

# Correction du TP

## Objectifs

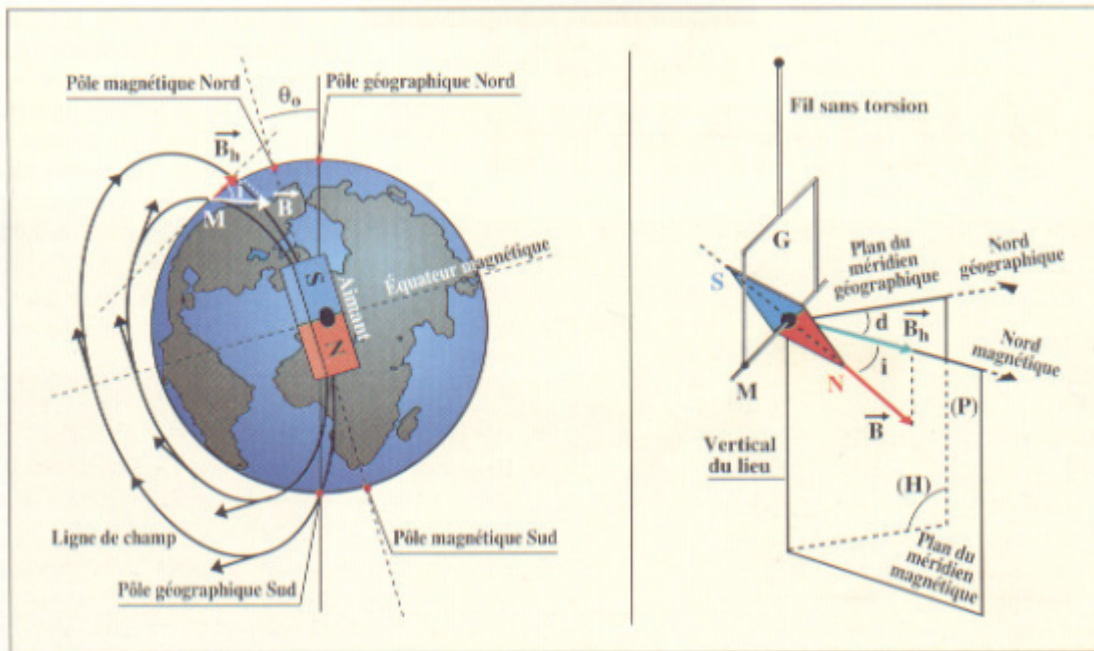
- ◇ Mesurer différents ordres de grandeurs de champs magnétiques par différentes méthodes.

## I Mesure du champ magnétique terrestre

### I/A S'appropriier

En première approximation, le champ magnétique terrestre équivaut à celui d'un aimant droit situé au centre de la Terre et dont le pôle Sud pointerait vers le Nord géographique. L'axe de cet aimant est incliné sur l'axe des pôles géographiques (correspondant à l'axe de rotation de la Terre sur elle-même) d'un angle  $\theta_0 \approx 11,5^\circ$ .

L'intensité du champ magnétique terrestre est d'environ  $5 \times 10^{-5}$  T. Il est contenu dans un plan vertical passant par les pôles magnétiques terrestres, appelé méridien magnétique. Sa direction fait avec l'horizontal un angle  $i$  appelé inclinaison, dont la valeur est voisine de  $60^\circ$ .



On possède un dispositif avec une bobine plate et une simple boussole horizontale posée sur une aiguille :

- ◇ la boussole n'est sensible qu'à la composante horizontale  $\vec{B}_h$  du champ magnétique terrestre ;
- ◇ le champ magnétique  $\vec{B}$  créé au centre de la bobine plate s'exprime :

$$\vec{B} = \mu_0 \frac{N}{2R} I \vec{n}$$

avec  $N$  le nombre de spires de la bobine,  $R$  son rayon,  $I$  l'intensité du courant qui le traverse,  $\vec{n}$  un vecteur normal à la bobine, et  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H}\cdot\text{m}^{-1}$  la perméabilité du vide.

- ◇ un côté du dispositif possède un nombre de spire croissant, de 1 à 5, à un rayon relativement constant ;
- ◇ l'autre côté possède une unique spire mais à un rayon croissant.

### I/B Réaliser et valider

- 1 Expliquer ce qu'il se passe pour la boussole. Quelle relation peut-on déduire lorsque les deux champs qu'elle ressent sont perpendiculaires ?

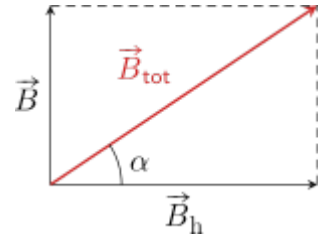
**Réponse**

Le champ magnétique total  $\vec{B}_{\text{tot}}$  ressenti par la boussole est

$$\vec{B}_{\text{tot}} = \vec{B}_h + \vec{B}$$

Lorsque deux champs sont perpendiculaires, on a la relation sur les normes des champs :

$$\tan \alpha = \frac{B}{B_h}$$



2 Proposer un protocole pour mesurer  $B_h$ .

**Réponse**

- ◇ On place le dispositif dans l'axe du champ magnétique terrestre, de sorte que le champ créé par les spires soit perpendiculaire à la composante horizontale du champ terrestre.
- ◇ On alimente le dispositif avec une intensité constante connue, et on peut faire 2 séries de mesures :
  - ▷ On fait varier le nombre de spires d'un côté, et on mesure  $\alpha(N)$  ; on aura alors

$$\tan(\alpha(N)) = \mu_0 \frac{I}{2RB_h} N$$

- ▷ On fait varier le rayon de la spire de l'autre côté, et on mesure  $\alpha(R)$  ; on aura alors

$$\tan(\alpha(R)) = \mu_0 \frac{I \cdot 1}{2B_h} \frac{1}{R}$$

- ◇ On trace donc deux régressions linéaires :
  - ▷  $\tan(\alpha(N))$  en fonction de  $N$ , la pente de la droite nous donnant  $\mu_0 \frac{I}{2RB_h}$  ;
  - ▷  $\tan(\alpha(R))$  en fonction de  $\frac{1}{R}$ , la pente de la droite nous donnant  $\mu_0 \frac{I \cdot 1}{2B_h}$ .

3 Le réaliser et conclure. Vous utiliserez pour cela l'activité Capytale associée : <https://capytale2.ac-paris.fr/web/c/ff8b-6904907>.

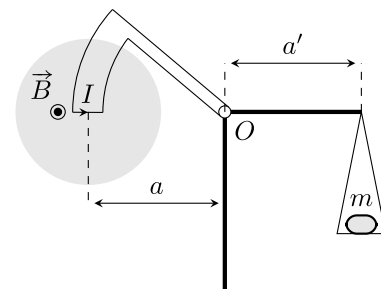
**Réponse**

solu

## II La balance de COTTON

### II/A S'approprier

La balance de COTTON est un dispositif ancien, développé au tout début du  $XX^e$  siècle par Aimé COTTON pour mesurer avec précision des champs magnétiques. Elle est constituée de deux bras rigidement liés l'un à l'autre en O. La partie de gauche comprend sur sa périphérie un conducteur métallique qui est parcouru par un courant et dont une partie est placée dans le champ magnétique uniforme et permanent à mesurer, représenté par la zone grisée. Dans cette partie, les conducteurs aller et retour sont des arcs de cercle de centre O, reliés par une portion horizontale de longueur  $L$ . Le partie droite comporte un plateau sur lequel est déposée une masse  $m$  afin d'équilibrer la balance.



La balance peut tourner sans frottements dans le plan de la figure autour du point O. À vide, c'est-à-dire sans champ magnétique ni masse  $m$ , la position du plateau est ajustée afin que la balance soit à l'équilibre avec le bras de droite parfaitement horizontal.

- 4 En utilisant des coordonnées cylindriques de centre O et d'axe Oz tel que  $\vec{B} = B\vec{e}_z$ , montrer que le moment en O des forces de LAPLACE s'exerçant sur les parties en arc de cercle est nul.

Réponse

$$\vec{F}_{\text{Lap}} = I d\vec{\ell} \wedge B\vec{e}_z \quad \text{or} \quad d\vec{\ell} = dl\vec{e}_\theta \Leftrightarrow \vec{F}_{\text{Lap}} = -IB dl\vec{e}_r$$

Ainsi,

$$\vec{M}_O(\vec{F}_{\text{Lap}}) = \vec{OM} \wedge \vec{F}_{\text{Lap}} = r\vec{e}_r \wedge (-IB dl\vec{e}_r) = \vec{0}$$



- 5 À l'équilibre, en présence de courant et de champ magnétique, établir l'expression du moment en O des forces de LAPLACE. On utilisera le bras de levier.

Réponse

On ne prend en compte que la partie rectiligne de longueur  $L$  du conducteur, qui est parcourue par un courant  $I$ , soit

$$\begin{aligned} \vec{F}_{\text{Lap}} &= I\vec{L} \wedge B\vec{e}_z = -IBL\vec{e}_r \wedge \vec{e}_z = +IBL\vec{e}_\theta \\ \Rightarrow \mathcal{M}_z(\vec{F}_{\text{Lap}}) &= +a \cdot IBL \quad \text{car s'applique à la distance } a \text{ et perpendiculaire} \end{aligned}$$

Optionnel :

$$\vec{M}_O(\vec{F}_{\text{Lap}}) = \vec{OM} \wedge \vec{F}_{\text{Lap}} = a\vec{e}_r \wedge IBL\vec{e}_\theta \Leftrightarrow \boxed{\vec{M}_O(\vec{F}_{\text{Lap}}) = aIBL\vec{e}_z}$$



- 6 En déduire la relation entre la masse  $m$  à poser sur le plateau pour retrouver la configuration d'équilibre et le champ magnétique  $B$ , à exprimer en fonction de  $a$ ,  $a'$ ,  $L$ ,  $m$  et  $g$  l'intensité de la pesanteur.

Réponse

Moment du poids :

$$\mathcal{M}_z(\vec{P}) = -a'mg$$

Équilibre :

$$\sum \mathcal{M}_z = 0 \Leftrightarrow \boxed{aIBL = a'mg}$$



## II/B Réaliser et valider

### Expérience TP29.1 : Équilibre de la balance

- 1) Alimenter le circuit en faisant attention au sens du courant.
- 2) Placer sur le plateau une masse de 0,1 g.
- 3) Régler le courant pour que l'aiguille de la balance soit au centre.

### Attention TP29.1 : Intensité du courant

**Le fusible de la balance est extrêmement fragile, il est impératif de vérifier l'intensité du courant !**

- 7 Sachant que dans notre cas,  $a' = a$ , en déduire la valeur du champ magnétique créé par l'aimant.

Réponse

On isole  $B$  :

$$\boxed{B = \frac{mg}{IL}} \quad \text{A.N. : } \underline{B = 5 \text{ mT}???$$



- 8 Vérifier la valeur calculée en mesurant directement le champ magnétique grâce à un teslamètre.

Réponse

solu

