

LP20 : Induction Electromagnétique

Pierre Navarot

2 octobre 2014

Niveau

2ème année de licence
PC - PC*

Prérequis

- Magnetostatique - Biot et Savart
- Electrostatique
- Electronique : Dipôles linéaires

Objectifs

- Mettre en évidence par des expériences simples le phénomène d'induction
- Distinguer l'induction de Neumann et l'induction de Lorentz
- Retrouver à partir des équations de Maxwell, les observations faites sur les montages
- Décrire les phénomènes d'auto-induction et d'induction mutuelle
- Illustrer l'utilité de l'induction au travers de diverses applications (Transformateurs, Galvanomètre, ...)

Plan

Introduction

L'induction a été pour la première fois mis en évidence par Faraday en 1831. Par ses expérimentations, il a mis en évidence l'apparition d'un courant électrique sous l'action d'un champs magnétique variable. Cette découverte a permis d'enrichir les équations régissant les champs électriques et les champs magnétiques.

De nos jours, on distingue deux types d'inductions :

- L'induction de Neumann, engendré par un champs magnétique variable sur un circuit fixe
- L'induction de Lorentz, apparaissant dans un circuit en mouvement au sein d'un champs magnétique constant.

Cette leçon se concentrera sur l'induction de Neumann, celle-ci étant plus simple à mettre en évidence (difficulté de créer un champs constant dans une portion de l'espace) et surtout revêtant un aspect plus fondamentale.

- Expérience :

Un aimant accroché à une potence par le biais d'un ressort. L'aimant est mis en mouvement et oscille au travers d'une bobine relié à un oscilloscope.

- Observation :
 - Apparition d'une tension au borne de la bobine
 - La tension existe tant que l'aimant est en mouvement, à l'arrêt la tension disparaît.

- La tension dépend de la vitesse de l'aimant et donc de la vitesse de variation du champs magnétique (Au besoin faire l'expérience à la main sans ressort)

Nous allons voir dans cette leçon comment retrouver ces observations à partir des équations de Maxwell. Puis, nous mettrons en évidence quelques caractéristiques de l'induction au travers d'applications.

A Aspect théorique.

A.1 Des équations de la statique aux équations de Maxwell.

A.2 Approximation des régimes quasi-stationnaire.

A.3 Nouvelle forme des potentiels.

B Induction de Neumann.

B.1 Caractéristique du champ de Neumann.

B.1.1 Circulation

B.1.2 Dépendance en temps

B.1.3 Aspect fondamental

B.2 Induction dans un circuit filiforme.

B.3 Induction dans une spire.

B.4 Auto-induction.

B.5 Induction mutuelle.

C Applications.

C.1 Le transformateur.

C.2 Les courants de Foucault.

C.3 La dynamo.

Conclusion

En résumé,

- L'induction est un phénomène dû au couplage existant entre le champ électrique et le champ magnétique, d'où le terme induction électromagnétique. Ce couplage est illustré par l'équation de Maxwell-Faraday

$$\mathbf{rot}\mathbf{E} = -\frac{\partial\mathbf{B}}{\partial t}$$

- L'induction de Neumann décrit l'apparition d'un courant électrique dans un circuit fixe dû à un champ magnétique variable dans le temps. Pour une spire, la tension est directement proportionnelle à la variation du flux du champs magnétique au travers de celle-ci.
- Cette leçon nous a également permit d'expliquer un résultat vu en électronique, à savoir que la tension au borne d'une bobine découle de l'induction et s'exprime par

$$U = L\frac{dI}{dt}$$

- Les applications sont multiples, du domaine industrielle à l'utilisation domestique (Chargeur de PC, plaque à induction, ...)
- Il n'était pas possible de développer plus sur l'induction de Lorentz, elle sera traité dans une autre leçon.

Bibliographie

- [1] Electromagnétique 2, JP. FAROUX et J. RENAULT, Dunod
- [2] Electromagnétique 3, M. BERTIN, JP. FAROUX et J. RENAULT, Dunod Université
- [3] PCSI Physique, AUGIER ET MORE, Tec et Doc (Nouveaux programmes)
- [4] MP MP* Physique, AUGIER ET MORE, Tec et Doc (Anciens programmes)
- [5] PSI PSI* Toute le physique, CHRISTIAN FRERE, Ellipse