

MP 20 – Induction, auto-induction

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

Plan : Clément

Intro : J'aime bien l'idée d'une manip qualitative pour introduire le sujet. L'exemple de la bobine + aimant avec oscillo (cf Corentin). Cela permet de montrer la différence entre Neumann et Lorentz.

I) Loi de Faraday. J'ai bien envie de garder cette manip avec la variation de flux via l'angle. Manip qui marche bien avec le bon dispositif P 77.4. On peut faire la chute de l'aimant comme illustration sympa si on a le temps.

On peut utiliser P93.10 comme Barros mais le mieux est le truc déjà monté P77.4 avec la mesure d'angle. **Pour l'ampli P.47.10 les réglages sont fils - de gauche et + de droite. On met une ampli telle qu'on a une signal pas trop déformé, dans notre cas 6V. Tous les petits boutons à gauche sauf le +10V. .**

De plus, on ne trouve pas un déphasage de quadrature mais pus faible! Meilleur accord à 10 Hz, fréquence faible, compromis à trouver !. Aux erreurs près(à discuter, cf Pauline) ça marche bien!

II) Mesure d'inductance propre. RLC classique c'est bien!

III) Mesure d'inductance mutuelle. **En pratique, on va faire le pont de Maxwell : (Quaranta IV p59) 🚫 Ne pas oublier le transfo d'isolement, même si le GBF est censé être à masse flottante, ça marche pas en pratique si on met pas le transfo.** On peut faire une modélisation de la mutuelle en fonction de l'inverse de la distance au cube ou bien en log log! Une fois qu'on a réglé a résistance, celle ci ne devrait pas varier en fonction de la mutuelle on peut la laisser!

Conclusion

Ouverture :

Compléments/Questions

Passage

Plan

Introduction Induction et auto-induction, c'est l'apparition d'une force électromotrice dans un circuit traversé par un flux magnétique variable.

0/ Illustration qualitative de l'induction et de la loi de Lenz. On allume des LED avec des une bobine et un aimant permanent. On montre les deux types d'induction, qui sont en réalité équivalents. Quaranta IV p.274, poly 2016/2017

I/ Vérification de la loi de Faraday. Les bobines de Helmholtz créent un champ approximativement constant.

Affinage de la mesure avec l'angle opposé.

II/ Bobines a) Inductance propre. RLC série, mesure de la fréquence de résonance, méthode de Lissajous (XY). Super précis. Relation entre les paramètres de la bobine et M? b) inductance mutuelle. Triangle vers créneau. Mesure des amplitudes.

III/ Application : freinage par courant de Foucault. Freinage pour des charges lourdes : trains et camions. Avantage : pas d'usure.

Ouverture : chauffage par induction.

Questions

- Autre méthode que celle de Lisajous pour mesurer la fréquence de résonance? Avec un diagramme de Bode.
- Qu'est-ce que la configuration Anti-Helmholtz?
- Comment on mesure la surface de la bobine? En fait c'est une surface effective, donnée par le constructeur.
- Quel est le principe d'une DEL? Peux-tu tracer la caractéristique? Pourquoi placer les DEL en inversé?
- Loi de modération dans un autre domaine que l'électromagnétisme? La loi de le Chatelier en chimie.
- Domaine de validité de la configuration de Helmholtz? Sur une distance inférieure au rayon des bobines.
- Les valeurs des composants changent-elles avec la fréquence? Lesquelles? Pourquoi? (résistance de la bobine, principalement : effet de peau, pertes par effet Joules -> R augmente quand la fréquence augmente)

- Comment ça marche, un RLC-mètre? Qu'est-ce qu'il est important de régler? Le RLC mètre envoie un signal périodique à une fréquence déterminée et mesure la phase et l'amplitude d'un signal pour en déduire la norme de Z et sa phase. Attention, le RLC-mètre fait ses mesures à une fréquence donnée, qu'il faut choisir avec soin et savoir justifier.
- Relation entre les paramètres de la bobine et l'inductance mutuelle M ?

Questions sur le montage de Martin

- Est ce que le coefficient de proportionnalité dans $B = Ki$ (k donné par le constructeur) se retrouve? Oui il suffit de connaître le champ créé par les bobines.
- Le calcul des bobines de Helmholtz est fait dans le cas statique. Ici, on est dans le régime alternatif, il faut pouvoir se placer dans l'ARQS magnétique.
- Incertitudes sur le premier montage avec les bobines de Helmholtz? Parallélisme des bobines.
- Comment a été fait le choix nombre de tours sur la bobine dans la mesure de l'inductance propre? On fait un compromis entre un facteur de qualité élevé (L grand) mais on veut peu de pertes (peu de tours).
- Montage résonant où le facteur de qualité est proportionnel à R ?
- Une bobine c'est une inductance? En première approximation oui mais une bobine a toujours une résistance et à haute fréquence et il y a un comportement capacitif (lié au fait que les fils sont séparés par des isolants, capacité entre deux fils). Modèle : résistance en série et capacité en parallèle.
- Montage de l'inductance mutuelle : pourquoi le créneau on voit des oscillations d'un régime pseudo-périodique?
- D'où vient la formule de la vitesse dans les freinages par courants de Foucault : expliquer la dépendance en R^4 . Analogie? Bille qui tombe dans un fluide visqueux.
- Comment être sûr que le régime permanent est atteint dans le tube? On translate le tube et si on obtient les mêmes temps, le régime transitoire sont atteints.
- Expliquer la différence d'amplitude des pics du fluxmètre : l'aimant ne tombe pas droit et donc le flux change selon son orientation.
- On peut freiner un camion juste par courants de Foucault? Non, comme les frottements diminuent avec la vitesse, il faut finir le freinage avec des freins mécaniques.
- Autre couplage que le couplage inductif? Couplage capacitif, capacité commue aux deux circuits.
- Etre au point sur : champ magnétique créé par une bobine, bobines (anti)-Helmholtz, inductance mutuelle.

Commentaires

- Mentionner plus l'auto induction, et peut être trouver une manip d'application à l'auto induction.
- Les bobines en inductance mutuelles, dire que c'est en transfo, et mentionner les applications.
- Freinage par courants de Foucault : savoir bien tout derriere. D'autres d'applications plus facile peut etre. Par exemple le hacheur survolteur.

Passage : Pauline

Plan :

Petites def, induction de Lorentz et Neumann. Expérience introductive. 1) Loi de Faraday. On alimente deux bobines en configuration Helmholtz, une résistance dans le circuit, on mesure $I(t)$ et $U(t)$ la tension dans une bobine où le champ magnétique est présent. L'idée est qu'on peut faire varier le flux avec un angle θ , qui change l'orientation de la bobine induite. On veut vérifier $|U_n| = \alpha \cos(\theta)$. On vérifie que l'intensité et la force électromotrice induite sont en quadrature (mode XY, ellipse, c'est pas trivial, il faudrait voir un cercle non?). Incertitude de 0.5 degrés sur la mesure, on trace la droite, ça marche plutôt OK. On trouve une pente de $1.23 \pm 0.04V$, ce qui est plus important que la pente théorique de ??.

2) Mesure d'une auto-inductance L par résonance d'un circuit RLC. La fonction de transfert classique est un passe bande de fréquence $f_0 = 2\pi/\sqrt{LC}$, on trouve la fréquence de résonance pour remonter à L (mode Lissajou bien précis). On trouve $2.68 \pm 0.02mH$ à comparer à $2.68 \pm 0.06mH$, c'est pas mal du tout.

3) Mesure d'un coefficient d'inductance mutuelle.

L'idée est qu'on couple 2 bobines, on mesure la tension dans la bobine couplée et l'intensité dans la première bobine. On envoie un signal triangle en entrée. On devrait avoir un signal $Y_2 = -M di/dt$, donc la mesure de i sur Y_1 donne directement accès à M . On mesure de manière intermédiaire la relation $e = 2M/RU_1 f$. On trouve $M = 6,07 \pm 0,06$ c'est bien dans les barres.

commentaire/remarques :

- Incertitude sur l'oscilloscope ?
- Calcul des pertes (fers/hystérésis ?) en calculant la surface de l'ellipse ?
- Pourquoi on mesure la valeur au RLC-mètre ? Il existe des méthodes plus précises.
- On ne connaît pas la résistance de l'induit, mais on peut la négliger.

questions :

- Qu'est ce qui dans ta manip, met en évidence la différence entre Neumann et Lorentz ? Le changement de référentiel. Penser au changement de signe en renversant l'aimant
- Sur la loi de Faraday, configuration Helmholtz c'est quoi ? C'est une configuration où les bobines sont espacées de au moins leur rayon, en fait c'est peut-être pas uniforme strict mais ce qui compte c'est que ça le soit approximativement, on peut éventuellement faire l'étalonnage.
- Précaution à faire toujours en I croissant pour étalonner un électro-aimant, vrai ici ? Non car pas d'hystérésis, car pas de système magnétique.
- C'est une bonne idée de faire varier l'angle, le courant c'est classique.
- Préciser que la résistance de l'induit est faible (4Ω), comme ça la contribution à la tension de Ri et $L di/dt$ est négligeable.
- 🚫 Quand on écrit $u = d\Phi/dt$ c'est déjà une écriture d'inductance mutuelle.
- Au début tu as joué sur l'amplitude délivré par le GBF, tu es joué sur quel autre paramètre pour illustrer la loi de Faraday ? On peut jouer sur le gain de l'AO, ou sur la fréquence.
- Est-ce que l'alignement de la bobine sur l'axe peut expliquer le fait que les données ne sont pas en accord avec le modèle ? En pratique cela shift juste les données.
- Comment expliquer l'écart à la première mesure ? Diamètre moyen, et surface pas linéaire en diamètre, on a un écart de 14%, ça pourrait venir de là, et aussi du calibrage courant champ magnétique. On a aussi une incertitude sur le fait que les bobines ont une épaisseur non négligeable devant la distance qui les sépare.
- On peut aussi utiliser une sonde pour mesurer un champ magnétique, comme ici on utilise explicitement un champ magnétique.
- Comment mesurer l'incertitude sur l'oscillo ? On prend l'incertitude constructeur sur la mesure de tension.
- Quel type de résonance on regarde sur le circuit RLC ? On regarde aux bornes de R , donc résonance de courant.
- Quand on recherche une résonance par annulation du déphasage, c'est bien d'écrire une formule avec l'argument de la fonction de transfert.
- Pourquoi l'ellipse devient une droite quand on est à la résonance ? Le déphasage ne varie pas en fonction du temps, les deux composantes sont proportionnelles donc c'est une droite.
- 🚫 Il faut compter dans l'ajustement le point qu'on vient de réaliser. Peu importe qu'il soit en couleur.
- 🚫 Si on a une loi linéaire, toujours prendre une relation affine, en général on aura toujours une certaine erreur, prendre une modélisation linéaire c'est imposer l'ordonnée à l'origine, c'est pas incroyable.
- Comment marche un RLC mètre ? Il envoie une sinusoïde de courant que t'envoie dedans aux bornes de la capa et on regarde la tension aux bornes. L'idée c'est que c'est un ohmmètre en alternatif. L'impédance aux bornes est complexe mais connue. Attention à haute fréquence, la capacité des fils devient non négligeable.

- Comment augmenter l'inductance mutuelle? On met un noyau de fer par exemple, pour augmenter le champ. Démo avec bilan d'énergie, on tombe sur un polynôme de second degré à racine positif. cf cours de PSI.
- Quel est le signe de la mutuelle inductance n'est pas fixé à priori, et dépend du sens de la mesure de la tension. Mais la valeur est fixé par sa géométrie.
- Important : Manip 1 et 3 identiques mais exploitation différentes! Dans le premier cas, on fait varier
- 🚫 Askip si on maximise le signal sur l'écran, on a 2% sur l'affichage, on a une incertitude sur l'offset. En pratique, on regarde quand le signal bave et on prend l'écart entre les deux mesures extrêmes.
- Manip surprise : Mesurer le facteur de qualité d'un diapason. On emet une onde acoustique à une certaine fréquence donnée. L'idée est de compter le nombre de pseudo périodes (égal au facteur de qualité) lors de l'acquisition du son.