

M15 : Production et mesure de champs magnétiques

Rapport du jury :

La mesure de champs de différents ordres de grandeur peut être intéressante. L'utilisation d'un électro-aimant nécessite de savoir justifier le choix des pièces polaires, les non-linéarités champ-courant. Les mesures de champs magnétiques ne sont pas limitées à ceux qui règnent dans l'entrefer d'un électro-aimant. La sonde à effet Hall est souvent le seul instrument de mesure présente dans ce montage. Trop de candidats ignorent son principe de fonctionnement. Les différentes stratégies de production de champ magnétique peuvent être mises en regard des applications éventuelles

NB : électroaimant source assez forte, bien serré entrefer, ne pas éteindre brusquement en pleine charge. Utiliser un ampèremètre (en série) et voltmètre pour savoir les valeurs dans un circuit.

Introduction :

Champ magnétique : grandeur vectorielle caractérisé par le sens, l'intensité, et la direction. On va s'intéresser à l'intensité. Le sens et la direction peuvent être déterminé par une boussole. On va produire et mesurer des champs magnétiques d'ordres de grandeurs différents.

Évoquer quelques ODG.

I - Principe du Teslamètre : Sonde à effet Hall

Poly M18 - et Poly M15-16 - Annexe

→ Avec le gros électroaimant, mettre un semi conducteur dopé p (trous majoritaires) entre les branches afin de mesurer la tension effet Hall qui est directement relié au champ B : principe de la sonde à effet hall.

(En vrai, on peut aussi utiliser un petit électroaimant (voir M18), mais gros électroaimant permet d'illustrer des champs plus forts que précédemment.)

- Pour l'électroaimant, prendre des pièces polaires suffisamment larges pour produire un champ homogène sur le SC, et bien les fixer!!
- On alimente les bobines de l'électroaimant en continu avec grosse alimentation (alimentée à environ 10A).
- On alimente le SC par 15V.
- Utilisation d'un teslamètre pour avoir le champ B dans l'entrefer.

Au tableau : schéma des phénomènes au sein d'un SC .(Cf annexe M15-16)

Réaliser plusieurs mesures de U_{hall} pour différentes valeurs de B (modifier le courant envoyé dans les bobines) → voir que c'est linéaire. La tension de Hall est très faible, il faut utiliser un microvoltmètre (Keithley 2000 allumé depuis au moins 30 min, utiliser des fils courts et éloigné les différentes alimentations, calibre le plus petit et en vitesse de mesure lente : RATE → SLOW).

Attention à l'offset, en effet sans champ B il est possible qu'il y ait tout de même une tension U_{hall} , sûrement du au fait que les connections pour U_{hall} sur le semi conducteur ne soient pas totalement en face et donc pas sur la même équipotentielle (si on suppose les lignes de champs bien parallèle : car lignes de champs perpendiculaire aux équipotentielles) entraînant sur la mesure de U_{hall} un offset. On peut regarder aussi U_{long} (composante longitudinale de la tension) et on peut remonter avec le courant appliqué à R : $U=RI$, résistance du matériau. Il faut donc enlever cet offset pour bien avoir une relation de proportionnalité linéaire.

U_{long} pas uniforme (peut changer selon température)

→ **C'est pour ça qu'on doit toujours régler à 0 le teslamètre**

On peut avec la pente remonter à n (nombre de trous/ m^3). voir poly M15-16 p29
(Pour avoir I : Ampèremètre en série entre SC et alim, et b=épaisseur échantillon $\sim 1mm$)
ici environ 10^{20} trous/ m^3 voir Excel)

Discussion: dans un métal 10^{28} , ce n'est donc pas intéressant d'utiliser des métaux dans une sonde effet hall car U_{hall} inversement proportionnelle à n, donc si n augmente U_{hall} diminue donc difficulté à mesurer U avec un métal, c'est pourquoi on utilise un SC. Ceci s'explique pour un même courant, dans un SC le mouvement des charges est plus rapide que celui d'un métal.

Capteur hall: il faut source de courant et mesurer la tension (et l'amplifie : directement introduit dans le capteur) → ils peuvent avoir des dérives, expliquant aussi l'offset. La température peut aussi influencer : germanium (gap assez faible) → affecte la mobilité.

II - Mesure du champ terrestre

1) Champ magnétique créé par une bobine

Quaranta IV - l'électricité - page 268

Poly II.1

- Utilisation d'un Teslamètre U331101 (sonde à effet Hall) et dispositif Jeulin (2 bobines : on utilise une seule bobine ici).
- Alimenter une seule bobine avec une intensité d'environ 5A (source générateur de courant) avec tension à fond. Teslamètre non branché au montage (Ne pas le brancher aux bobines) !
- On règle le zéro du teslamètre avec le calibre une fois le courant appliqué. Attention, la sonde doit être placée loin de toute source magnétique et d'élément ferromagnétique.
- On déplace la bobine en relevant les positions selon x et le champ magnétique.
- Tracé de B selon x. (la partie de la courbe pour $x < 0$ est obtenue par symétrie.)

→ Parler incertitudes (placement sonde, incertitude sur lecture de x, incertitude teslamètre)

→ On réalise un modèle sur Regressi et on montre que les mesures et la courbe théorique correspond. Donc l'étude du champ créé par une bobine = bon moyen pour vérifier l'étalonnage d'une sonde à effet Hall. (par contre c'est limité au champs faibles).

2) Mesure de la composante horizontale du champ terrestre.

Quaranta IV - l'électricité - page 266

Pour le montage : Voir poly II.2

On utilise l'étude précédente car cette partie concerne la mesure d'un champ très faible en produisant un champ magnétique du même ordre de grandeur.

- Bien s'éloigner de toutes sources magnétiques et éléments ferromagnétiques.
- En l'absence de courant, on aligne l'aiguille de la boussole avec les bobines (aiguille parallèle au plan de la bobine)
- On applique un courant (inférieur à 2A!!!) et on relève l'angle de déviation par rapport au plan de la bobine.
- On met la tension à 0 (sans changer I) et on permute le sens de branchement des fils avec l'inverseur → Obtention de 2α (+ de précisions).

On peut mesurer le champ B (haute tension) en ayant déduit B_0 , champ produit.

-Comparer à la valeur via <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/igrf/point/index.html>

Mesure des incertitudes. voir poly p.5

Incertitude sur I donné par datasheet du multimètre utilisé.

Incertitude sur rayon à évaluer + erreur systématique sur bobines puisque toutes les bobines n'ont pas le même rayon et ne sont pas au même endroit (Cf notice des bobines Jeulin).

Discussion sources d'erreur :

- plateau en verre pour éviter mouvement de l'air
- carcasse métallique autour du montage
- lecture de α

-frottement sec (il peut y avoir un angle d'arrêt : cas d'un pendule) et frottement fluide.

→ le fait que l'aiguille oscille est plutôt bon signe sur la mesure. (Boussole marine dans un fluide pour supprimer le frottement sec : uniquement frottement fluide et ca n'a pas d'angle d'arrêt.)

III- Champ créé par un électroaimant

Quaranta III - L'électronique - p159

Montage : électro aimant à l'aide d'une carcasse de transformateur, 2 bobines branchées en série (500 spires) (branchements vers côtés extérieurs)

- Montrer au jury qu'on a utilisé une cale pour le parallélisme des aimants et pour l'entrefer.
- Vérifier sens du courant et direction champ magnétique (voir [1], règle du tir bouchon) (on peut aussi vérifier le sens avec une plaque à ligne de champs).
- Fluxmètre numérique car électronique trop de dérive, montage fluxmètre numérique (bobine reliée à latis pro) → Cf poly I.2.1
- On peut diminuer l'entrefer, si les champs sont pas assez forts

(préférable d'utiliser une sonde de petit diamètre pour que toutes les bobines reçoivent la variation de flux)

- Refaire manip pour plusieurs valeurs de I (prendre un multimètre allant jusqu'à 20A et équipé d'un fusible de sécurité).

Dans Latis Pro :

- fréquence d'échantillonnage assez élevée pour décrire au mieux la f.e.m induite : 3 sec , environ 10 000 points
- Rentrer dans feuille de calcul : $B = \text{Integ}(EA0)/NS$ (NS est indiqué directement sur la sonde)

Remarque : offset : on n'est pas pile à 0 avant d'avoir le pic donc l'intégration nous donne un palier non constant.

-Attention, on doit justifier qu'on puisse utiliser un fluxmètre c'est à dire qu'on puisse intégrer sur une surface en vérifiant que le champ ne varie pas trop dans l'entrefer.

Fluxmètre = méthode économique + pratique, permet de mesurer des champs + forts à moindre coût (très utilisé dans les établissements scolaire).

→ Loi vérifiée pour courant faible : la linéarité initiale est due au fait que μ_r est grand quand I est faible (Cf courbe de première aimantation partie ferro) donc l'hypothèse $e \gg I/\mu_r$ est vérifiée, ce qui n'est pas le cas après.

On relève coeff directeur de la 1ère partie de la courbe. On en déduit le nombre de spires N .

Discussion des résultats : Vue les nombreuses approximations faites lors du calculs théorique (On a supposé un flux constant, on a négligé les pertes de flux et on a supposé $H // dl$ et $B // S$ ce qui est discutable), la valeur expérimentale est logiquement un peu plus faible.

Conclusion:

Il existe de nombreux moyens pour générer des champs magnétiques, pour les mettre en évidence et pour mesurer leur intensité. Du plus faible des champs magnétique comme le champs magnétique terrestre au plus fort comme les champs créés par des bobines supraconductrices en passant par les champs moyennement intenses comme ceux générés par des aimants permanents, les champs magnétiques sont des objets d'étude d'intérêt. Nous utilisons actuellement des champs B assez intenses de façon à pouvoir convertir l'énergie électrique en énergie mécanique (moteur asynchrone). Autres applications : disques dur

Questions :

- En quoi peut-on appliquer le fluxmètre au tracé du cycle d'hystérésis?
- Les origines de la différence de tension Hall selon la face du teslamètre?
- Ordres de grandeurs des champs magnétiques :

https://fr.wikipedia.org/wiki/Intensit%C3%A9_de_champ_magn%C3%A9tique#Ordre_de_grandeurs_d'intensit%C3%A9_de_champs_magn%C3%A9tiques

-L'influence des pièces polaire : Aux extrémités du circuit magnétique, de part et d'autre de l'entrefer, se trouvent les pièces polaires. Elles ont pour but soit de conférer au champ une certaine morphologie dans le volume utile de l'entrefer, soit de renforcer son intensité ou son

homogénéité. Plus la section est faible, plus le champ est important. Mais plus elles sont larges, plus le champ est homogène. Savoir justifier leurs choix (large, fine...).

-Pourquoi on utilise un semi-cond par rapport à un métal ? dans un métal 10^{28} , ce n'est donc pas intéressant d'utiliser des métaux dans une sonde effet hall car U_{hall} inversement proportionnelle à n , donc si n augmente U_{hall} diminue donc difficulté à mesurer U avec un métal, c'est pourquoi on utilise un SC.