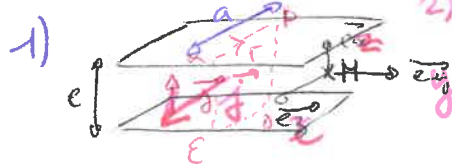


Exercice I / TD mag

Higelin Antoine / Vernon Marceau.



1) Votre repère est indirect
2) ne respecte pas les axes de symétrie
* Étude des symétries des courants:

$$\pi_1(M, \vec{e}_x, \vec{e}_z) = \pi_{AS} \Rightarrow \vec{B}(M) \notin \pi_1$$

$$\pi_2(M, \vec{e}_x, \vec{e}_y) = \pi_{AS} \Rightarrow \vec{B}(M) \notin \pi_2$$

$$\pi_3(M, \vec{e}_y, \vec{e}_z) = \pi_S \Rightarrow \vec{B}(M) \in \pi_3$$

avec π_{AS} un plan d'anti-symétrie des courants et π_S un plan de symétrie des courants.

Ainsi, $\vec{B}(M)$ est colinéaire à $\vec{e}_y$, d'où $\vec{B}(M) = B(M) \vec{e}_y$

* Le courant est invariant selon y et z , ainsi $\vec{B}(M)$ est indépendant de y et z . Donc $\vec{B}(M)$ ne dépend que de x , d'où $\vec{B}(M) = B(x) \vec{e}_y$

2) On choisit un cercle comme contour d'Ampère.

$$\oint_{\gamma} \vec{B} \cdot d\vec{\ell} = \int_{\beta}^{\gamma} \vec{B} \cdot d\vec{\ell} + \int_{\gamma}^{\epsilon} \vec{B} \cdot d\vec{\ell} + \int_{\epsilon}^{\beta} \vec{B} \cdot d\vec{\ell} = 0 \text{ car } \vec{e}_y \cdot \vec{e}_x = 0 \text{ et } \vec{e}_y \cdot \vec{e}_z = 0$$

$$= B(x) \int_{\beta}^{\gamma} d\ell + B(x) \int_{\epsilon}^{\beta} d\ell \text{ car } \vec{B} \text{ et } d\vec{\ell} \text{ sont colinéaires et de même sens.}$$

$$\oint_{\gamma} \vec{B} = 2 B(x) \times \beta \gamma = 2 B a$$

On d'après le théorème d'Ampère, $\oint_{\gamma} \vec{B} = \mu_0 \times \text{enlacs}$

$$\text{Et enlacs} = \phi(\vec{j}) = \iint \vec{j} \cdot d\vec{S} \text{ par définition}$$

$$= -j e \times a \text{ avec } a \text{ la largeur du contour d'Ampère.}$$

$$\text{Pour finir, } \oint_{\gamma} \vec{B} = 2 B(x) \times a = \mu_0 j e a \Rightarrow B(x) = \frac{\mu_0 j e}{2}$$

$$\text{pour } x < e/2 \quad B(x) = + \frac{\mu_0 j e}{2}$$

$$\Rightarrow B(x) = - \frac{\mu_0 j e}{2} \vec{e}_y$$

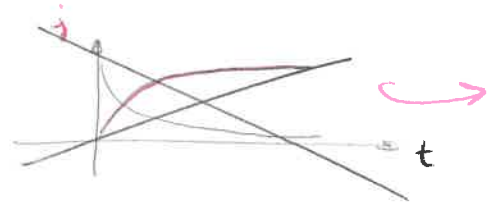
$$x > e \quad \text{TSVP} \Rightarrow -\frac{e}{2} < x < \frac{e}{2}$$

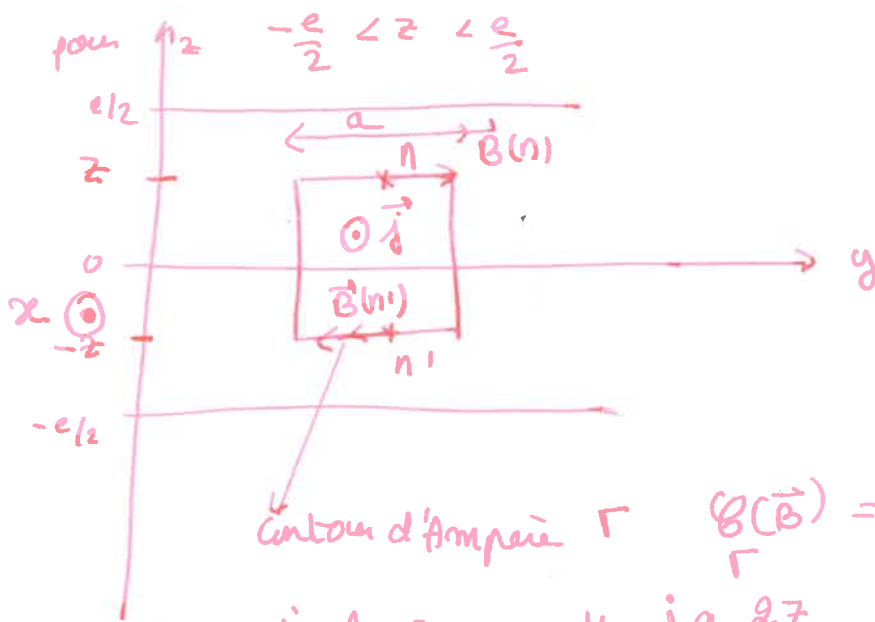
3) On a choisi un cercle comme surface d'Ampère, ainsi $a = e$.

$$\text{Donc } \vec{B}(x) = \frac{\mu_0 j e}{2} \vec{e}_y, \text{ et le module se reste constant}$$

d'après l'énoncé, cela traduit que j augmente "compense" la variation de e . Pour $e \rightarrow 0$, j augmenterait donc.

Pour finir, $B(x)$ serait constant.



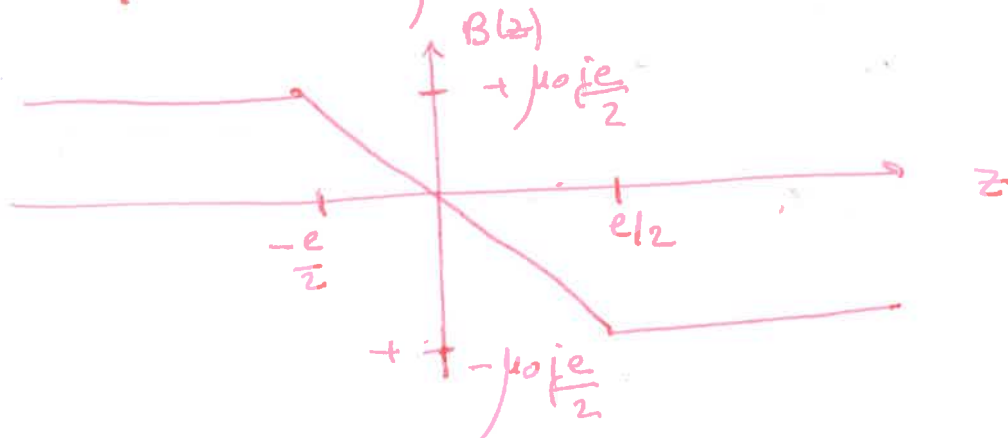


Contour d'Ampère Γ $\oint_{\Gamma} \vec{B} \cdot d\vec{l} = 2 B(z) a$

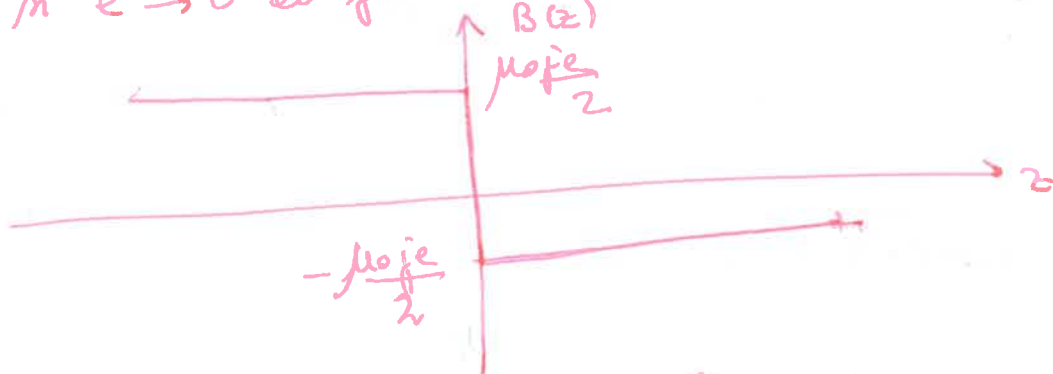
$$\text{liénage} = -\mu_0 j a 2z$$

$$\text{d'où } B(z) = -\mu_0 j z$$

$$\begin{cases} \vec{B}(z) = -\mu_0 j z \vec{u}_y & \text{pour } 0 < z < e/2 \\ \vec{B}(z) = +\mu_0 j z \vec{u}_y & \text{pour } -e/2 < z < 0 \end{cases}$$



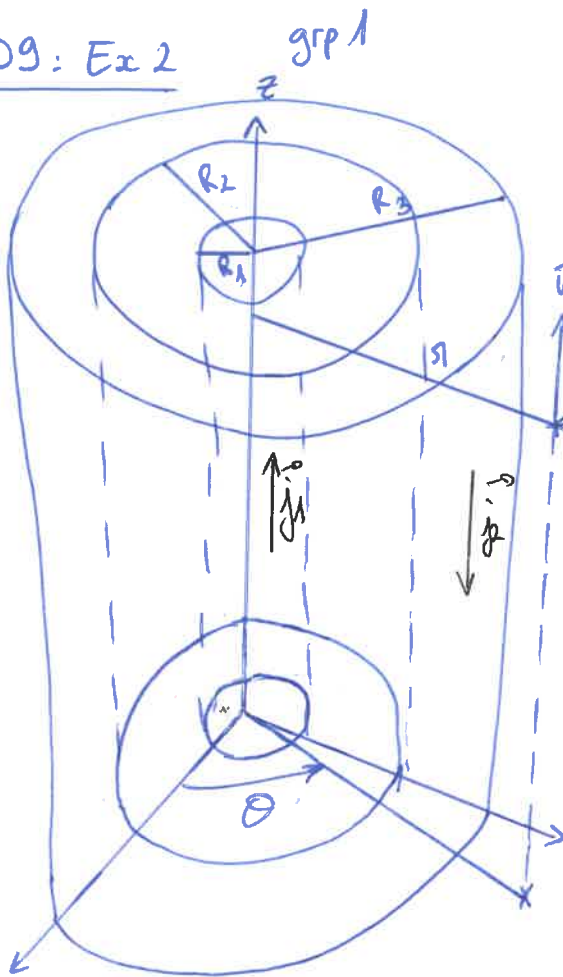
3) si $e \rightarrow 0$ et $j e = \text{const}$



$\Rightarrow$ le champ B est uniforme si $z > 0$
si $z < 0$

mais $\vec{B}$ est discontinue en $z = 0$.

TD9: Ex 2



1. $\vec{B}_{\text{courant}} = (B, \vec{u}_r, \vec{u}_\theta)$ ⚠

$\vec{B}(r) + \vec{B}_{\text{courant}} \Rightarrow \vec{B}(r)$ additionne à $\vec{u}_\theta$. $\vec{B}(r) = B(r, \theta, z) \vec{u}_\theta$

les courants sont invariants par translation selon z et rotation d'angle θ donc $B(r, \theta, z)$ indépendants de θ et z ✓

$\vec{j}_1 = \frac{I}{\pi R_1^2} \vec{e}_z, \vec{j}_2 = -\frac{I}{\pi(R_3^2 - R_2^2)} \vec{e}_z$

on a donc 4 cas: $R_1 > r, R_2 > r > R_1, R_3 > r > R_2, r > R_3$

Le contour d'Ampère sera tout le temps une cercle de rayon r et de centre O : Γ ✓

pour $R_1 > r$: d'après le théorème d'Ampère: $\oint_{\Gamma} \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{\text{enclos}}$

$= B(r) \cdot 2\pi r = \mu_0 I_{\text{enclos}} = \mu_0 \frac{\pi r^2}{\pi R_1^2} I \Rightarrow B_1(r) = \frac{\mu_0 I r}{2\pi R_1^2}$

pour $R_2 > r > R_1$:

$= \mu_0 I_{\text{enclos}} = \mu_0 I \Rightarrow B_2(r) = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ ✓

" : $\oint B(r) \vec{u}_\theta \cdot r d\theta \vec{u}_\theta = B(r) 2\pi r$

pour $R_3 > r > R_2$:

$= \mu_0 I_{\text{enclos}} = \mu_0 \left(I - \frac{\pi(r^2 - R_2^2) I}{\pi(R_3^2 - R_2^2)} \right)$

" : $\oint B(r) \vec{u}_\theta \cdot r d\theta \vec{u}_\theta = B(r) 2\pi r$

$\Rightarrow B_3(r) = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \left(1 - \frac{r^2 - R_2^2}{R_3^2 - R_2^2} \right)$

pour $r > R_3$:

$$\Rightarrow B_4(r) = 0$$

$$\oint B(r) \vec{u}_\theta \cdot d\theta \vec{u}_\theta = B(r) 2\pi r = \mu_0 (I - I) = 0$$

$$2. B_1(r=R_1) = B_2(r=R_1) = \frac{\mu_0 I}{2\pi R_1}$$

$$B_2(r=R_2) = B_3(r=R_2) = \frac{\mu_0 I}{2\pi R_2}$$

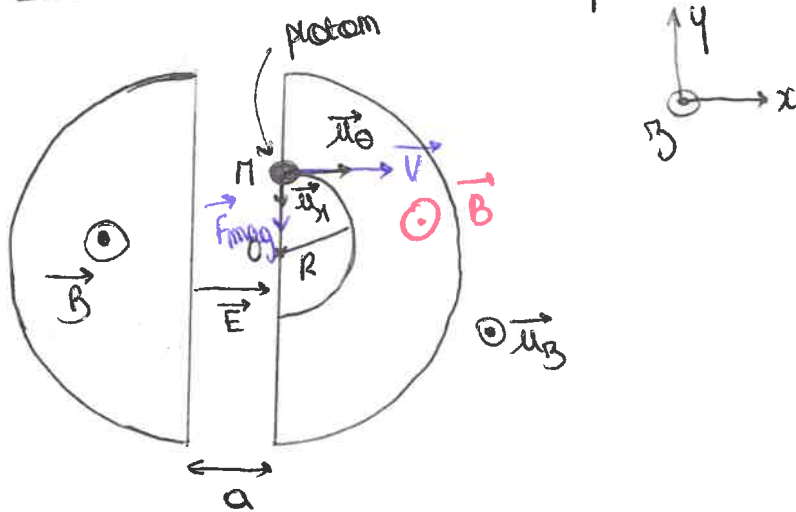
$$B_3(r=R_3) = B_4(r=R_3) = 0$$

Pour le champ est continu à travers des trois cylindres.

TD 9: Exercice 3

Groupe 3

①



1) Montrons que la norme de la vitesse d'un proton est constante dans un dee :

On utilise l'expression de la puissance : $\vec{F}_{mag} \cdot \vec{v} = q \vec{v} \wedge \vec{B}$

$$\mathcal{P} = \vec{F}_{mag} \cdot \vec{v} = 0 \text{ car ils sont orthogonaux}$$

$$\Rightarrow \frac{dE_c}{dt} = \sum \mathcal{P} = 0 \text{ par le théorème de la puissance cinétique}$$

$$\Rightarrow E_c = cte = \frac{1}{2} m \|\vec{v}\|^2$$

$$\Rightarrow \|\vec{v}\| = cte = v$$

2) On applique le PFD à un proton soumis à la force magnétique pour trouver R

$$m\vec{a} = \vec{F}_{mag} = qv \vec{u}_\theta \wedge B \vec{u}_z = -qvB \vec{u}_r$$

$$\text{Or, } \vec{a} = R\ddot{\theta} \vec{u}_\theta$$

$$\vec{v} = R\dot{\theta} \vec{u}_\theta = v \vec{u}_\theta$$

$$\vec{a} = -R\dot{\theta}^2 \vec{u}_r + R\ddot{\theta} \vec{u}_\theta$$

$$\ddot{\theta} = 0 \text{ car } v = R\dot{\theta} = cte$$

Donc en projection sur $\vec{u}_r$, on a :

$$-mR\dot{\theta}^2 = -qvB \Leftrightarrow mR \frac{v^2}{R^2} = qvB \text{ par définition de } \vec{v}$$

$$\Leftrightarrow R = \frac{mv}{qB}$$

* On détermine $\Delta t_{1\text{dee}}$: ? $\rightarrow$ trapézoïde dans 1 dee = $1/2$ cercle de rayon R

Par définition, $\Delta t_{1\text{dee}} = \frac{d}{v} = \frac{\pi R}{v} = \frac{\pi m v}{q B v} = \frac{\pi m}{q B}$

$$= \frac{\pi \times 1,7 \times 10^{-27}}{1,6 \times 10^{-19} \times 1,5} \approx \frac{3 \times 2 \times 10^{-27}}{2 \times 10^{-19} \times 2} \approx \frac{15 \times 10^{-9}}{4} \text{ s}$$

$\rightarrow$ prenez votre calculatrice : $= 2,2 \text{ ns}$

3) On exprime la période d'un tour :

$$T = 2 \Delta t_{1\text{dee}} = 4,4 \times 10^{-9} \text{ s}$$

On en déduit f :

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{4,4 \times 10^{-9}} \approx 23 \times 10^6 \text{ Hz} \quad \text{???}$$

à développer !
pour que le proton soit accéléré de manière optimale il faut qu'il subisse 1 force électrique orientée selon $\vec{u}_z$ lors du passage de D_2 à D_1 et vers $-\vec{u}_z$ lors du passage de D_1 à D_2

* On choisit une tension harmonique pour que les protons soient en phase avec la tension, ce qui augmente la puissance du faisceau lumineux

4) On utilise le théorème de l'énergie cinétique :

$$\Delta E_c = \frac{1}{2} m v_m^2 - \frac{1}{2} m v_0^2 = \frac{1}{2} m v_m^2 = W(F_{\text{elec}}) + W(F_{\text{mag}})$$

car la vitesse initiale est négligeable

$\rightarrow$ entre les dees le proton est accéléré

$$\Leftrightarrow \frac{1}{2} m v_m^2 = q U_m \times m$$

raisonnement par récurrence

$$\frac{1}{2} m v_{n+1}^2 - \frac{1}{2} m v_n^2 = q U_m$$

tension entre les dees

$$\Leftrightarrow v_m = \sqrt{\frac{2 q U_m m}{m}}$$

On en déduit R_m : $R_m = \frac{m v_m}{q B} = \frac{m}{q B} \sqrt{\frac{2 m q U_m}{m}} = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2 m U_m m}{q}}$

5) Pour un tour, $m = 2$

Donc on calcule R_2 : $R_2 = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{4 U_m m}{q}} = \frac{1}{1,5} \sqrt{\frac{4 \times 200 \times 10^3 \times 1,7 \times 10^{-27}}{1,6 \times 10^{-19}}} \approx 6 \text{ cm}$

Pour dix tours, $m = 20$

Donc on calcule R_{20} : $R_{20} = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{40 U_m m}{q}} \approx 20 \text{ cm}$

6) Par ce qui précède, $R_N = \frac{m v_N}{q B} \Leftrightarrow v_N = \frac{q B R_N}{m}$

Donc $E_{cN} = \frac{1}{2} m v_N^2 = \frac{1}{2} (q B R_N)^2$

6) Par ce qui précède, $R_N = \frac{m v_N}{qB} \Leftrightarrow v_N = \frac{qBR_N}{m}$

(2)

Donc $E_{cN} = \frac{1}{2} m v_N^2 = \frac{1}{2} m \left(\frac{qBR_N}{m} \right)^2 = \frac{(qBR_N)^2}{2m}$

$\approx \underline{2 \times 10^{-12} \text{ J}}$

Or, $E_{cN} = NqU_m \Leftrightarrow N = \frac{E_{cN}}{qU_m} \approx \frac{62,5}{33} \text{ demi-cercles}$

On en déduit le nombre de tours :

$n_{\text{tours}} = \frac{N}{2} = \underline{16,5 \text{ tours}}$
 ≈ 31

essayez
au moins de
vérifier les
AN du corrigé
que vous avez
trouvés...

Merci de respecter la mise en page demandée.

SEYIFOU

Youssef

AGC/DI

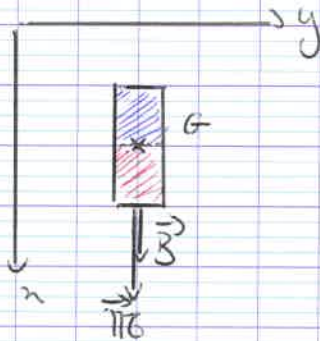
Antoine
gr n°4

Exercice IV TD n° 9

1.

Représentez, en vue de dessus, un schéma de la situation :

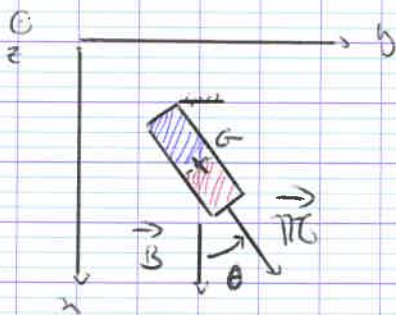
À l'équilibre : $\vec{M}_G$ le moment magnétique de l'aimant



Avec $\vec{B} = B\vec{u}_z$

À $t=0$, on suppose qu'on lâche l'aimant d'un angle θ par rapport à l'axe (C, z)

À $t=0$:



On va réaliser un théorème du moment cinétique sur l'aimant au point G selon l'axe (C, z) : (TMC)

Moment cinétique sur l'aimant : $\vec{M}_G \times \vec{B} = -M_B \sin(\theta) \vec{u}_z$ couple magnétique

Moment cinétique de l'aimant en G : $\vec{L} = J\vec{\omega} = J\dot{\theta} \vec{u}_z$

Ainsi, d'après le TMC, $J \frac{d\theta}{dt} + M_B \sin(\theta) = 0$

En linéaire : dans le cadre de « petites oscillations », si $\theta \approx 0$

De fait, $\ddot{\theta} + \frac{116B}{J} \theta = 0$ ✓

On reconnaît un oscillateur harmonique non-amorti de pulsation propre $\omega_0 = \sqrt{\frac{116B}{J}}$ ✓

De ce fait, $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{J}{116B}}$ ✓

2.

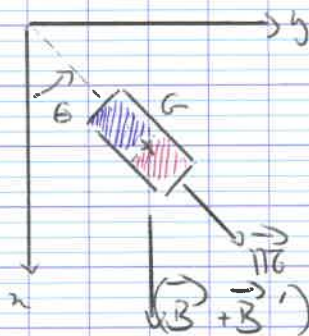
Rappel : si on associe une bobine très longue à un solénoïde infini le champ crée, si l'axe de la bobine est $\vec{e}_z$ par exemple magnétique

$\vec{B}(m) = \mu_0 n I \vec{e}_z$ avec n le nombre de spires / unité de longueur
 I le courant qui parcourt la bobine

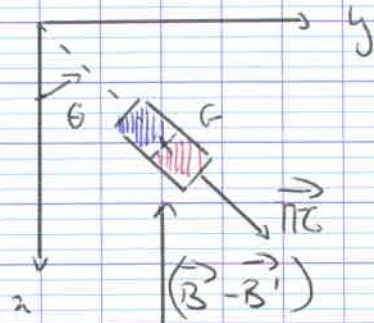
↳ Pas utile ici...

Dans cette question 2, on se place dans 2 cas différents :

(1), $\vec{a} \neq 0$:



(2), $\vec{a} = 0$:



De ce fait, on en déduit que - d'après la première question - :

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{J}{16(B+B')}} \quad \boxed{}$$

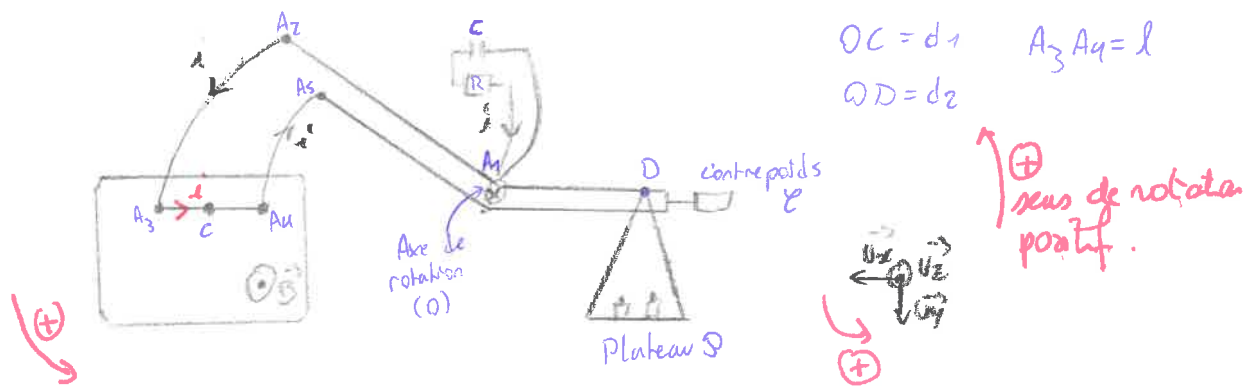
$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{J}{16(B'-B')}} \quad \boxed{}$$

⚠ $B' > B$ hypothèse de l'énoncé

$$\text{Ainsi, } \frac{T_1}{T_2} = \sqrt{\frac{B'-B'}{B+B'}} \quad \boxed{}$$

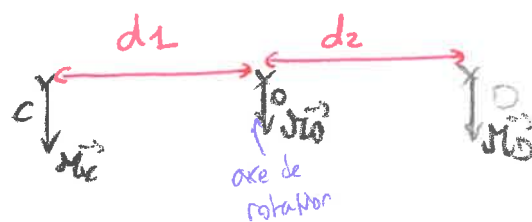
$$\text{Et donc } T_1^2(B+B') = T_2^2(B'-B') \\ \Leftrightarrow B(T_1^2 - T_2^2) = -B'(T_2^2 + T_1^2)$$

$$\Leftrightarrow \boxed{B = -B' \frac{T_1^2 + T_2^2}{T_2^2 - T_1^2}}$$



1. Lors de l'équilibrage à vide, il n'y a pas de courant i , ni de masse m remarquable. Alors, les points C et D sont alignés.

Alors, on représente le schéma:



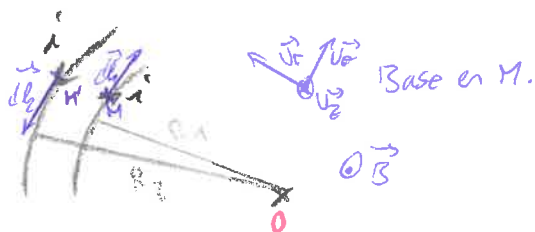
Alors, d'après le théorème des moments, $\vec{M}_C + \vec{M}_O + \vec{M}_D = \vec{0}$

Or, $\vec{M}_O = \vec{0}$ car il coupe l'axe de rotation,

d'où $\vec{M}_C = -\vec{M}_D$

Ainsi, comme les moments se compensent, on déduit que le centre de masse à l'équilibre se situe en O .

2.



On calcule la résultante des forces de Laplace sur les arcs de cercles:

$$\begin{aligned} \vec{F}_{\text{Laplace}} &= \vec{F}_{\text{Laplace}}^{\text{arc 1}} + \vec{F}_{\text{Laplace}}^{\text{arc 2}} \\ &= \int_{\text{arc 1}} i d\vec{l}_1 \wedge \vec{B} + \int_{\text{arc 2}} i d\vec{l}_2 \wedge \vec{B} \\ &= \int i d\vec{l}_1 \wedge \vec{B} \vec{U}_r - \int i d\vec{l}_2 \wedge \vec{B} \vec{U}_r \end{aligned}$$

forces colinéaire à $\vec{U}_r$
la direction de la force
passe par O
d'où le bras de levier
est nul, donc le
moment en O est
nul.

→ Rotation → moment des forces 1/2

On remarque alors que la résultante des forces est selon $\vec{O}\vec{r}$, or le seul mouvement autorisé est un mouvement de rotation autour de O , donc les forces selon $\pm \vec{O}\vec{r}$. Alors on déduit:

$$\vec{F}_{\text{Laplace}} = \vec{0}.$$

3. On calcule F_{Laplace} s'appliquant entre A_3 et A_4 :

$$\begin{aligned} \vec{F}_L &= i \vec{l} \wedge \vec{B} \\ &= i B l \vec{u}_y \text{ avec } l = A_3 A_4. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ainsi, } M_L &= + \|\vec{F}_L\| \times d \quad \text{avec } d \text{ la distance la plus courte à l'axe.} \\ &= + i B l \times d_1 \quad (\text{fait tourner dans le sens } \oplus) \\ &= + i B l \times d_1 \end{aligned}$$

à noter avec rigueur sur le schéma.

Et le moment des forces de gravitation est:

$$\begin{aligned} M_P &= -m \times g \times OD \quad (\text{fait tourner dans le sens } \ominus) \\ &= -m g d_2 \end{aligned}$$

Alors on déduit: $M_L + M_P = 0$ d'après le théorème des moments

$$\Rightarrow -i B l \times d_1 + m g d_2 = 0$$

$$\Rightarrow B = \frac{m g d_2}{i l d_1}$$

4. On donne $\Delta m = 0,05 \text{ g}$, la sensibilité de la balance, $i = 10 \text{ A}$, $l = 5 \text{ cm}$ et $d_1 = d_2 = 10 \text{ cm}$.

$$\text{A.N: } B_{\min} = \frac{0,05 \times 9,81 \times 10 \times 10^{-2} \times 10^{-3}}{10 \times 5 \times 10^{-2} \times 10 \times 10^{-2}} = 9,81 \times 10^{-3} \text{ T} \approx 1 \text{ mT}$$

~~On connaît le champ magnétique terrestre: $B_T = 5 \times 10^{-5} \text{ T}$~~

~~On remarque $B_T \gg B$, on en déduit que la balance n'est pas utilisable,~~

~~On connaît le champ magnétique créé par un aimant: $B_A \approx 1 \text{ T}$~~

~~D'où on en déduit l'utilisabilité de la balance. $\rightarrow$ mesure de champ magnétique supérieurs à $B_{\text{terrestre}} \approx 1 \text{ mT}$.~~