon de la trajectoire. Ce rayon est

$$\begin{aligned} r &= \frac{mv}{|q|B} \\ &= \frac{1,673 \times 10^{-27} kg \cdot 10^7 \frac{m}{s}}{1,602 \times 10^{-19} C \cdot 0,2T} \\ &= 52,22 cm \end{aligned}$$

Selon la figure suivante, on a donc



$$\sin\theta = \frac{35cm}{52,22cm}$$
$$\theta = 42,1°$$

Comme le champ magnétique ne change pas la vitesse, la vitesse reste à 10^7 m/s.

b) La période est

$$\begin{aligned} T &= \frac{2\pi m}{|q|B} \\ &= \frac{2\pi \cdot 1,673\times 10^{-27} kg}{1,602\times 10^{-19} C \cdot 0,2T} \\ &= 3,281\times 10^{-7} s \end{aligned}$$

Le proton ne fait pas un tour au complet, il ne fait qu'une partie du cercle. La proportion est 42,1°/360°. Le temps est

$$t = 3,281\times 10^{-7} s \frac{42,1°}{360°} = 3,84\times 10^{-8} s$$

13. a) Les composantes de la vitesse sont

$$v_\perp = 10^4 \tfrac{m}{s} \sin 60° = 8660 \tfrac{m}{s}$$
$$v_{//} = 10^4 \tfrac{m}{s} \cos 60° = 5000 \tfrac{m}{s}$$

Le pas de la trajectoire est donc

$$\begin{aligned} d &= v_{//} \frac{2\pi m}{|q|B} \\ &= 5000 \tfrac{m}{s} \frac{2\pi \cdot 1,673\times 10^{-27} kg}{1,609\times 10^{-19} C \cdot 0,04T} \\ &= 8,202mm \end{aligned}$$

b) Le rayon de la trajectoire est de

$$\begin{aligned} r &= \frac{mv_\perp}{|q|B} \\ &= \frac{1{,}673\times10^{-27}kg\cdot 8660\frac{m}{s}}{1{,}602\times10^{-19}C\cdot 0{,}04T} \\ &= 2{,}26mm \end{aligned}$$

14. La vitesse doit être de

$$v = \frac{E}{B} = \frac{300\,000\frac{V}{m}}{0{,}1T} = 3\times10^6\frac{m}{s}$$

15. La grandeur du champ est donnée par l'équation suivante.

$$\begin{aligned} v &= \frac{E}{B} \\ 10^6\frac{m}{s} &= \frac{20\,000\frac{V}{m}}{B} \\ B &= 0{,}02T \end{aligned}$$

Le champ électrique fait une force vers le bas sur l'électron. La force magnétique sur l'électron doit donc être vers le haut. Selon la règle de la main droite, cela veut dire que le champ sort de la page.

16. La vitesse des ions à la sortie du sélecteur de vitesse est

$$\begin{aligned} v &= \frac{E}{B} \\ &= \frac{200\,000\frac{V}{m}}{0{,}5T} \\ &= 4\times10^5\frac{m}{s} \end{aligned}$$

Le rayon de l'ion 1 (carbone 12) est

$$r_1 = \frac{m_1 v}{|q|B} = \frac{m_1 v}{eB}$$

Le rayon de l'ion 2 (carbone 14) est

$$r_2 = \frac{m_2 v}{|q|B} = \frac{m_2 v}{eB}$$

La distance d est donc

$$\begin{aligned} d &= 2r_2 - 2r_1 \\ &= \frac{2m_2 v}{eB} - \frac{2m_1 v}{eB} \\ &= \frac{2v}{eB}(m_2 - m_1) \\ &= \frac{2 \cdot 4\times 10^5 \frac{m}{s}}{1,602\times 10^{-19} C \cdot 0,5T}\left(2,325\times 10^{-26} kg - 1,993\times 10^{-26} kg\right) \\ &= 3,316 cm \end{aligned}$$

17. Fil de droite (la longueur du fil est 2 m tan30°)

$$\begin{aligned} F &= IlB\sin\theta \\ &= 5A\cdot(2m\tan 30°)0,1T\sin 90° \\ &= 0,577N \end{aligned}$$

Selon la règle de la main droite, cette force sort de la feuille.

Fil du bas

$$\begin{aligned} F &= IlB\sin\theta \\ &= 5A\cdot(2m)0,1T\sin 180° \\ &= 0N \end{aligned}$$

Fil qui forme l'hypoténuse (la longueur du fil est 2m/cos 30°)

$$\begin{aligned} F &= IlB\sin\theta \\ &= 5A\cdot\left(\frac{2m}{\cos 30°}\right)0,1T\sin 30° \\ &= 0,577N \end{aligned}$$

Selon la règle de la main droite, cette force entre dans la feuille.

18. On a

$$\begin{aligned} F &= IlB\sin\theta \\ 0,02N &= 6,2A\cdot(5m)\cdot B\cdot\sin 7,5° \\ B &= 4,94\times10^{-3}T \\ &= 49,4G \end{aligned}$$

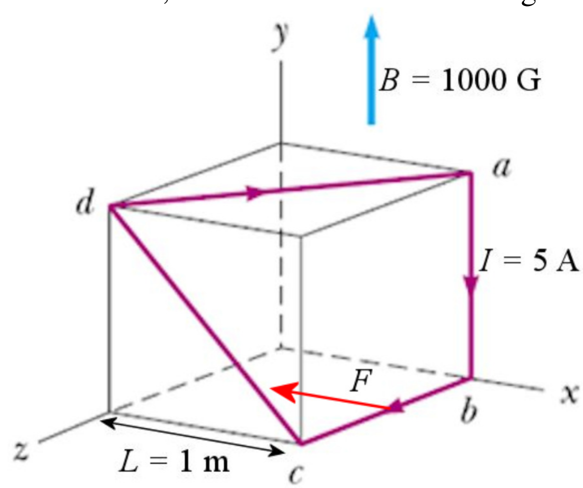
19. Fil qui va de *a* à *b*

$$\begin{aligned} F &= IlB\sin\theta \\ &= 5A\cdot 1m\cdot 0,1T\sin 180° \\ &= 0N \end{aligned}$$

Fil qui va de *b* à *c*

$$\begin{aligned} F &= IlB\sin\theta \\ &= 5A\cdot 1m\cdot 0,1T\sin 90° \\ &= 0,5N \end{aligned}$$

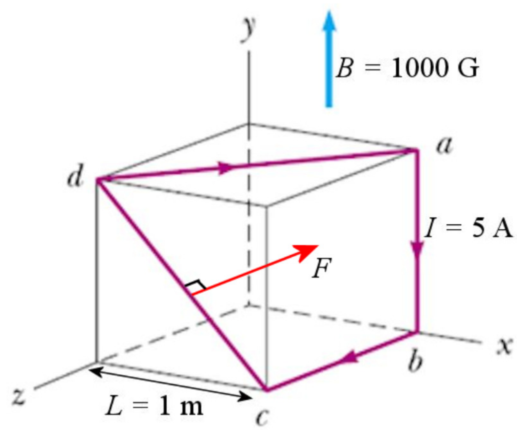
Selon la règle de la main droite, cette force est vers les *x* négatifs.



Fil qui va de *c* à *d*

$$\begin{aligned} F &= IlB\sin\theta \\ &= 5A\cdot\left(\sqrt{2}\cdot 1m\right)\cdot 0{,}1T\sin 45° \\ &= 0{,}5N \end{aligned}$$

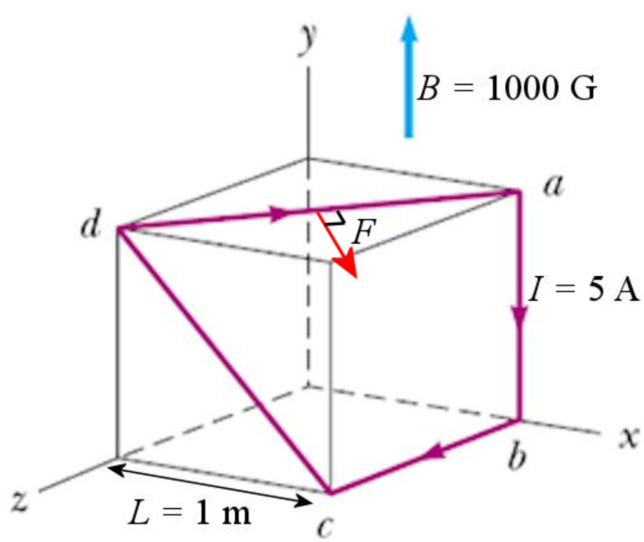
Selon la règle de la main droite, cette force est vers les z négatifs.



Fil qui va de d à a

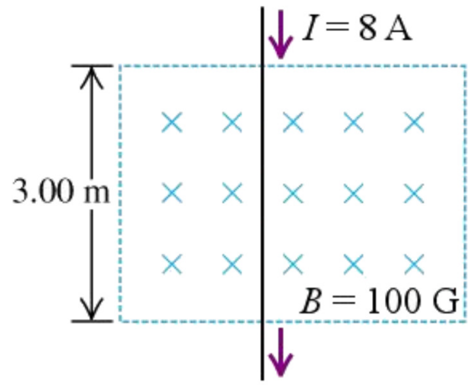
$$\begin{aligned} F &= IlB\sin\theta \\ &= 5A\cdot\left(\sqrt{2}\cdot 1m\right)\cdot 0{,}1T\sin 90° \\ &= 0{,}7071N \end{aligned}$$

Selon la règle de la main droite, cette force est dans la direction suivante.



(Le vecteur est dans le même plan que le dessus du cube.)

20. On a vu qu'on peut remplacer la partie circulaire par un bout de fil droit. On a alors la situation suivante.



La force est donc

$$\begin{aligned} F &= IlB\sin\theta \\ &= 8A \cdot 3m \cdot 0,01T \cdot \sin 90° \\ &= 0,24N \end{aligned}$$

Selon la règle de la main droite, cette force est vers la droite.

21. La force faite par le ressort est vers la gauche et elle vaut

$$\begin{aligned} F &= kx \\ &= 200\tfrac{N}{m} \cdot 0,002m \\ &= 0,4N \end{aligned}$$

C'est cette force qui annule la force magnétique. La force magnétique sur le fil est donc de 0,4 N vers la droite. On a donc

$$\begin{gathered} F = IlB\sin\theta \\ 0,4N = I \cdot 0,2m \cdot 0,5T \cdot \sin 90° \\ I = 4A \end{gathered}$$

22. Le courant dans la tige est

$$\begin{aligned} I &= \frac{\Delta V}{R} \\ &= \frac{5000V}{0,5\Omega} \\ &= 10\,000A \end{aligned}$$

La force sur la tige est donc

$$\begin{aligned} F &= IlB\sin\theta \\ &= 10\,000A \cdot 1,4m \cdot 0,2T \cdot \sin 90° \\ &= 2800N \end{aligned}$$

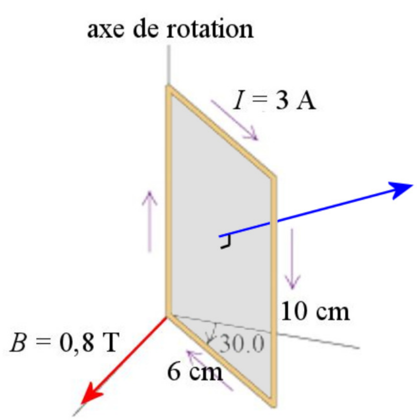
Ainsi, l'accélération est

$$\begin{aligned} F &= ma \\ 2800N &= 0,8kg \cdot a \\ a &= 3500\tfrac{m}{s^2} \end{aligned}$$

23. a) Le moment magnétique est

$$\begin{aligned} \mu &= NIA \\ &= 1 \cdot 3A \cdot (0,1m \cdot 0,06m) \\ &= 0,018Am^2 \end{aligned}$$

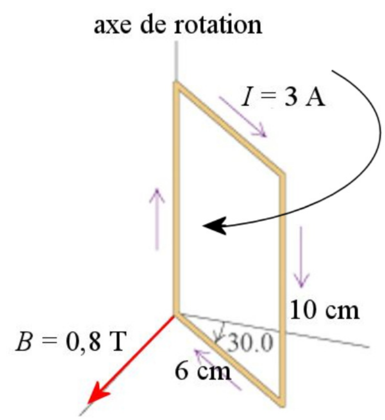
La direction est



b) le moment de force est

$$\begin{aligned}\tau &= \mu B \sin\theta \\ &= 0{,}018Am^2 \cdot 0{,}8T \cdot \sin 150° \\ &= 0{,}0072Nm\end{aligned}$$

c) Dans ce sens :



d) L'énergie potentielle à 30° et

$$\begin{aligned}U &= -\mu B \cos\theta \\ &= -0{,}018Am^2 \cdot 0{,}8T \cdot \cos 150° \\ &= 0{,}01247J\end{aligned}$$

L'énergie quand l'angle est de 90° est

$$\begin{aligned}U &= -\mu B \cos\theta \\ &= -0{,}018Am^2 \cdot 0{,}8T \cdot \cos 180° \\ &= 0{,}0144J\end{aligned}$$

On doit donc fournir l'énergie suivante.

$$\begin{aligned}W_{ext} &= \Delta E_k + \Delta U \\ &= 0J + \left(0{,}0144J - 0{,}01247J\right) \\ &= 0{,}00193J\end{aligned}$$

24. a) Le moment magnétique est

$$\begin{aligned}\mu &= NIA \\ &= 2\cdot 20A\cdot\left(\frac{1}{2}\cdot 3m\cdot 2m\right) \\ &= 120Am^2\end{aligned}$$

Le moment de force est donc

$$\begin{aligned}\tau &= \mu B\sin\theta \\ &= 120Am^2\cdot 0,1T\cdot\sin 30° \\ &= 6Nm\end{aligned}$$

b) Au départ, l'énergie est

$$\begin{aligned}E &= E_k + U \\ &= 0 + -\mu B\cos\theta \\ &= 0 + -120Am^2\cdot 0,1T\cdot\cos 30° \\ &= -10,392J\end{aligned}$$

Quand le moment magnétique est aligné avec le champ, l'énergie est

$$\begin{aligned}E' &= E_k + U \\ &= E_k + -\mu B\cos\theta' \\ &= E_k + -120Am^2\cdot 0,1T\cdot\cos 0° \\ &= E_k - 12J\end{aligned}$$

Avec la conservation de l'énergie, on a

$$\begin{aligned}E &= E' \\ -10,392J &= E_k - 12J \\ E_k &= 1,608J\end{aligned}$$

25. Le moment de force fait par la masse de 5 g est

$$\begin{aligned}\tau_{poids} &= Fr\sin 90° \\ &= \left(0,005kg\cdot 9,8\tfrac{N}{kg}\right)\cdot 0,1m\cdot\sin 90° \\ &= 0,0049Nm\end{aligned}$$

(On a choisi un sens positif dans le sens de ce moment de force.)

Le moment de force sur le cadre fait par le champ magnétique est

$$\tau_{mag} = -\mu B \sin\theta$$
$$0 = -\left(N \cdot 10A \cdot \left(0,2m \cdot 0,2m\right)\right) 0,00025T \sin 90°$$
$$0 = -N \cdot 0,0001Nm$$

Le moment de force est négatif, car le champ magnétique cherche à faire tourner le cadre dans la direction opposée à ce que le poids tente de faire.

Le moment de force net étant nul à l'équilibre, on a

$$\tau_{net} = \tau_{mag} + \tau_{poids}$$
$$0 = -N \cdot 0,0001Nm + 0,0049Nm$$
$$N = \frac{0,0049}{0,0001}$$
$$N = 49$$

26. Pour trouver la différence de potentiel, nous aurons besoin de la vitesse de dérive et pour trouver cette vitesse de dérive, nous avons besoin de la densité d'électrons libre.

$$\begin{aligned} n &= \text{valence} \times \text{densité} \times \frac{N_A}{M} \\ &= 1 \times 19\,300 \tfrac{kg}{m^3} \frac{6,02 \times 10^{23} mol^{-1}}{0,19697 \times 10^{-3} \tfrac{kg}{mol}} \\ &= 5,899 \times 10^{28} m^{-3} \end{aligned}$$

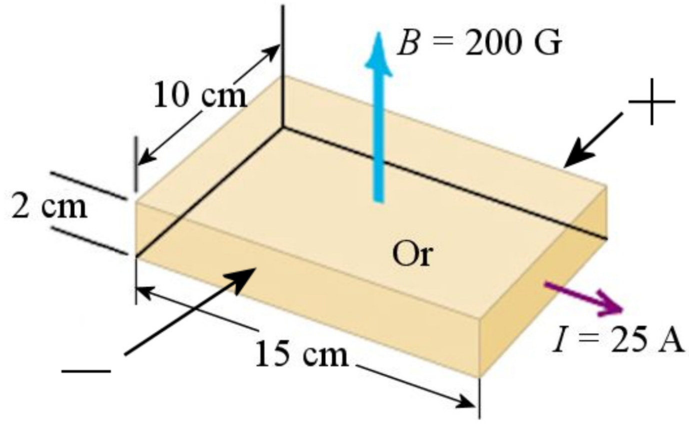
La vitesse de dérive est donc

$$I = nev_d A$$
$$25A = 5,899 \times 10^{28} m^{-3} \cdot 1,602 \times 10^{-19} C \cdot v_d \cdot \left(0,02m \cdot 0,1m\right)$$
$$v_d = 1,323 \times 10^{-6} \tfrac{m}{s}$$

La différence de potentiel est donc

$$\begin{aligned} \Delta V_H &= v_d BL \\ &= 1,323 \times 10^{-6} \tfrac{m}{s} \cdot 0,02T \cdot 0,1m \\ &= 2,645 \times 10^{-9} V \end{aligned}$$

b) Sur la figure suivante, vous pouvez voir le côté positif (donc celui avec le potentiel le plus élevé).



27. Pour trouver la différence de potentiel, nous aurons besoin de la vitesse de dérive et pour trouver cette vitesse de dérive, nous avons besoin de la densité d'électrons libre.

$$\begin{aligned} n &= \text{valence} \times \text{densité} \times \frac{N_A}{M} \\ &= 1 \times 19\,300 \tfrac{kg}{m^3} \frac{6,02 \times 10^{23} mol^{-1}}{0,19697 \times 10^{-3} \tfrac{kg}{mol}} \\ &= 5,899 \times 10^{28} m^{-3} \end{aligned}$$

La vitesse de dérive est donc

$$I = nev_d A$$
$$10A = 5,899 \times 10^{28} m^{-3} \cdot 1,602 \times 10^{-19} C \cdot v_d \cdot (0,08m \cdot 0,005m)$$
$$v_d = 2,645 \times 10^{-6} \tfrac{m}{s}$$

On a donc

$$\Delta V_H = v_d BL$$
$$0,2 \times 10^{-6} V = 2,645 \times 10^{-6} \tfrac{m}{s} \cdot B \cdot 0,08m$$
$$B = 0,945T$$