

MP 15 – Production et mesure de champs magnétiques

31 mai 2021

Clément Gidel & Pascal Wang

Niveau :

Commentaires du jury

Bibliographie

⚡ *Le nom du livre, l'auteur*¹

→ Expliciter si besoin l'intérêt du livre dans la leçon et pour quelles parties il est utile.

Prérequis

➤ prérequis

Expériences

☞ Biréfringence du quartz

Table des matières

Introduction

Introduction : Champ magnétique : champ vectoriel en Tesla.

Conclusion

Ouverture :

Compléments/Questions

Passage

Plan

Questions

- Ordres de grandeurs de champs magnétiques usuels ? Néodyme 1T, champ magnétique terrestre $5 \cdot 10^{-5}$ T, IRM 1-5 T, RMN jusqu'à 20 T.
- Intérêt d'un ferromagnétique dans un électroaimant ? Il canalise les lignes de champ.
- Comment faire pour optimiser l'intensité du champ de l'électroaimant ? Pièces tronconiques, réduire l'espacement.
- Pourquoi un aimant permanent produit un champ magnétique ? L'interaction d'échange favorise un alignement des spins ce qui crée une aimantation non nulle à excitation magnétique nulle.
- Tracer les lignes de champ des bobines de Helmholtz, anti-Helmholtz.
- La perméabilité du vide c'est théorique ou tabulé ? Tabulé. ,
- Pourquoi il y a des problèmes d'offset ? Le montage pseudo-intégrateur peut intégrer un offset. Comment améliorer le pseudo-intégrateur pour corriger ? Mettre une résistance en parallèle de la capacité pour faire un passe haut d'ordre 1.
- La surface donnée par le constructeur est la vraie surface ? Non, surface effective.
- Thermocouples, expliquer ? Effet Seebeck. Gradient de potentiel lié à gradient de T. Les différents types ?
- C'est quoi le module Peltier ?
- Pourquoi calorifuger la barre métallique ? Négliger la convection.
- Conditions de validité de l'équation de la chaleur ? Faibles inhomogénéité de température pour que la loi de Fourier soit valide. Sinon non linéarités. La conductivité ne dépend pas de la température.
- Comment estimer le coefficient de Newton de transfert conductoconvectif ?
- D'où vient la loi de Wiedemann-Franz ? Modèle de Drude + théorie cinétique des gaz.
- Mode high Z des générateurs ?
- Est-ce que les métaux sont les meilleurs conducteurs thermique ? Le diamant est meilleur conducteur thermique. C'est un exemple de mauvais conducteur électrique mais bon conducteur thermique.
- Comment mesurer la fréquence de vibration de la poutre sans accéléromètre, de façon non intrusive ? Avec un enregistrement sonore et TF.

Plan :

On fait une intro avec un aimant et des aiguilles qui indique les lignes de champs. I) Production de champ magnétique. A) Bobine plate. On a le champ pour une bobine plate suivant l'axe $\vec{B} = \frac{\mu_0 N I}{2R} (1 + \frac{x^2}{R^2})^{-\frac{3}{2}} \vec{e}_x$ avec $N = 95$, $I = 5.000A$, $R = 6.5cm$, et on mesure par régression le coefficient $a = \frac{\mu_0 N I}{2R} = 4.01 \times 10^{-3}$, $\Delta a = 0.05 \cdot 10^{-3}$ d'où $\mu_0 = \frac{2R}{N I} a$ et $\Delta \mu_0 = \mu_0 \exp\left\{\frac{\Delta a}{a}\right\} = 2.1 \times 10^{-8}$ soit $\mu_0 = 1.2566 \cdot 10^{-6} SI$. On utilise pour cela le dispositif ou le teslamètre est sur l'axe des bobines plates. B) Electroaimant. On se place à épaisseur constante avec les embout plat pour un champ uniforme dans l'entrefer. On mesure au teslamètre avec la sonde qu'on retourne de 180° pour avoir une valeur de B moyenne. On fait donc la calibration du champ B en fonction du courant I pour une valeur fixe d'entrefer. On commente le régime linéaire et la saturation sur le graph $B = f(I)$.

II) Mesure de champ magnétique. A) Fluxmètre. On a donc pour la bobine du fluxmètre $\phi = \iint \vec{B} \cdot d\vec{S}$. et $\Delta \phi = NBS$ avec $e = -\frac{d\phi}{dt}$ on a donc $B = \frac{1}{NS} \int_0^T edt$. Après une intégration électronique on a $U = \frac{BNS}{RC}$. Avec $NS = 400cm^2$, $R = 10^5 \Omega$, $C = 1\mu F \pm 5\%$. On fait donc la mesure au teslamètre et au fluxmètre. On compare les deux valeurs faites avec les deux méthodes. On décrit l'effet Hall pour la mesure au teslamètre. Il est en pratique assez dur d'isoler le champ magnétique que l'on souhaite mesurer, il y a le champ magnétique terrestre par exemple à $10^{-5}T$

commentaires/remarques :

- Discussion de l'hystérésis, faire les mesures en I croissant ?
- On aurait pu faire une mesure de μ_r quantitative dans la partie de l'électroaimant.
- L'avantage du fluxmètre c'est qu'on a pas besoin d'alimentation. Le galvanomètre était utilisé avant l'apparition des intégrateurs électroniques, on mesurait des charges.
- Bien revoir le problème que l'on a si on ne retourne pas à 180° la sonde du teslamètre, si on a des soudures mal positionnées on peut capter une tension parasite, cf fascicule de TP pour explications.
- Intérêt de faire une sonde teslamètre en métal vu que la tension est plus faible ? Inconnu.
- On peut faire aussi Helmholtz / anti-Helm, on peut faire l'entrefer, le diagramme d'aimantation.
-

questions :

- Monsieur Barros nous allons vous douiller : voici un pendule pesant, pouvez vous nous donner la constante de gravitation terrestre avec cet appareil ? Merci. On se rappelle de la pulsation propre d'un pendule en $\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$ Attention si on a un fil ou une barre, il y a un facteur deux dans la longueur de l à prendre pour la distance au centre de masse.
- Votre incertitude sur a provient de quoi ? De la méthode des moindres carrés.
- Pour l'incertitude de μ_0 quel hypothèse avez-vous fait pour propager l'incertitude ? Il faut faire attention au nombre de chiffres significatifs à prendre en compte. Petite subtilité : on a négligé l'incertitude sur R qui est aussi de l'ordre de 1% donc on aurait dû la prendre en compte car c'est du même O.D.G que l'incertitude donnée sur a à la fin.
- Vous avez parlé d'incertitude et de fluctuation au teslamètre, quelles sont les origines de ces fluctuations ? Si le point n'est pas sur la courbe, cela peut être dû à une erreur de zéro à la calibration.
-
- Est ce que les câbles peuvent jouer sur la mesure du champ B ? Oui, si il sont non blindés il rayonne suivant le théorème d'ampère appliqué à un fil.
- Comment vous feriez alors pour mesurer le champ magnétique terrestre ? On fait une compétition entre le champ terrestre et un champ créé artificiellement, on compense le champ terrestre par le champ artificielle pour le teslamètre bien positionné, c'est la méthode des boussoles tangente ?
- C'est quoi la configuration de Helmholtz ? Comment on fait pour se mettre dans cette configuration ?
- Quel est l'origine de la saturation dans l'électroaimant ?
- Sur les matériaux de l'électroaimant cela doit être du fer doux, pourquoi ? Pour éviter l'aimantation rémanente et autres phénomènes d'hystérésis.

- 🚫 Quand on coupe l'électro aimant, si on a du fer dur pour tuer l'aimantation permanente il faut faire pleins de cycle en diminuant à l'infini et à mesure l'amplitude pour faire tendre le champ coercitif vers 0.
- Bobine supra pour production ? Intensité peut être importante car la résistivité est faible !
- Comment vous feriez pour supprimer l'aimantation rémanente ? Il faudrait parcourir des cycles d'hysteresis en diminuant à chaque fois la valeur de courant donc de l'amplitude de B , pour désaligner les moments magnétiques.
- Sur la partie des aimants permanents, est-ce que c'est du fer qui est utilisé dans les aimants permanents qu'on utilise quotidiennement ? ON peut prendre du fer, mais aussi du néodyme fer-bore.
- Sur l'électroaimant vous avez simplement fait une calibration, mais quelle mesure on pourrait faire ressortir de cette expérience ? On pourrait à B fixe faire varier e et remonter au μ_r .
- Quel est l'unité de μ_r et des valeurs caractéristiques ?
- Le fluxmètre, incertitudes liées à sa taille finie ? Pourquoi on le fait pas plus petit ? Grande incertitude sur S (donc S grand) mais grande valeur de B si S petit.
-