

1 LP10 Induction électromagnétique (Martin)

Bibliographie :

- Perez
- Dunod
- Cours Jérémie
- BFR

Niveau : L3

Pré-requis :

- Electrocinétique ;
- Magnétostatique ;
- Forces de Laplace ;
- Equations de Maxwell ;
- Potentiels ;

1.1 Introduction

Qu'est ce que l'induction ?

EXP : aimant vers une bobine : apparition d'un courant. C'est l'induction à partir d'un champ B on obtient des courant

Diapo : exp de Faraday. Il pensait que le courant été créé par un champ mag. mais c'est en allumant la bobine : variation du champ B Manip : apparition de courant quand l'aimant se déplace dans la bobine. Pas de i quand B est statique

1.2 Les lois de l'induction

1.2.1 La loi de Faraday 2'30

On se place dans l'ARQS, contour ABCD, chamb B et on donne une vitesse v au circuit. On calcule la force de Lorentz (équation), on en déduit la force électromotrice en multipliant par dl (énergie pot) et en divisant par la charge. On intègre sur tout le circuit. On utilise les potentiels scalaire et vecteur pour réécrire E . Le terme en *grad* est nul car contour fermé. Avec le thm de Stokes Ampère, on transforme $dA/dt...$

$$e = \iint \frac{\partial B}{\partial t} dS + \int (v \times B) dl \quad (1)$$

On obtient :

- Neumann (temporel)
- Lorentz (vitesse)

On écrit la loi de Faraday dans le cas d'un circuit indéformable. On obtient la formule avec la dérivée totale du flux :

$$e = \frac{D\Phi}{Dt} \quad (2)$$

Le signe moins traduit la loi de Lenz

1.2.2 Loi de Lenz 10'

Les effets de l'induction s'opposent à la cause qui les a produit. On peut intuitivement les effets de l'induction à partir de cette loi.

Exp : chute d'un aimant dans un tube plexiglas puis cuivre. Explication avec la loi de Lenz

1.3 Induction de Neumann (B variable) 12'

1.3.1 Auto-induction

Schéma d'une bobine parcourue par un courant i . Importance de l'agénérisation : l'orientation du courant définit l'orientation des surfaces. Calcul du flux propre si on suppose le champ B créé par la bobine est celui d'un solénoïde infini. Calcul du flux à travers une spire, puis N spires.

$$\Phi_B = \mu_0 N^2 S i / l \quad (3)$$

On fait apparaître l'inductance de la bobine. Convention générateur/récepteur pour faire le lien entre e et U_L . Puissance stockée dans la bobine.

Diapo, EXP 19'30 : Vérification de la dépendance en N^2 de l'inductance de plusieurs bobines en mesurant l'inductance d'après la fonction de transfert d'un circuit RL. Comparaison entre les valeurs mesurées et les valeurs déduites de la géométrie des bobines. Fin de l'expérience et des analyses : 25'

1.3.2 Inductance mutuelle

Dans le schéma de l'expérience de Faraday. Coefficients d'auto inductance pour chaque bobine. Inductance mutuelle qui traduit le couplage entre les deux circuits.

$$e_2 = -L \frac{di_2}{dt} - M \frac{di_1}{dt} \quad (4)$$

On peut transférer de l'énergie d'un circuit à l'autre : le transformateur. Application transport de l'énergie à haute tension pour diminuer les pertes dues au transfert puis transformateur pour abaisser la tension aux maisons.

1.4 Induction de Lorentz (circuit mobile) 28'30

1.4.1 Rail de Laplace

Deux termes :

- force électromotrice
- force de Laplace

Schéma du dispositif, mécanique et électrique.

Mise en équation :

- équation électrique
- équation mécanique : principe fondamental de la dynamique projeté selon x

Discussion qualitative avec la loi de Lenz

33' : on résout les équations pour avoir l'équation du mouvement dans le cas de la tige. Il faut ajouter un frottement solide pour arrêter la tige.

Conversion électromécanique : Schéma des échanges (P_{laplace} et $P_{\text{induction}}$) pour faire le lien entre les pertes par effet Joule et la variation d'énergie cinétique. On a $P_{\text{laplace}} + P_{\text{induit}} = 0$

Diapo : Freinage par induction. courant de Foucault, freinage des trains, des poids lourd, Roue de Barlow comme générateur de courant. L'induction est ainsi à la base des méthodes de production d'électricité actuels.

1.5 Conclusion 39'

Rappel et applications : générateurs, chauffage par induction, micro, chargement à distance..

Vidéo : Railgun de l'espace

1.6 Question

1. Approche historique avec l'exp de Faraday : c'est quoi un galvanomètre ?
2. Lois de l'induction : trois ingrédients : force de Lorentz, $E = -\text{grad}V - dA/dT$, $v \times B$. Commenter les termes. On repart de Maxwell pour exprimer E en fonction des potentiels vecteur et scalaire.
3. Que représentent V et A ? Cas du solénoïde avec une spire autour, Aharonov Bohm. On mesure pas V on mesure des ddp. Pour A ?
4. Comment pourrait-on préciser l'introduction de e ? Lien entre le travail et la ddp (le travail de la force de Lorentz permet d'introduire la ddp)
5. dans la force de Lorentz, Que représente v ? C'est la vitesse des porteurs.
6. quel est le référentiel dans lequel est défini v ?
7. vitesse du circuit = vitesse des charges ? composition des vitesses $v_e = v_{\text{circuit}} + v_{\text{electron}}$. Il n'apparaît que la vitesse du circuit car les électrons se déplacent le long du circuit
8. Comment évolue la vitesse de chute de l'aimant en fonction du matériau du tube ?
9. Justifier l'approximation du solénoïde infini pour les bobines ?
10. Pourquoi sommer les champs B ? Linéarité des eq de Maxwell
11. Pourquoi se placer en convention générateur ?
12. Puissance stockée dans la bobine. Pourquoi iUL et pas ei : convention récepteur/géné
13. manip : Quelle est la valeur de la résistance de la bobine ? justifier le choix de la résistance.
14. Incertitudes ? viennent des fits. Comment sont calculées les erreurs ?
15. Possible de les rajouter à la main ? elles sont petites venant de l'oscilloscope
16. Pourquoi avoir choisi de mesurer L d'après le diagramme de Bode ? Autres méthodes : $u_{\text{max}}/2$, temps de montée, etc. Justifiée par une approche pédagogique.
17. Valeur d'inductance comparée à quoi ?
18. d'où vient l'incertitude sur l'inductance théorique ? inhomogénéité du champ B dans toutes les spires
19. Inductance mutuelle ? pourquoi mettre des dérivées rondes ? (erreur)
20. Une seule équation : couplage de 1 vers 2. Qu'est ce qui se passe dans l'autre sens ?
21. L'inductance mutuelle est elle la même de 12 ou 21 ? Oui
22. Equivalence des puissance de Laplace et induit ? Oui car sinon fuck la physique.
23. Roue de Barlow pour générer du courant ?

1.7 Commentaires

Débit de parole important. Faire quelques pauses. Bien expliqué Point noir de la leçon : comment amener les lois de l'induction ? On peut écrire que la vitesse des électrons est la composition des électrons dans le circuit + la vitesse du circuit. Une autre possibilité serait de faire l'approche historique entière et introduire le Φ directement. Bonne utilisation des couleurs, mais défaut de diction : pas dire mon/ma tout le temps (mesurer mon inductance...) Bq d'applications : bien Faire des pauses, poser des questions ouvertes, pendant l'écriture du titre tu te tais. A n'est pas mesurable car il y a une jauge près mais ddp mesurable et la circulation de A aussi.