

Physique chimie terminale S

HAUT PARLEUR ELECTRODYNAMIQUE

Objectif d'apprentissage	Contenus
<p>L'apprenant doit être capable de (d') :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Expliquer le fonctionnement d'un hautparleur électrodynamique • Mettre en évidence l'existence de la force de Laplace • Résoudre une situation problème mettant en jeu la force de Laplace 	<ul style="list-style-type: none"> • Constituant d'un hautparleur électrodynamique • Mise en évidence de l'existence de la force de Laplace • Expression et caractéristique de la Force de Laplace $F = Il \wedge B$

Hautparleur électrodynamique

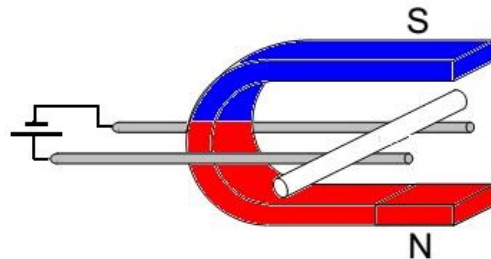
I.	Force de Laplace :	4
1.	Mise en évidence de la force de Laplace.....	4
2.	Expression et caractéristiques de la force de Laplace	4
II.	Hautparleur électrodynamique.....	7
1.	Constituant d'un hautparleur électrodynamique.....	7
2.	Etude de fonctionnement d'un hautparleur électromagnétique	8
III.	Exercices.....	10

I. Force de Laplace :

1. Mise en évidence de la force de Laplace

Expérience : un conducteur de longueur l mobile sur deux rails est plongé dans le champ magnétique d'un aimant.

On

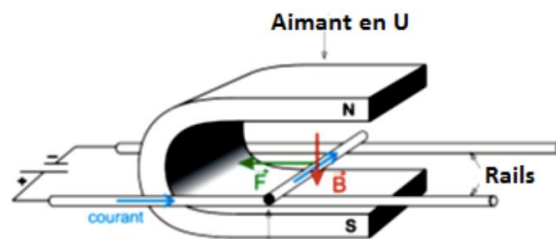


Observation : quand il est parcouru par le courant, le conducteur se déplace rapidement.

Le sens du déplacement change si on inverse le sens du courant ou celui du champ magnétique.

Interprétation :

Le conducteur est soumis à une force qui est créée par l'interaction du champ magnétique et du courant : **force de LAPLACE**

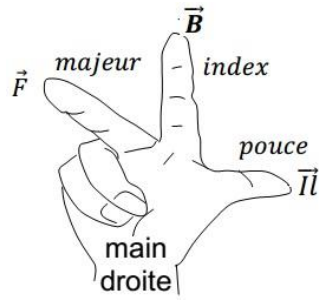


2. Expression et caractéristiques de la force de Laplace

La valeur de la force de Laplace est proportionnelle à la valeur du **champ magnétique B** et à **la longueur L** du conducteur qui subit la force.

$$\vec{F} = I \vec{l} \wedge \vec{B}$$

- **Direction** : droite perpendiculaire aux lignes de champ magnétique et au conducteur.
- **Sens** : donné par le trièdre direct (règle de trois doigts de la main droite)



- Intensité : $F = I \cdot l \cdot B \cdot \sin \alpha$,

F en Newton (N),

B en tesla (T),

I en ampère (A)

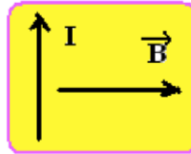
l en mètre (m)

Quelques applications de la force de Laplace : haut-parleur électrodynamique, moteur à courant continu, roue de Barlow, balance de Cotton ...

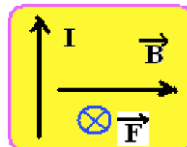
Applications :

Appl01 :

Un fil électrique est traversé par un courant électrique I (voir figure). On met ce fil dans un champ magnétique \vec{B} uniforme. Déterminer la direction et sens de la force exercée sur le fil en appliquant la règle de la main droite

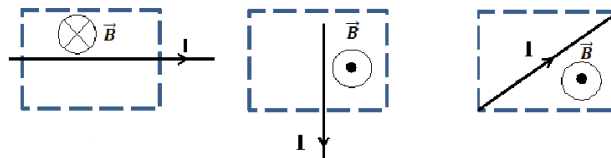


- a) La force \vec{F} est perpendiculaire au plan de la feuille et dirigé vers l'arrière.
- b) La force \vec{F} est perpendiculaire au plan de la feuille et dirigé vers l'avant.
- c) La force \vec{F} est parallèle au plan de la feuille et dirigé vers le haut.
- d) La force \vec{F} est parallèle au plan de la feuille et dirigé vers le bas.

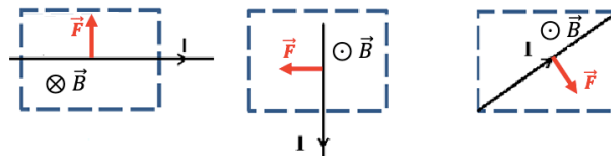


Appl02 :

Représenter sur chacun des conducteurs placés dans l'espace champ magnétique \vec{B} délimité par le rectangle, la force de LAPLACE \vec{F}



Solution :



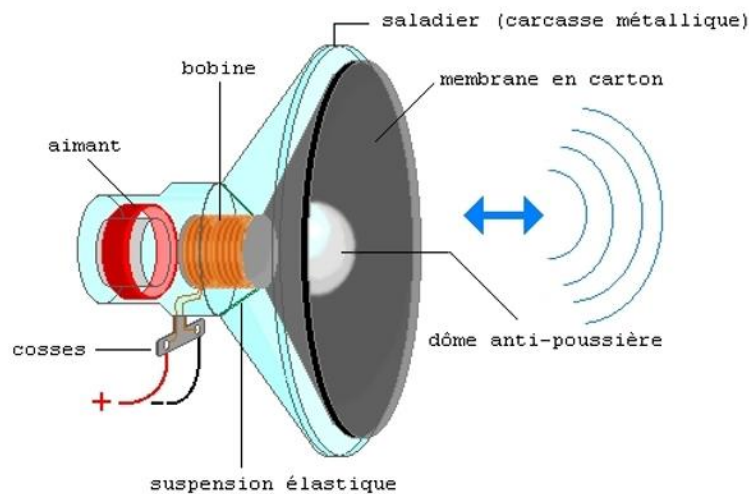
II. Hautparleur électrodynamique

1. Constituant d'un hautparleur électrodynamique

Le hautparleur électrodynamique est constitué principalement :

- d'un **aimant circulaire** ;
- d'une **bobine circulaire** mobile placée autour d'un des pôles de l'aimant ;
- d'une **membrane** reliée à la bobine ;
- d'un « saladier » ou **support** qui contient l'aimant, la bobine et la membrane.

Les fils de la bobine sont connectés à la sortie du haut-parleur.



Applications :

Associez correctement les termes suivants aux descriptions correspondantes :

1. Aimant circulaire
2. Bobine mobile
3. Membrane
4. Saladier
5. Sortie du haut-parleur

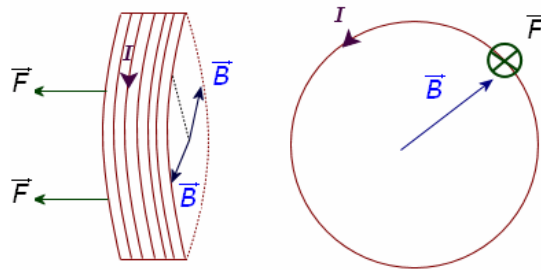
- a) Composant relié à la bobine.
- b) Élément placée autour d'un des pôles de l'aimant.
- c) Structure qui maintient les composants en place et peut contenir l'aimant, la bobine et la membrane.
- d) Partie où les fils de la bobine sont connectés pour diffuser le son.
- e) Composant créant un champ magnétique variable.

Solution :

1-e ; 2-b ; 3-a ; 4-c ; 5-d

2. Etude de fonctionnement d'un hautparleur électromagnétique

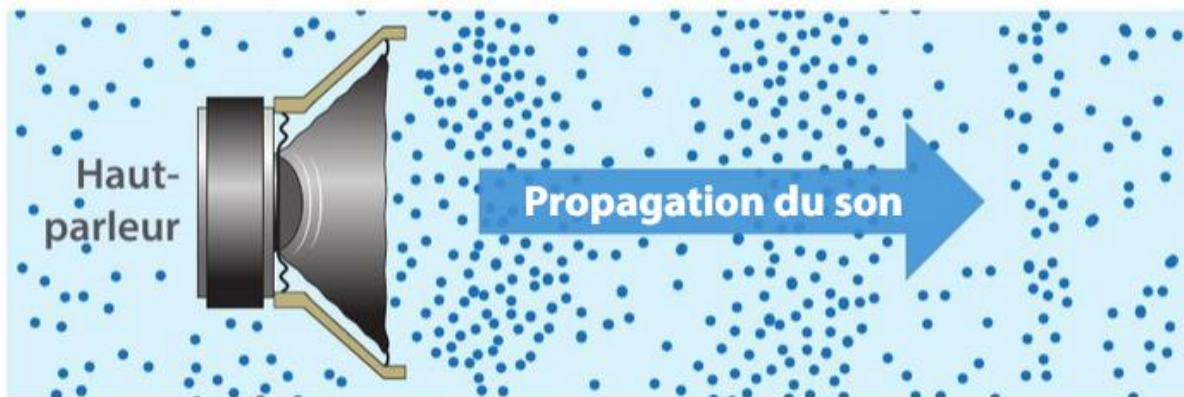
La bobine de fil parcourue par un courant est à l'intérieur d'un champ magnétique. Elle est donc soumise à une force de Laplace de direction horizontale.



Le courant étant alternatif, il change sans cesse de sens, donc la force de Laplace fait de même

La bobine se déplace dans un mouvement de va-et-vient, à la même fréquence que la fréquence de la tension alternative.

La membrane du haut-parleur, qui est reliée à la bobine, vibre donc à la même fréquence que la fréquence de la tension.



La membrane vibrante se trouve au contact de l'air. Le mouvement de va-et-vient de cette membrane met l'air environnant en vibration.

L'énergie électrique est transformée en **énergie mécanique** puis en **énergie sonore**.

Application :

Associez chaque terme ou concept de la colonne A à la description ou à la définition correspondante de la colonne B en reliant les lettres appropriées avec des flèches.

A	B
1. Bobine 2. Membrane 3. Utilisation quotidienne d'un HP	a) écouter de la musique b) mouvement de va et vient à la même fréquence que la tension alternative c) vibre au contact de l'air

III. Exercices

Exercice 1 :

Un barreau de longueur ($L = 20 \text{ cm}$) se déplace sur des rails perpendiculaires et qui sont séparés de $d = 10 \text{ cm}$. On place l'ensemble dans un champ magnétique B uniforme et orthogonal au barreau. On fait passer un courant continu d'intensité $I = 3 \text{ A}$ dans le barreau et les rails, le barreau subit une force de Laplace d'intensité 3

$$F = 10^{-3} \text{ N}$$

Calculer l'intensité du champ magnétique.

Solution

Calcul de l'intensité du champ magnétique

$$B = \frac{F}{I \times d} = \frac{10^{-3}}{3 \times 0,1} = 3,33 \cdot 10^{-3} \text{ T}$$

Exercice 02 :

Lorsqu'on met un conducteur parcouru par un courant continu d'intensité $I = 10 \text{ A}$ dans un champ magnétique uniforme d'intensité $B = 0.25 \text{ T}$, il subit l'action d'une force de Laplace d'intensité ($F = 0.765 \text{ N}$) lorsqu'il est incliné d'un angle $\alpha = 30^\circ$ par rapport aux lignes de champ magnétique.

- 1) Calculer la longueur du conducteur électrique.
- 2) Calculer l'intensité de la force de Laplace dans le cas où le fil est parallèle aux lignes de champ, et dans le cas où le fil est orthogonal aux lignes de champ.

Solution

- 1) La longueur du conducteur électrique

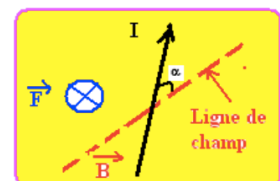
Considérons le schéma ci-après, la force de Laplace

$$\vec{F} = I \vec{l} \wedge \vec{B}$$

$$F = I l \cdot B \cdot \sin \alpha$$

$$l = \frac{F}{I \cdot B \cdot \sin \alpha}$$

$$l = \frac{0,765}{10 \times 0,25 \times \sin 30^\circ} = 0,6 \text{ m} = 60 \text{ cm}$$



- 2) L'intensité de la force de Laplace

- Dans le cas où le fil est parallèle au ligne de champ alors $\alpha = 0$ ou $\alpha = \pi$ rad, donc $\sin \alpha = 0$, et la force magnétique est nulle $F = 0$.
- Dans le cas où le fil est orthogonal à la ligne de champ

Alors $\alpha = \frac{\pi}{2}$ et $\sin \alpha = 1$

$$F = I \cdot L \cdot B$$

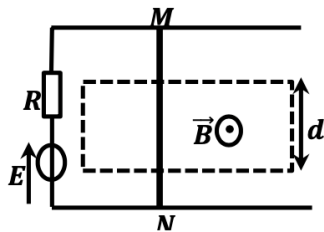
$$F = 10 \times 0.6 \times 0.25$$

$$F = 1.5 \text{ N}$$

Exercice 03:

Considérons deux conducteurs parallèles formant un "rail de Laplace" sur lequel peut se déplacer une barre mobile conductrice MN selon le schéma ci-dessous (vue de dessus). Le générateur a une f.é.m. $E = 5 \text{ V}$ et une résistance interne $R = 5 \Omega$, la barre MN de longueur totale $L = 0,12 \text{ m}$ a une résistance négligeable ; elle crée un court-circuit en refermant le circuit entre les deux rails.

On place MN dans l'entrefer d'un aimant en U de largeur $d = 4 \text{ cm}$ où règne un champ magnétique uniforme; $B = 0.1 \text{ T}$.

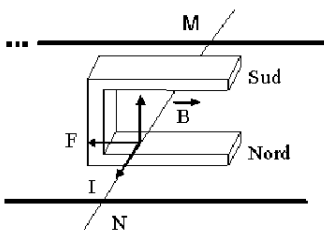


1. Expliquez (et justifiez à l'aide de quelques mots et éventuellement un schéma) comment on doit placer l'aimant en U pour obtenir le champ magnétique tel qu'il est représenté sur la figure par le vecteur \vec{B} (c'est à dire perpendiculaire aux rails et dirigé vers le haut).
2. Déterminez le sens et l'intensité du courant dans le circuit.
3. Déterminez en direction, sens et grandeur la force de Laplace agissant sur la barre MN.

Solution :

1- Position de l'aimant :

L'aimant doit être placé pôle Sud vers le haut (voir figure).



2- Sens et intensité du courant

Le sens de I est donné par le sens de E de M vers N . (voir schéma)

La tension aux bornes du générateur est nulle (court-circuit) :

$$U = E - r I = 0 \text{ soit}$$

$$I = \frac{E}{r}$$

$$= \frac{5}{5}$$

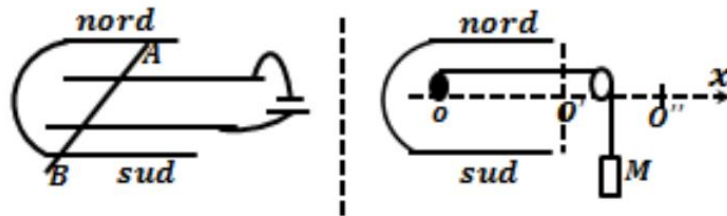
$$I = 1 \text{ A}$$

3- Caractéristique de la force de Laplace

- Direction : perpendiculaire au plan formé par (I, B)
- Sens : D'après la règle de trois doigts, la force \vec{F} est dirigée vers la gauche.
- Intensité : $F = B I d = 0.1 \times 1 \times 4 \cdot 10^{-2} = 4 \times 10^{-2} \text{ N}$

Exercice 04 :

On considère un conducteur mobile cylindrique de longueur $L = 8 \text{ cm}$ et de masse $m = 8 \text{ g}$, posé sur des rails conducteurs, écartés d'une longueur $l = 6 \text{ cm}$. Les rails sont reliés aux bornes d'un générateur de courant continu d'intensité $I = 6 \text{ A}$. Le circuit est soumis au champ magnétique uniforme $B = 0,1 \text{ T}$. On néglige les frottements.



- 1- Indiquer le sens du champ magnétique.
- 2- Déterminer le sens et la direction de la force de Laplace qui s'exerce sur le conducteur AB.
- 3- A l'aide d'un fil inextensible enroulé, de masse négligeable, et d'une poulie, on attache une masse M au conducteur AB. Quelle doit être la valeur de la masse M pour que le conducteur AB soit en équilibre ?
- 4- On enlève le fil et la masse M , puis on permute les bornes du générateur. On considère que le conducteur mobile est initialement au repos en O et est soumis au champ magnétique sur la longueur $OO' = 4 \text{ cm}$.
 - a) Déterminer la nature du mouvement du conducteur AB sur la longueur OO' (sans application numérique).
 - b) Exprimer littéralement puis numériquement l'équation horaire $v(t)$ de ce mouvement.
 - c) Exprimer littéralement puis numériquement l'équation horaire $x(t)$ de ce mouvement.
 - d) Calculer la vitesse du conducteur mobile en O' .
 - e) Combien de temps met le conducteur AB pour aller de O à O'' sachant que $O'O'' = 10 \text{ cm}$.

Solution :

1- Le champ magnétique \vec{B} est vertical et dirigé vers le bas (du pôle nord vers le pôle sud)

2. Direction et sens de la force de Laplace

Le courant sort du pôle (+) du générateur, donc le courant circule de B vers A.

En utilisant la règle de trois doigts, la force de Laplace \vec{F} est horizontale et dirigée vers la gauche.

3. Valeur de la masse M en équilibre

Le conducteur est en équilibre lorsque la tension \vec{T} du fil est opposée à la force \vec{F} .

A l'équilibre : $\vec{P} + \vec{T} = \vec{0}$

$$\Rightarrow P = T = F \Rightarrow F = P = Mg = IlB \Rightarrow M = \frac{IlB}{g}$$

$$M = \frac{6 \times 0,06 \times 0,1}{9,8} = 3,67 \times 10^{-3} \text{kg} = 3,67 \text{g}$$

4. a) Nature du mouvement sur OO'

En permutant les bornes, la force électromagnétique \vec{F} est dirigée vers la droite.

$$\text{T.C.I : } \vec{F} + \vec{P} + \vec{R} = m\vec{a} \Rightarrow F = ma \text{ car } P^{\rightarrow} + R^{\rightarrow} = 0^{\rightarrow}, \text{ donc } a = \frac{F}{m} = \frac{IlB}{m} > 0$$

Alors le mouvement est uniformément accéléré.

b) Équation de la vitesse v(t)

$$v(t) = at + v_0 \text{ or à } t = 0, v_0 = 0$$

$$\Rightarrow v(t) = at = \frac{IlB}{m} t = \frac{6 \times 0,06 \times 0,1}{0,008} t = 4,5t$$

$$v(t) = 4,5t$$

c) Equation horaire du mouvement x(t)

$$x(t) = \frac{1}{2} at^2 + v_0 t + x_0 \text{ or à } t = 0, v_0 = 0 \text{ et } x_0 = 0$$

$$\Rightarrow x(t) = \frac{1}{2} at^2 = \frac{IlB}{2m} t^2 = 2,25t^2$$

d) Vitesse du conducteur en O'

$$v^2 = 2aOO' \Rightarrow v = \sqrt{2aOO'} = \sqrt{2 \times 4,5 \times 0,04} = 0,6 \text{m. s}^{-1}$$

$$v = 0,6 \text{m. s}^{-1}$$

e) temps mis pour aller de O à O''

- Temps t_1 d'aller de O en O' :

$$d = 0,04 = 2,25 t_1^2 = 12 \text{ soit } t_1 = \sqrt{\frac{0,04}{2,25}} = 0,13 \text{s}$$

Temps t_2 pour aller de O' à O''

Au-delà de O' le mouvement est uniforme de $v = 0,6 \text{m. s}^{-1}$

$$v = \frac{O'O''}{t_2}$$

$$\text{soit } t_2 = \frac{O'O''}{v} = \frac{0,1}{0,6} = 0,17\text{s}$$

Soit T la durée d'aller de O à O'' :

$$T = t_1 + t_2 = 0,13 + 0,17 = 0,30\text{s}$$

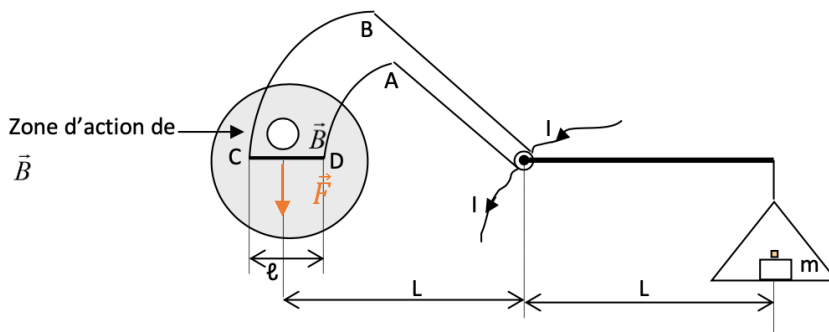
Exercice 05 :

Tu es élève en classe de TS. Ton groupe de TP est choisi pour déterminer la valeur du champ magnétique \vec{B} dans l'entrefer d'un aimant en U. Pour cela votre professeur de Physique-Chimie met à votre disposition le dispositif de la balance de Cotton et tout le matériel nécessaire.

La balance de Cotton comprend :

- un bras de fléau supportant un plateau ;
- un circuit électrique fixé sur l'autre bras de fléau.

La partie CADE est plongée dans le champ magnétique. CA et DE sont des arcs de cercle de centre O . La balance est mobile autour de l'axe horizontal (Δ) passant par O , perpendiculaire au plan de figure. Elle est en équilibre en l'absence de courant électrique.



Le groupe réalise le dispositif expérimental et sous la supervision du professeur, il effectue les mesures dont les résultats sont consignés dans le tableau suivant.

I (A)	0,74	1,50	2,35	3,20	3,90	4,80
m (mg)	0,5	1	1,5	2	2,5	3

Echelle : $2\text{cm} \leftrightarrow 5\text{ mg}$; $2\text{ cm} \leftrightarrow 0,75\text{ A}$

On donne $g = 10\text{m.s}^{-2}$; $l = CD = 2,9\text{ cm}$.

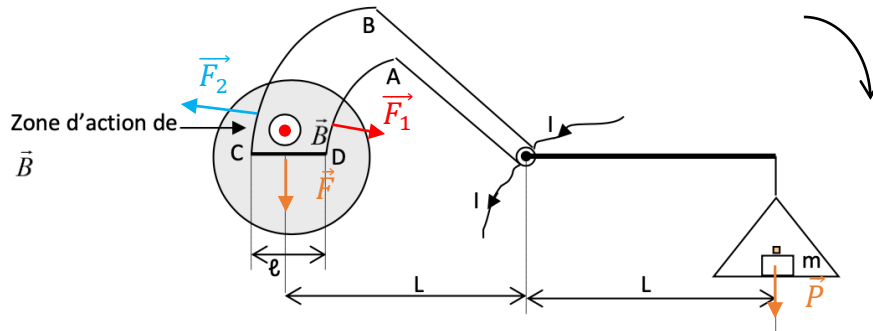
En tant que porte-parole du groupe il t'est demandé de répondre aux questions suivantes.

- 1) Indiquer sur le schéma le sens du champ magnétique créé par l'aimant.
- 2) Indiquer sur le schéma les forces de Laplace s'exerçant sur les portions AD et BC

- 3) Montrer que les forces de Laplace s'exerçant sur les portions AD et BC n'ont aucune influence sur l'équilibre de la balance.
- 4) Exprime l'intensité I du courant dans le dispositif expérimental en fonction de B , l , g et m .
- 5) Tracer la courbe $I = f(m)$
- 6) Déduire de cette courbe la valeur B du champ magnétique.

Solution :

1. I va de C à D et la force électromagnétique sur la portion CD est descendante. Donc \vec{B} est sortant.
2. Les forces s'exerçant sur les parties AD et BC



3. Les forces s'exerçant sur les parties AD et BC (arc de cercle) ont leur droite d'action qui rencontre l'axe de rotation du fléau donc elles n'ont aucune influence sur l'équilibre de la balance.
4. L'intensité I du courant

En appliquant le théorème des moments, on a:

$$M(\vec{F}) + M(\vec{P}) = 0$$

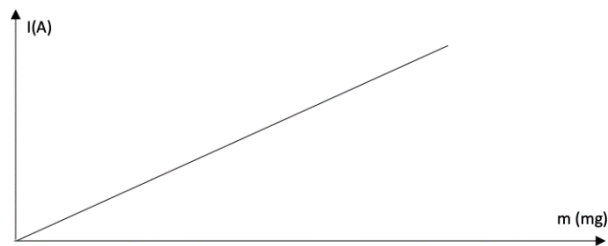
$$-FxL + mgxL = 0$$

$$F = mg$$

$$lB = mg$$

$$I = \frac{mg}{lB}$$

5. la courbe $I = f(m)$



C'est une droite qui passe par l'origine du repère donc I est proportionnel à m :
 $I = k.m$. Déterminons le coefficient de proportionnalité k .

$$K = \frac{3,9 - 1,50}{0,0025 - 0,0010} = 1600 \text{ A/kg}$$

5. Par identification,

$$I = k.m = \frac{g}{lB} m \text{ ce qui donne } k = \frac{g}{lB} \text{ d'où } B = \frac{g}{kl}$$

$$\text{A.N. } B = 0,215 \text{ T}$$