

Il faut réaliser une mesure de champ élevé (quelques dixièmes de tesla) et donc utiliser un électroaimant. On peut aussi s'intéresser aux champs variables, et même présenter le principe des moteurs triphasés. Il n'est pas inutile, par ailleurs, de connaître quelques caractéristiques des moteurs à courant continu, comme par exemple l'allure de la carte du champ à l'intérieur.

La mesure se limite trop souvent à l'utilisation d'une sonde Hall. D'autres méthodes existent. Il est important de parler des effets de magnéto-résistance et aussi des machines.

Il est difficile de ne pas s'intéresser à l'électro-aimant ainsi qu'aux champs tournants. Le résultat brut obtenu à l'aide d'une seule mesure $B = 1,5 \times 10^{-2} \text{ T}$ n'a aucun intérêt.

Introduction

Existence de champ magnétique. Expériences avec des aimants, boussoles, aiguilles aimantées. (**attention à éloigner tous les champs parasites**)

I Principe des mesures de champs magnétiques

Il faut déterminer la direction, le sens et la valeur des champs magnétiques étudiés

1) Expérience historique d'Oersted

On fait circuler un courant intense dans un fil électrique et on vérifie qu'une boussole sur pivot s'oriente. Changer le sens du courant électrique. Conclure

2) Utilisation de la balance de Cotton

Intérêt uniquement historique

Attention aux bobines branchées entre elles pour créer le champ B , vérifier qu'elle produise un champ "dans le même sens".

a) Principe de la balance

On fait circuler un courant dans un circuit filiforme que l'on met en présence d'un champ magnétique.

Expliquer le rôle de chaque branche (seule une branche intervient).

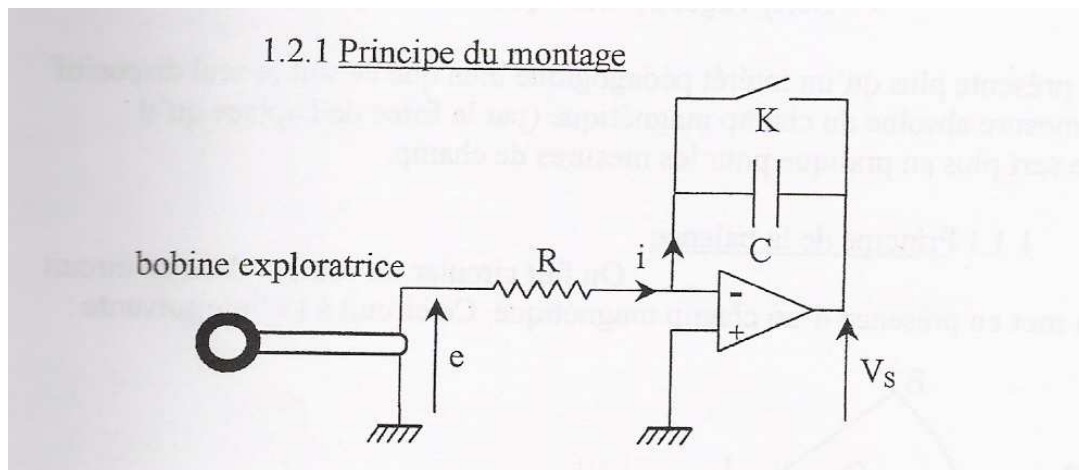
A l'équilibre de la balance on a : $B i l a = m g b$

b) Mesures

Equilibrer la balance sans champ magnétique puis réajuster les masses une fois le champ B appliqué.

La mesure n'est pas très précise.

3) Mesure avec un fluxmètre électronique



a) Principe du montage

L'AO est en régime linéaire et on commence par l'interrupteur fermé: le circuit est suiveur. $V_S = 0$

b) Mesures

On place la bobine dans le champ à mesurer. Puis on ouvre l'interrupteur, on sort la bobine de la zone de champ magnétique. Il apparaît une fem qui est intégrée.

$$V_S = 1/RC * [\Theta(t) - \Theta(0)]$$

Comme $\Theta(t) = 0$ et que $\Theta(0) = NBS$ on en déduit $V_S = - NBS / RC$

Attention pour éviter les problèmes de dérives dues au courant de polarisation de l'AO et au fait que la ddp d'entrée n'est pas tout à fait nulle il faut allumer l'AO longtemps à l'avance et prendre un AO 071 ou 81.

Prendre une capacité $C = 10 \mu F$ et choisir R de telle façon à mesurer une tension de pleine échelle sur le voltmètre.

Ce montage est mieux adapté à la mesure des champs forts et ne permet pas souvent d'éliminer les problèmes de dérive d'offset. Il n'est donc que qualitatif.

4) Sonde à effet Hall

Attention à l'orientation de la sonde

Mesurer le champ créé par les divers aimants dont on dispose..

5) Comparaison

On étudie le champ de deux aimants en U dont un avec une partie en ticonal qui permet d'avoir un champ magnétique homogène.

Mesurer le champ magnétique de chaque aimant en utilisant successivement la balance de Cotton, le fluxmètre et la sonde à effet Hall. (si ces dispositifs fonctionnent correctement).

Conclusion : pour un champ homogène les mesures se recoupent mais pas pour un champ inhomogène car la sonde à effet Hal effectue une mesure locale.

La sonde à effet Hall est largement la plus utilisée.

II Champ magnétique constant créé par une bobine

1) Mesure

Rappel $B(x) = \mu_0 N I / 2 R * 1 / [1 + (x/R)^2]^{1.5} = B_0 * 1 / [1 + (x/R)^2]^{1.5}$

Attention au sens de branchement pour avoir B dirigé dans le sens des $x > 0$

Comparer les résultats théoriques et expérimentaux

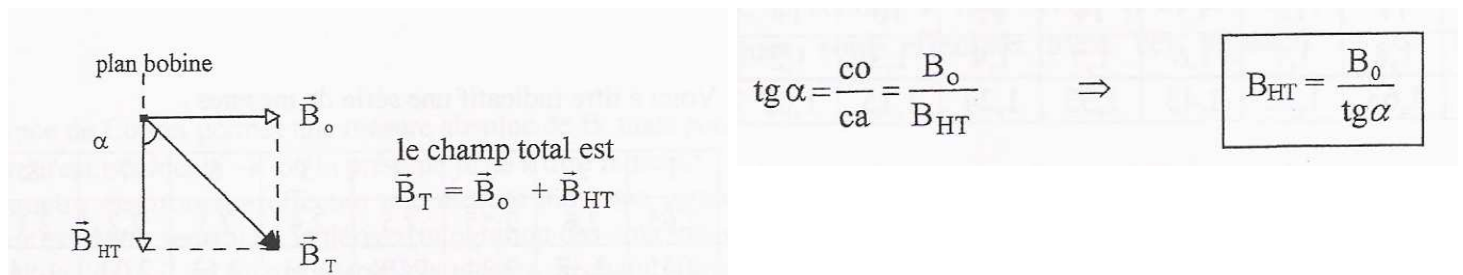
2) Application : mesure de la composante horizontale du champ terrestre

Cf Quarranta IV

Utilisation de la boussole des tangentes

Alimenter la boussole par un courant important en respectant l'intensité maximale supportable.

Au centre de la boussole on aura $B_0 = \mu_0 N I / 2 R$



Calcul d'incertitude :

On procède par la méthode des logarithmes : $\frac{d(B_{HT})}{B_{HT}} = \frac{dB_0}{B_0} - \frac{d(\text{tg } \alpha)}{\text{tg } \alpha}$

Pour l'incertitude sur B_0 , on a : $\boxed{\left(\frac{\Delta B_0}{B_0} \right) = \frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta R}{R}}$

Pour l'incertitude sur la mesure du courant, se reporter à la documentation du multimètre utilisé. L'incertitude sur le rayon des bobines est à évaluer. Signaler qu'on commet aussi une erreur systématique puisque toutes les bobines n'ont pas le même rayon.

On calcule le deuxième terme de la façon suivante :

$$\left. \begin{array}{l} df = f' dx \Rightarrow d(\text{tg } \alpha) = (\text{tg } \alpha)' d\alpha \\ \text{or } (\text{tg } \alpha)' = \frac{1}{\cos^2 \alpha} = 1 + \text{tg}^2 \alpha \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{d(\text{tg } \alpha)}{\text{tg } \alpha} = \frac{1}{\text{tg } \alpha} \frac{d\alpha}{\cos^2 \alpha} = \frac{d\alpha}{\sin \alpha \cos \alpha} = \frac{2d\alpha}{\sin 2\alpha}$$

D'ou finalement : $\boxed{\frac{\Delta B_{HT}}{B_{HT}} = \frac{\Delta B_0}{B_0} + \frac{2\Delta \alpha}{\sin 2\alpha}}$

➤ Avec $I = 1,50 \text{ A}$, $N = 6$ et $R = 0,16 \text{ m}$, on trouve $B_0 = 3,53 \cdot 10^{-5} \text{ T}$

$$\Delta I = 1/100 * 1,50 + 0,01 = 0,025 \text{ A}$$

$$\Delta R = 0,2 \text{ cm} = 0,002 \text{ m}$$

$$\text{On trouve } \Delta B_0 = ((0,025/1,5) + (0,002/0,16)) * 3,53 \cdot 10^{-5} = 0,1 \cdot 10^{-5} \text{ T}$$

$$\Rightarrow B_0 = 3,5 \cdot 10^{-5} \text{ T} \pm 0,1$$

- On a mesuré $2\alpha = 122^\circ \pm 2^\circ$ soit $\alpha = 61^\circ \pm 1^\circ$ (attention à l'incertitude, passer par la formule)

On en déduit $B_{HT} = 1,94 \cdot 10^{-5} \text{ T}$

Et $\Delta B_{HT} = 0,13 \cdot 10^{-5} \text{ T}$

$$\Rightarrow B_{HT} = 1,9 \cdot 10^{-5} \text{ T} \pm 0,1$$

On trouve dans les livres que $B_{HT} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ T}$

III Etude des bobines de Helmholtz

Faire les réglages précis et aboutir aux mesures.

Tracer la courbe $B = f(x)$ pour une distance D supérieure à R , puis pour $D = R$ et enfin $D < R$ et tracer la courbe $B = f(x)$ à chaque fois.

Montrer l'intérêt des bobines de Helmholtz.

IV Champ créé par un électro-aimant

Intérêt: obtenir un champ important dans une région vide de matière.

On utilise deux bobines, une carcasse magnétique avec deux pièces polaires, un ampèremètre et une alimentation continue pouvant fournir jusqu'à 10 A.

Connecter les bobines de telle sorte que les pièces polaires non fixées s'attirent

Fixer **solidement** les pièces polaires en laissant un faible écart (noté e) pour passer la sonde à effet Hall.

On a $B = \mu_0 N I / e$

Vérifier que:

- quantitativement le champ B est proportionnel à I pour une longueur e d'entrefer donné
- qualitativement, le champ B décroît si e augmente pour une intensité I donnée (danger **que tout soit bien fixé**)

Conclusion

Importance des champs magnétiques en physique