

MP15 PRODUCTION ET MESURE DE CHAMPS MAGNÉTIQUES

2 mai 2018

Le jour J, une telle erreur est éliminatoire...
S.J.

Boquet Thomas & Lalieu Jonathan

Commentaire du jury

2017 : 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.

2015 : La sonde à effet Hall est souvent le seul instrument de mesure présenté dans ce montage. D'autre part, les mesures de champs magnétiques ne sont pas limitées à ceux qui règnent dans l'entrefer d'un électroaimant.

Bibliographie

- *Dictionnaire de physique expérimentale IV, Quaranta* → Magnétostatique, électroaimant, effet Hall, fluxmètre...y a tout.
- *Le poly de TP d'EM* → Moins détaillé (donc plus à l'essentiel), tout y est aussi. Absent le jour de l'oral.

Expériences

- ☛ Champ uniforme sur l'axe des bobines de Helmotz
- ☛ Caractéristiques (intensité, écartement) de l'électroaimant
- ☛ Sonde à effet Hall
- ☛ Fluxmètre

Table des matières

| | | |
|----------|--------------------------------|----------|
| 1 | Production d'un champ | 2 |
| 1.1 | Bobines de Helmotz | 2 |
| 1.2 | Électroaimant | 2 |
| 2 | Mesure de champ | 3 |
| 2.1 | Capteur à effet Hall | 3 |
| 2.2 | Fluxmètre | 3 |
| 3 | Conclusion | 4 |

Introduction

Les champs magnétiques sont essentiels dans de très nombreuses applications techniques : les moteurs, les capteurs, les boussoles,... Il faut donc savoir maîtriser leur production et construire des capteurs adaptés.

1 Production d'un champ

1.1 Bobines de Helmotz

On prend le même parti pris que l'année dernière (c'est très honnêtement presque le même montage, puisque nous le trouvons très complet) : les expériences introductives présentées les autres années ne mettent pas en jeu des compétences expérimentales très intéressantes, il y a déjà bien assez à faire sur ce montage, et on rentre directement dans le vif du sujet.

Pour une seule bobine de rayon R , on a sur l'axe d'une bobine la formule :

$$B(x) = \mu_0 \frac{NI}{2R} \frac{1}{\left(1 + \left(\frac{x}{R}\right)^2\right)^{\frac{3}{2}}}$$

On mesure ici le champ sur l'axe de bobines de Helmotz, donc deux bobines alimentées par le même courant et écartées de R qui est aussi leur rayon.



Bobines de Helmotz

⚡ Quaranta IV (magnétostatique)

⌚ 10 min

On vérifie qu'entre les bobines le champ est plutôt constant en utilisant une sonde à effet Hall (appelée "teslamètre" pour l'instant, on reste volontairement flou pour revenir dessus plus tard).

$$B(x) = \frac{8}{5\sqrt{5}} \frac{\mu_0 NI}{R}$$

En sortant d'entre les deux bobines, on retrouve environ le profil pour une seule bobine. En faisant varier I , on peut retrouver le nombre de spire des bobines, ou bien retrouver μ_0 .

(On pourrait vouloir les brancher en anti-Helmoltz et ainsi vérifier :

$$B(x) = \frac{48}{25\sqrt{5}} \frac{\mu_0 NI}{R^2} x$$

mais ça n'apporte rien de plus)

1.2 Électroaimant

Pour avoir des champs plus puissants on utilise un électro-aimant. De la collection.



Étalonnage de l'électroaimant

⚡ Quaranta IV (électroaimant)

⌚ 10 min

Sur le principe on a la même chose, il est acceptable de dire que dans l'entre-fer on a un champ constant qui vaut :

$$B = \frac{\mu_0 NI}{e} \frac{1}{1 + \frac{l}{e\mu_r}}$$

Avec e l'entre-fer, et l la longueur moyenne du matériau constituant l'électroaimant et μ_r la perméabilité magnétique

relative. Celle-ci étant de l'ordre de 10^3 , 10^4 , il est raisonnable de vouloir vérifier la loi :

$$B = \frac{\mu_0 NI}{e}$$

en faisant varier I et/ou e et en faisant une régression linéaire. Le résultat est en réalité affine pour I : aimantation rémanente à courant nul, difficile de s'en débarrasser mais on peut le mesurer pour confirmer. Pour e par contre, c'est plus compliqué puisque l'approximation ne tient simplement plus. On remonte au nombre de spires.

2 Mesure de champ

2.1 Capteur à effet Hall



Capteur à effet Hall

⚡ Quaranta IV (conduction)

⊖ 10 min

Le teslamètre, en fait c'est une sonde à effet Hall. Une ddp se crée entre les faces d'un conducteur dans un champ mag parcourue pas un courant, perpendiculairement au plan défini par ces deux derniers. Dans l'idée, pas grand chose à faire. On reprend la courbe B(I) de l'électroaimant, on s'en sert comme courbe d'étalonnage avec la sonde à effet Hall de la collection qu'on a juste à assembler.

Il peut y avoir des différences suivant la face présentée au champ, à cause des soudures, donc idéalement on devrait retourner la sonde pour chaque mesure. Sauf que pour l'étalonnage, ça impliquerait de ne pas avoir toujours le même angle à chaque fois qu'on retourne, et ça fausse tout. Donc au choix : on fait toutes les mesures d'un côté, PUIS on retourne et on essaie de revenir "proche" des premières valeurs de courant quand on redescend en disant que l'aimantation rémanente c'est rien (c'est pas propre sérieux), ou alors on montre pour une mesure que les soudures sont vraiment bien faites des deux côtés et qu'on peut se permettre de le faire avec un seul côté.

On peut remonter à la densité de porteur de charge : $p = \frac{I}{neb}$, n est de l'ordre de 10^{21} .

C'est un peu dommage, cette sonde représente uniquement une mesure indirecte : c'est le seul moyen que l'on a de mesurer la densité de porteurs de charge, dont dépend la réponse. Elle doit donc être étalonnée avec un autre capteur. On peut avoir une mesure directe avec le fluxmètre

2.2 Fluxmètre



fluxmètre

⚡ Quaranta IV (fluxmètre)

⊖ 10 min

La variation de flux magnétique à travers une spire crée une ddp. En intégrant, on retrouve donc B. On installe donc un montage intégrateur (on va devoir se passer du pseudo-intégrateur bien pratique, puisqu'on ne contrôle pas la fréquence) aux bornes des spires de mesure. On peut étalonner le fluxmètre avec un champ déjà connu théoriquement (bobines de Helmotz).

$$U = \frac{BNS}{RC}$$

Avec U la sortie de l'intégrateur, N le nombre de spires, S la surface efficace d'une spire, R et C la résistance et la capacité de l'intégrateur.

C'est une mesure moyenne de champ sur une surface.

3 Conclusion

On a présenté par différents moyens la création d'un champ magnétique à partir d'un courant électrique, en discutant de champ constant, de champ fort, puis leur mesure de deux façons : fluxmètre ou effet Hall, qui présentent différentes caractéristiques (mesure directe ou indirecte, locale ou moyennée).

Le reste de la page est vide. Tant mieux.