

LP n° 21 : Induction électromagnétique

NIVEAU : PCSI

On prend comme prérequis les blocs 1. et 2. du programme et on traite les blocs 3., 4., et 5.

PRÉREQUIS :

- Electrocinétique
- Champ magnétique
- ARQS
- Forces de Laplace (actions d'un champ magnétique).

PLAN :

1.

BIBLIOGRAPHIE :

- [63] Physique Tout-en-un PCSI, Dunod (5ème édition)
- [68] Physique Tout-en-un PC/PSI, Dunod
- [48] Supermanuel de Physique, S. Komilikis et J. Majou.

IDÉES À FAIRE PASSER :

Introduction : [63], p. 1081 - Présenter l'expérience de Faraday.

Expérience : Aimant à côté d'une spire reliée à une résistance faible, aux bornes de laquelle est branché un oscilloscope.

[63], p. 1082-1083 - Interprétation : la condition pour voir un phénomène d'induction dans un circuit est que le champ magnétique traversant le circuit varie dans le temps. Deux causes possibles que l'on étudiera dans cette leçon : soit le circuit est plongé dans un champ magnétique variable soit c'est le circuit lui-même qui se déplace dans un champ magnétique constant.

1 Lois de l'induction

1.1 Flux du champ magnétique

[63], p.1084 - Flux d'un champ magnétique uniforme à travers une spire plane : définition + exemples. Pour une bobine : somme des flux pour chaque spire. Unité du flux.

1.2 Loi de Faraday

[63], p.1085 - Dans les expériences de l'intro, c'est la variation de flux qui provoque un courant dans le circuit. En 1831, Faraday déduisit la loi de ces observations expérimentales. Énoncer la loi + convention de signe générateur. Conditions de validité de la loi.

Transition : Comment interpréter le signe moins dans la loi de Faraday?

1.3 Loi de Lenz

[70], p. 290 - Explication en revenant sur l'expérience introductive. Énoncé de la loi Empirique. Interprétation en terme de conservation de l'énergie. Exemple d'une spire soumise à un champ magnétique variable.

Transition : Maintenant qu'on a les lois pour comprendre les phénomènes d'induction, on va étudier les deux causes possibles d'apparition de l'induction.

2 Circuit fixe dans un champ magnétique dépendant du temps

2.1 Auto-induction

[63], p.1093-1096 Coefficient d'auto-induction : flux propre proportionnel au courant qui passe dans le circuit. Explication sur une spire. PWP lignes de champs d'une spire. Unité de L. Auto-inductance tjrs positive. Exemple de calcul d'une inductance propre (solénoïde).

Si l'intensité du courant traversant le circuit varie dans le temps, le flux propre varie et il apparaît donc une force électromotrice induite; FEM auto-induite. Schéma électrique équivalent. Lien avec la loi de Lenz. (Exp : [1] p.1096 mesure d'une inductance). Bilan d'énergie : loi des mailles multipliée par i : $E_{magn} = 1/2 Li^2$.

2.2 Cas de deux bobines en interaction

Expérience : Bobines de Helmholtz, envoyer un sinus dans une bobine, regarder aux bornes de l'autre : un signal apparaît.

[63], p. 1098 - Coefficient d'inductance mutuelle. PWP. Flux magnétiques envoyés réciproquement entre les deux circuits. Forces électromotrices induites dans des circuits couplés par mutuelle : $e_i = -(L_i di_i)/dt - (M di_j)/dt$.

[63], p. 1102 - Étude de deux circuits couplés + circuits électriques équivalents PWP. Loi des mailles avec M + étude en régime sinusoïdal établi (la bobine 1 est équivalente à un dipôle dont l'impédance dépend des caractéristiques de la bobine 2 à cause du couplage inductif).

Exemple dans la vie courante : le transformateur [63], p. 1105-8 : présenter le principe et obtenir le rapport de transformation à partir des circuits précédents (sans pertes joules $R = 0$) puis son utilisation.

Transition : Voir l'autre moyen d'observer le phénomène d'induction, et sa réciprocité.

3 Circuit mobile dans un champ stationnaire

Dans cette partie, on étudie des phénomènes d'induction dans des circuits mobiles dans un champ magnétique variable. Les dispositifs modèles présentés fonctionnent soit en générateur, quand ils transforment une puissance mécanique en puissance électrique, soit en moteur quand ils transforment une puissance électrique en puissance mécanique.

3.1 Conversion de puissance mécanique en puissance électrique

[1] p.1121-7 Rails de Laplace générateurs. PWP présentation du dispositif. Analyse qualitative, conventions d'algèbre, identification des inconnues, calcul de la fem induite, calcul de l'action de Laplace, résolution du système différentiel, examen du bilan d'énergie. (faire un PWP avec les étapes?). Relation des puissances. Action de freinage de la loi de Laplace. Applications.

3.2 conversion de puissance électrique en puissance mécanique

[1] p.1131-5 Rails de Laplace moteurs PWP. Analyse physique, fem induite, équation électrique, force de Laplace et équation mécanique, établissement de la vitesse, établissement de l'intensité, bilan de puissance et d'énergie : rendement du moteur. Ex dans la vie courante : haut-parleur ou moteur à courant continu.

Conclusion : On a pu décrire le phénomène d'induction et voir deux cas d'observation de celui-ci : induction de Neumann et induction de Lorentz. Dans le premier cas, on remonte à une caractéristique du circuit et dans le deuxième on montre la réciprocité des échanges. L'induction est un phénomène physique très utilisé dans la vie courante : plaque à induction, moteurs de TGV... Ici on ne s'est intéressé à des systèmes filiformes, si on étudie des systèmes formés de bloc métallique, la modélisation utilisée n'est plus valable mais les phénomènes physiques restent les mêmes. Il y a en fait apparition de courants électriques à l'intérieur du volume : courants de Foucault : s'opposent au mouvement.

BONUS :

- Lire le BFR3 [7] pour les questions
- Électromagnétisme 2ème année Gié, Tec&Doc pas mal non plus.