TD 22 correction

Exercice 1 :

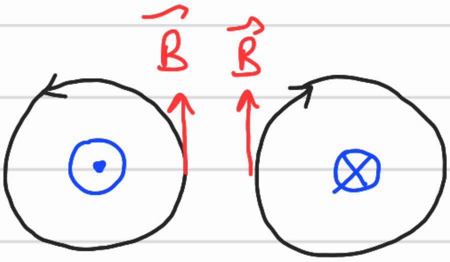
Q1 a) les lignes de champ s'entourent autour des courants $\Rightarrow$ on peut localiser 4 points qui doivent être des points de passage de fils parcourus par un courant perpendiculaire au plan (xOz)

Au voisinage des fils les lignes de champ sont quasi circulaires (le champ est principalement créé par ce seul courant, les contributions des autres fils sont négligeables).

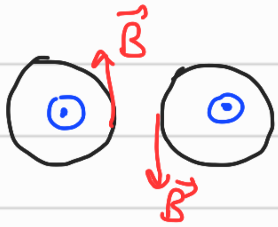
b) Il y a invariance par rotation autour de l'axe Oz $\Rightarrow$ les circuits sont des spires d'axe Oz.
(Les lignes noires sont les projections de ces spires dans le plan xOz)

c) les zones de champ intenses correspondent à des lignes resserrées $\Rightarrow$ sur l'axe Ox entre les 2 segments noirs.

Pour que les champs magnétiques créés par les sources s'ajoutent constructivement, les courants doivent être de sens opposés.



(si les courants sont dans le même sens :



)

d) Etant donné la symétrie des lignes de champ les intensités sont égales en valeur absolue.

Remarque : en O les lignes de champ se coupent ⇒ le champ y est nul.

Q2. Pour avoir une zone de champ uniforme autour de O les courants dans les 2 bobines doivent être de même sens.
⇒ il faut inverser le courant de l'une des bobines.

Exercice 2 :

Q1 $\frac{L}{R} = \frac{60}{4} = 15$ ⇒ on peut considérer que le modèle de la bobine longue est valable.

$$\Rightarrow \quad B = \mu_0 . n . i$$

Q2. $B = \mu_0 . n . i = \mu_0 \frac{N}{L} i$

$$N = \frac{BL}{\mu_0 i}$$

AN : $N = \frac{10^{-3} . 960}{4\pi . 10^{-7} . 0{,}6} = \underline{796 \text{ spires}}$

Q3. Sur la longuer L, on a $\frac{L}{d}$ spires

Il faut donc faire $\frac{N}{L/d}$ couches

$$\frac{N}{L/d} = \frac{BL\,d}{\mu_0 i L} = \frac{Bd}{\mu_0 i}$$

AN : nb de couches : $\frac{10^{-3} . 1{,}5 . 10^{-3}}{4\pi . 10^{-7} . 0{,}6} = 1{,}99$

$\Rightarrow$ il faut 2 couches.

Exercice 3

Q1. $[m] = [i].[S]$

$$= IL^2$$

$[\text{aimantation}] = \left[\frac{m}{V}\right] = IL^{-1}$

$\Rightarrow$ l'unité proposée est donc cohérente.

Q2. $m = \mathcal{A} . V = \mathcal{A} . \pi R^2 . e$

AN : $m = 3.10^3 . \pi . (5.10^{-2})^2 . 10^{-2}$ erreur d'énoncé cm

$= 2,4.10^{-1}$ A.m²

$= \underline{0,24 \text{ A.m}^2}$

Q3. moment magnétique d'une spire :

$m = iS.N$

$\Rightarrow NiS = \mathcal{A} \pi R^2 e$

$$N = \frac{\mathcal{A} \pi R^2 e}{i \pi R^2} = \frac{\mathcal{A} e}{i}$$

AN : $N = \frac{3.10^3 . 10^{-2}}{0,1} = \underline{300}$

$\Rightarrow$ les aimants NeFeB sont très puissants, il est très difficile de décoller 2 aimants NeFeB collés !

Exercice 4 :

Q1. lorsque le courant circule dans le solénoïde, il crée un champ magnétique $\vec{B_s}$ parallèle à son axe.

le champ total résulte de la

supperposition du champ magnétique terestre et du champ créé par le solénoïde : $\vec{B} = \vec{B_T} + \vec{B_S}$

L'aiguille aimantée s'aligne suivant ce champ total.

Q2. $B_S = \dfrac{\mu_0 N i}{L}$

AN : $B_S = \dfrac{4\pi.10^{-7} . 130 . 96.10^{-3}}{0,60} = 2,6.10^{-5}\,T$

$\tan \alpha = \dfrac{B_T}{B_S}$

$B_T = B_S \tan \alpha$

AN : $B_T = 2,6.10^{-5} . \tan 37 = 2,0.10^{-5}\,T$
$= \underline{20\,\mu T}$

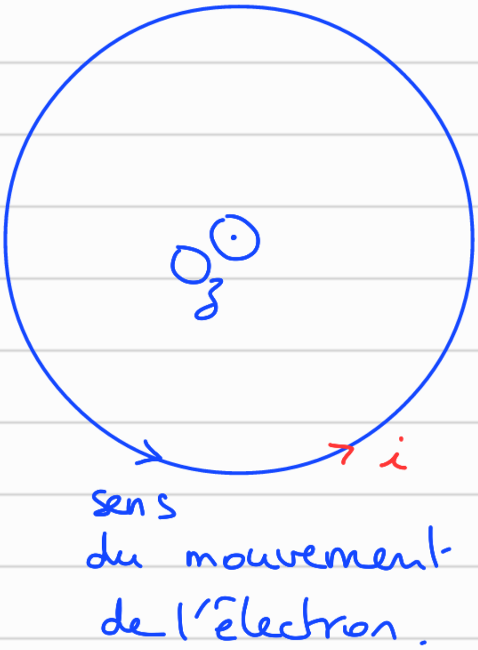
Q3. Si $\alpha = 35°$ $B_T = 1,8.10^{-5}\,T$

Si $\alpha = 39°$ $B_T = 2,1.10^{-5}\,T$

$\Rightarrow$ $B_T = \underline{20 \pm 2\,\mu T}$

Exercice 5 :

Q1. On choisit l'orientation de l'axe Oz de façon à ce que l'électron décrive le cercle dans le sens direct par rapport à Oz



l'électron effectue 1 tour en T secondes

i est aussi choisi dans le sens direct par rapport à Oz.

On a donc $\boxed{i = -\frac{e}{T}}$

On a alors $i<0$ car le courant a été orienté dans le sens des charges ⊖.

Q2. $\vec{m} = iS\vec{u_z}$ avec $S = \pi r^2$

$$\Rightarrow \boxed{\vec{m} = -\frac{e}{T}\pi r^2 \vec{u_z}}$$

Q3. $$L_{O_z}(n) = (\vec{On} \wedge m_e\vec{v}).\vec{u_z}$$

$$= (r\vec{u_r} \wedge m_e r\dot{\theta}\vec{u_\theta}).\vec{u_z}$$

$$L_{Oz}(M) = m_e r^2 \dot{\theta}$$

Or $\dot{\theta} = \dfrac{2\pi}{T}$ $\Rightarrow$ $\boxed{L_{Oz}(M) = \dfrac{2\pi m_e r^2}{T}}$

Q4. $\gamma = \dfrac{\vec{m}.\vec{u_z}}{L_{Oz}} = \dfrac{m}{L_{Oz}} = \dfrac{-\cancel{\pi} \cancel{r^2} e . \cancel{T}}{\cancel{T} . 2\cancel{\pi} m_e \cancel{r^2}}$

$$\boxed{\gamma = -\frac{e}{2m_e}}$$

AN : $\gamma = -\dfrac{1,6.10^{-19}}{2.9,1.10^{-31}} = \underline{8,8.10^{10}\ C.kg^{-1}}$

Q5 $L_{Oz} = n\hbar$ et $L_{Oz} = \dfrac{m}{\gamma}$

$\Rightarrow$ $\boxed{m = \gamma n \hbar}$

le moment magnétique de l'électron peut prendre les valeurs multiples de

$\hbar\gamma = \dfrac{6,63.10^{-34}}{2\pi} . 8,8.10^{10} = \underline{9,3.\ 10^{-24}\ A.m^2}$.

Exercice 6 :

Q1. On étudie le système {tige} dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

Bilan des actions mécaniques :

* poids
* réaction normale
* frottements (réaction tangentielle)
* force de Laplace $\vec{F_L}$

$$\vec{F_L} = I(-a\,\vec{e_y}) \wedge B_e\,\vec{e_z}$$

$$\boxed{\vec{F_L} = -I a B_e \vec{e_x}}$$

Lorsque $I>0$ la barre est susceptible de se déplacer selon $-\vec{e_x}$ (vers la gauche)

Q2. La barre se met en mouvement si $\|\vec{F_L}\| > f_s m g$.

$$\Rightarrow \quad I a B_e > f_s m g$$

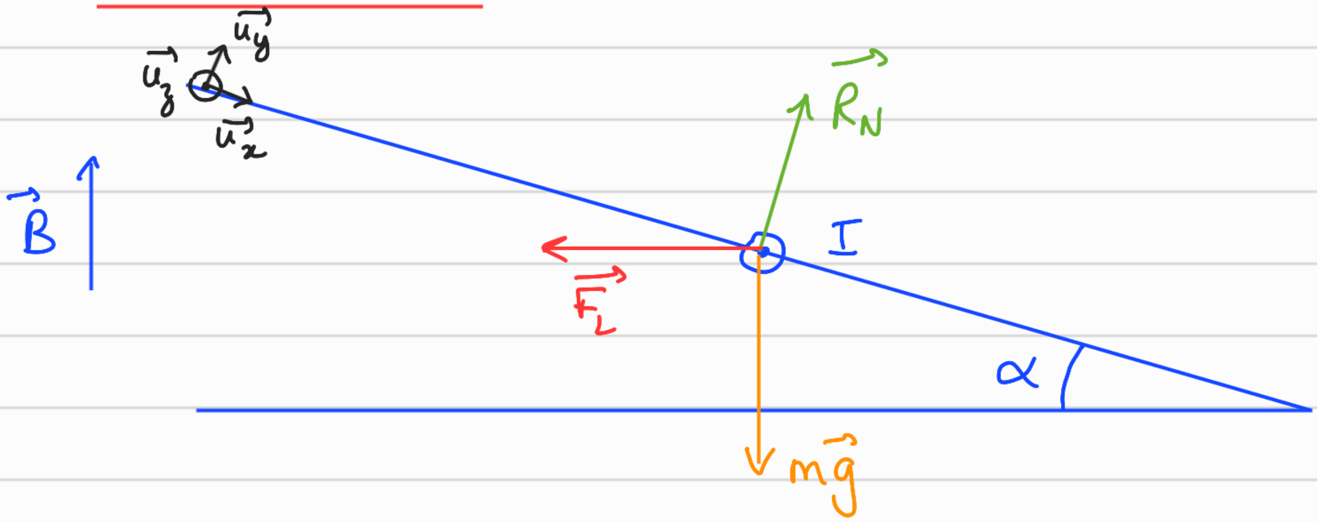
Or $I = \dfrac{E}{R}$ $\quad \Rightarrow \quad \dfrac{E}{R} a B_e > f_s m g$

$$\boxed{E > \frac{R f_s m g}{a B_e}}$$

AN : $E > \dfrac{4 \cdot 0{,}15 \cdot 5{,}0 \cdot 10^{-3}\, 9{,}8}{5{,}0 \cdot 10^{-2} \cdot 50 \cdot 10^{-3}}$

$$\underline{E > 11{,}8\ V}$$

Exercice 7 :



Q1. On étudie le système {tige} dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

Bilan des actions mécaniques :

* poids
* réaction normale
* frottements (réaction tangentielle)
* force de Laplace $\vec{F_L}$

$$\vec{F_L} = I(\ell\, \vec{e_z}) \wedge B_e \left(\cos\alpha\, \vec{u_y} - \cos\alpha\, \vec{u_x}\right)$$

$$\vec{F_L} = -I\ell B_e \left(\cos\alpha\, \vec{u_x} + \sin\alpha\, \vec{u_y}\right)$$

($\vec{F_L}$ est orthogonale à $\vec{B_e}$ et à la tige).

Q2. La tige monte à vitesse constante si $\ddot{x} = 0$

$\Rightarrow$ En projetant le PFD sur l'axe Ox on obtient :

$$-I l B_e \cos\alpha + mg \sin\alpha = 0$$

$$\Rightarrow \boxed{I = \frac{mg}{l B_e} \tan\alpha}$$

AN : $I = \dfrac{8{,}0.10^{-3} . 9{,}8}{12.10^{-2} . 150.10^{-3}} \tan 30° = \underline{2{,}5\ A}$

Q3. $P = \vec{F_L} . \vec{v} = - I l B_e \cos\alpha\, \dot{x}$

D'après les données le barreau parcourt la distance $\dfrac{0{,}10}{\sin\alpha}$ en $0{,}5\ s$

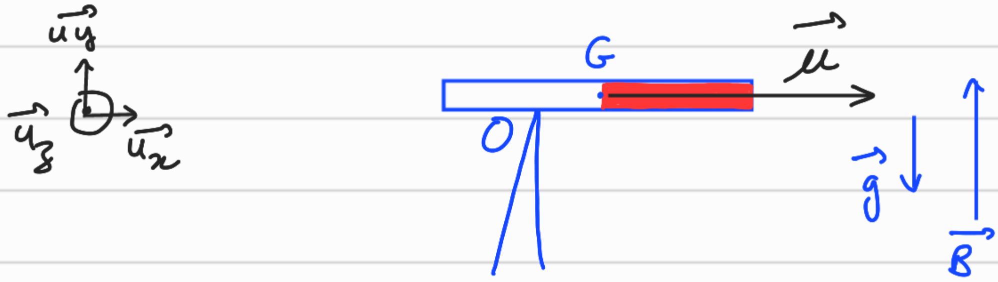
$\Rightarrow \dot{x} = -0{,}4\ m.s^{-1}$ (le barreau est monté)

$P = -\ 2{,}5 . 0{,}12 . 0{,}150 . \cos 30 \cdot (-0{,}4)$

$P = \underline{1{,}6.10^{-2}\ W}$

Exercice 8 :

On étudie le système {aimant} dans le référentiel terrestre galiléen.



Bilan des actions mécaniques :

* Poids $\vec{P}$, exercé en G.
  Son moment par rapport à O vaut :

$$\vec{\mathcal{M}}_O(\vec{P}) = \vec{OG} \wedge m\vec{g} = -mgd\,\vec{u_z}$$

(méthode du bras de levier)

* Action du champ magnétique :
  Son moment par rapport à O vaut

$$\vec{\mathcal{M}}_O(\vec{F}_{mag}) = \vec{\mu} \wedge \vec{B} = \mu B\,\vec{u_z}$$

* Action mécanique de contact
  (de moment nul par rapport à O car le contact est supposé ponctuel).

l'aimant est à l'équilibre si

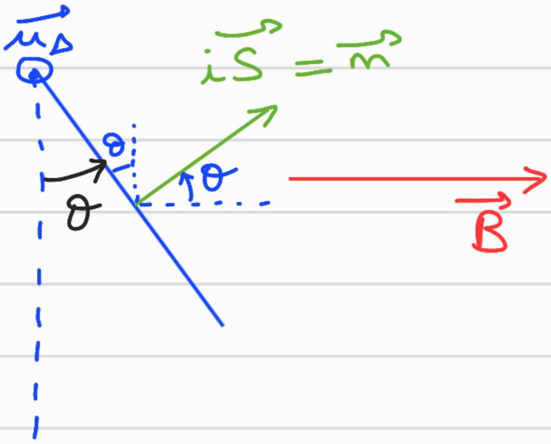
$\vec{\mathcal{M}}_O(\vec{F}_{mag}) + \vec{\mathcal{M}}_O(\vec{P}) = \vec{0}$ (TMC)

Soit $-mgd + \mu B = 0$

$$\boxed{d = \frac{\mu B}{mg}}$$

Exercice 9 :

Q1.



Bilan des actions mécaniques sur le système {cadre} dans le référentiel terrestre supposé galiléen :

* Poids : moment $\mathcal{M}_\Delta = (\vec{OG} \wedge m\vec{g}) \cdot \vec{u}_\Delta$

$$= -mg\frac{a}{2}\sin\theta$$

* Actions de contact $\Rightarrow$ liaison supposée parfaite donc moment nul.

* Actions de Laplace : moment $\vec{\Gamma}_L = \vec{m} \wedge \vec{B}$

avec $\vec{m} = I.S(\cos\theta\,\vec{u_x} + \sin\theta\,\vec{u_y})$

et $\vec{B} = B\vec{u_x}$

$\Rightarrow \Gamma_{L,\Delta} = -IS\sin\theta = -Iab\sin\theta B$

Le moment cinétique scalaire par rapport à l'axe Δ donne

$J\ddot{\theta} = -Iab\sin\theta B - mg\frac{a}{2}\sin\theta$

A l'équilibre $0 = -\left(IabB + mg\frac{a}{2}\right)\sin\theta$

$\Rightarrow \underline{\theta_e = 0}.$

Q2. Pour les faibles valeurs de θ on a $\sin\theta \approx \theta$

$\Rightarrow J\ddot{\theta} + \left(IabB + mg\frac{a}{2}\right)\theta = 0$

En identifiant avec la forme canonique :

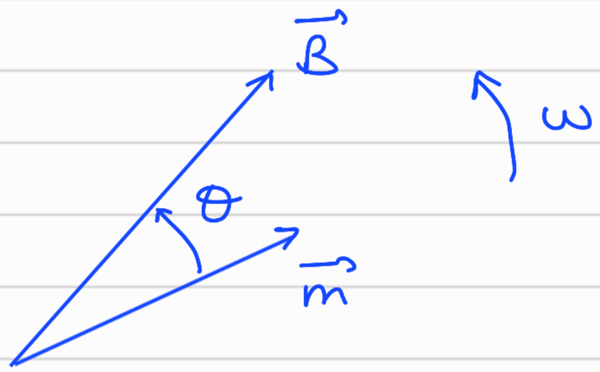
$$\ddot{\theta} + \frac{IabB + mg^{a}/_{2}}{J}\theta = 0$$

on a $\boxed{\omega_0 = \sqrt{\frac{IabB + mg^{a}/_{2}}{J}}}$ pulsation propre.

$$T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} \quad \text{(période propre)}$$

$$\boxed{T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{J}{IabB + mg\frac{a}{2}}}}$$

Exercice 10 :



Q1. $\vec{\Gamma} = \vec{m} \wedge \vec{B}$

$$\boxed{\Gamma = mB\sin\theta\,\vec{u_z}}$$

Q2. S'il n'y a aucun frottements, le couple est nul (liaison parfaite)

$\Rightarrow \theta = 0$

le moment magnétique reste aligné avec le champ magnétique.

Q3. le couple moteur et le couple résistant se compensent vectoriellement

$\Rightarrow$ ils ont la même valeur.

$$mB\sin\theta = \Gamma_r \quad \Rightarrow \quad \boxed{\sin\theta = \frac{\Gamma_r}{mB}}$$

AN : $\sin\theta = \dfrac{0{,}65}{8{,}0 \cdot 0{,}2}$ donne $\boxed{\theta = 24°}$

et $P = \vec{m} \cdot \vec{\omega}$ avec $\vec{\omega} = \omega \vec{e_z}$

$$\Rightarrow \boxed{P = mB \sin\theta \, \omega}$$

AN : $P = 8{,}0 \cdot 0{,}2 \cdot \sin(24) \cdot 50 \cdot 2\pi = \underline{204 \text{ W}}$

Q4. La vitesse de rotation est indépendante de la charge, qui n'influe que sur l'angle 'θ'.

Le couple maximal correspond à $\theta = 90°$

$$\Rightarrow m_{max} = mB$$

AN : $m_{max} = 8 \cdot 0{,}2 = \underline{1{,}6 \text{ N.m}}$