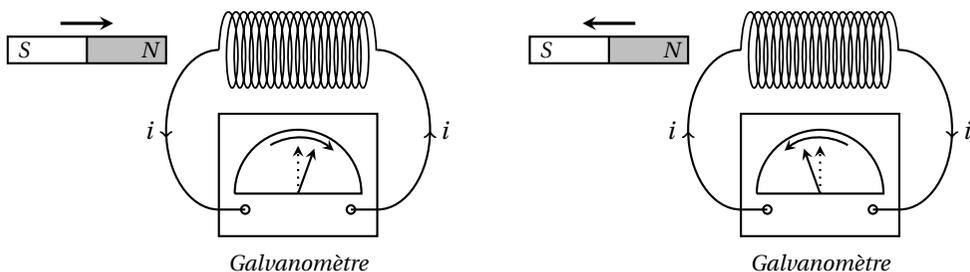


Chapitre 28 : Lois de l'induction électromagnétique

1 Introduction

1.1 Mise en évidence expérimentale

Expérience 1 : Aimant en mouvement à proximité d'une bobine fixe



Un aimant est placé à proximité d'un circuit électrique fixe et *sans générateur*. Un galvanomètre à aiguille permet de visualiser la présence d'un courant dans le circuit.

- Lorsque l'aimant est immobile, il n'y a pas de courant électrique dans le circuit.
- Lorsqu'on déplace l'aimant à proximité du circuit électrique, un courant apparaît dans le circuit. Le sens du courant dépend du sens de déplacement de l'aimant.

Un circuit fixe soumis à un champ magnétique variable se comporte comme un générateur électrocinétique : il est le siège d'un phénomène d'induction. On parle dans ce cas d'induction de **NEUMANN**.

Expérience 2 : Bobine en mouvement à proximité d'un aimant fixe

On répète l'expérience, mais cette fois-ci en laissant l'aimant fixe et en faisant se déplacer la bobine. Il apparaît encore une fois un courant induit dans la bobine. Ces deux expériences semblent identiques mais l'interprétation qu'en fait un observateur fixe dans le référentiel terrestre n'est pas la même. Ici, le circuit électrique est en mouvement dans un champ magnétique stationnaire.

Lorsqu'un circuit se déplace dans un champ magnétique stationnaire, il est encore le siège d'un phénomène d'induction. On parle dans ce cas d'induction de **LORENTZ**.

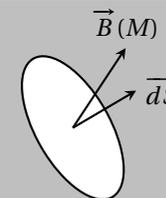
Rq 1 : Ces deux facettes de l'induction électromagnétique correspondent à la même réalité physique, mais qui s'interprète de manière différente selon le référentiel dans lequel se place l'observateur.

Rq 2 : Dans chacune de ces expériences, le courant induit qui circule dans la bobine est à l'origine d'un champ magnétique induit qui s'ajoute au champ créé par l'aimant.

1.2 Flux de champ magnétique

Def : Soit $d\vec{S}$ un élément de surface orienté, situé en un point M de l'espace et $\vec{B}(M)$ le champ magnétique en ce point. On appelle flux élémentaire de champ magnétique, au point M, la grandeur :

$$\delta\phi = \vec{B} \cdot d\vec{S}$$



Le flux de champ magnétique à travers une surface macroscopique s'obtient en sommant les flux élémentaires sur l'ensemble de la surface :

$$\phi = \iint_{M \in (S)} \vec{B}(M) \cdot d\vec{S}$$

L'unité SI de flux de champ magnétique est le weber : $1 \text{ Wb} = 1 \text{ T} \cdot \text{m}^2$. Si la surface est plane et que le champ magnétique est uniforme sur l'ensemble de la surface, alors :

$$\phi = \vec{B} \cdot \vec{S}$$

1.3 Orientation des surfaces planes

Pour calculer un flux de champ magnétique, il faut orienter le vecteur surface. Cette orientation est arbitraire et doit être indiquée sur un schéma pour justifier le signe obtenu pour le flux. Par convention, on oriente le vecteur surface en choisissant un sens arbitraire de parcours de la boucle de courant et en utilisant la règle du tire-bouchon.

Le sens de la boucle de courant ayant été choisi arbitrairement, le vecteur surface \vec{S} est orthogonal au plan de la boucle, orienté dans le sens direct lorsqu'on tourne dans le sens arbitraire choisi.

2 Lois de l'induction

2.1 Loi de Faraday

Un courant induit peut apparaître dans un circuit sans source. Le circuit se comporte alors comme un générateur électrocinétique qui peut être caractérisé par une force électromotrice d'induction e . La loi de Faraday explicite la condition pour laquelle une fem d'induction apparaît dans un circuit :

Une fem d'induction apparaît dans un circuit électrique dès lors que **le flux de champ magnétique à travers le circuit varie dans le temps**.

Elle permet en outre de calculer la valeur de cette fem, selon la relation :

$$e = - \frac{d\phi}{dt}$$

ATTENTION : cette relation est algébrique et par conséquent il convient de bien préciser comment orienter la fem.

Pour déterminer le signe du flux ϕ , il est nécessaire d'orienter la boucle de courant. Par convention on orientera toujours le circuit dans le sens arbitraire choisi pour l'intensité i . Alors on représentera la f.e.m. d'induction e en **convention générateur** sur un schéma électrique équivalent.

Rq : La loi de Faraday est valable pour les deux types d'induction : Neumann et Lorentz.

IMPORTANT : Il existe des cas très particuliers dans lesquels la loi de Farady ne s'applique pas. Nous en verrons un exemple dans la suite du cours.

2.2 Loi de Lenz

La loi de Lenz est une loi empirique qui permet de prévoir le sens des effets des phénomènes d'induction.

Les effets (magnétiques, électrocinétiques et mécaniques) de l'induction sont orientés de façon à s'opposer aux causes qui leur ont donné naissance.

Cette loi permet en particulier de prévoir :

- le sens du courant induit dans un circuit filiforme (voir expérience du début de séance avec bobine et aimant en mouvement relatif),
- l'effet des actions de Laplace sur un circuit en mouvement dans un champ stationnaire (freinage par induction).