

MagnétismeMA2 Induction électromagnétique

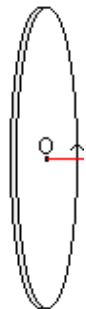
I Lois de l'induction	1
1.) Flux magnétique :	1
2.) Expériences :	2
3.) Loi de Lenz :	3
4.) Loi de Faraday :	4
II Circuit fixe parcouru par un courant	4
1.) Auto-induction	4
2.) Calcul de l'inductance propre d'un solénoïde	5
3.) Circuit électrique équivalent	5
III Deux circuits fixes parcourus par des courants variables	7
1.) Inductance mutuelle	7
2.) Etude en régime sinusoïdal forcé	8
3.) Transformateur de tension	9

I Lois de l'induction1.) Flux magnétique :

Le flux magnétique à travers une surface S est le flux de $\vec{B}$ à travers cette surface : $\Phi = \iint_S \vec{B} \cdot d\vec{S}$.

Si la surface est plane et que le champ est uniforme : $\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S} = B.S.\cos\alpha$.

Si la surface est délimitée par un contour, le contour est orienté dans le sens de I (ou de façon arbitraire) et $\vec{n}$ est orientée selon la règle du tire-bouchon.

Conservation du flux magnétique : ADMISE

Le flux magnétique à travers toute surface fermée est nul. Le champ magnétique est dit à flux conservatif.

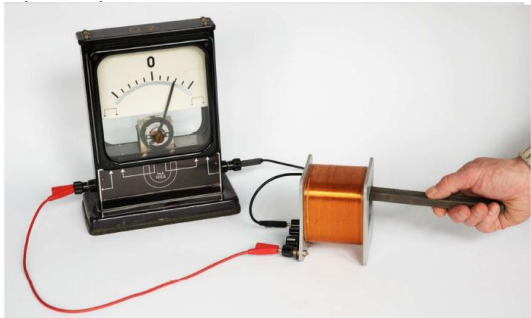
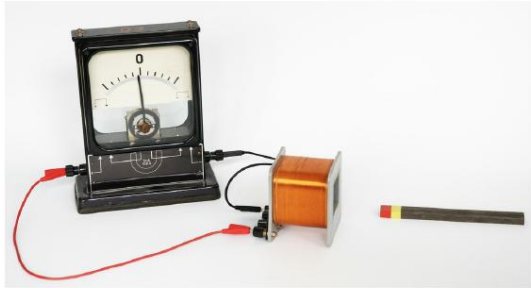
$$\Phi = \oiint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$$

2.) Expériences :

Expériences (A) : circuit fixe dans un champ magnétique variable

Galvanomètre : ampèremètre permettant de repérer de très faibles courants.

A1

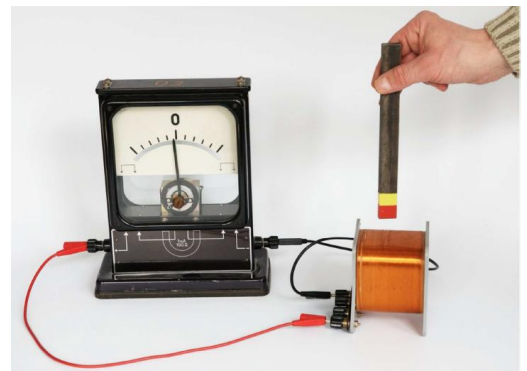


Observations : Quand on approche la face nord de l'aimant de la bobine (fixe dans le référentiel de l'observateur) qui n'est pas alimentée, l'aiguille du galvanomètre G dévie dans un sens ; il y a apparition d'un courant dit induit.

On éloigne la face N de l'aimant de la bobine : il y a déviation de G dans l'autre sens.

Plus la variation de $\vec{B}$ est rapide (vitesse de déplacement de l'aimant), plus le courant est fort.

On laisse l'aimant immobile par rapport à la bobine : pas de déviation dans G ($i=0$).



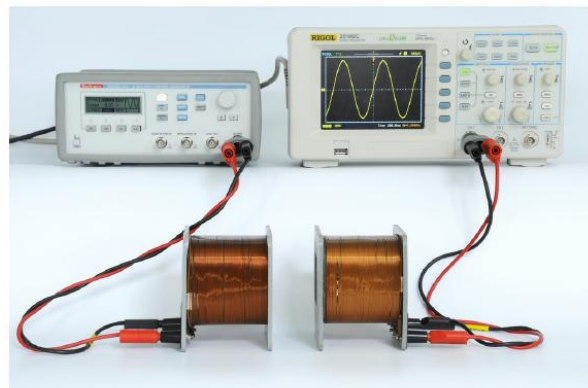
Si l'aimant est approché perpendiculairement à la bobine : le galvanomètre ne dévie pas.

A2

La première bobine est parcourue par un courant variable :

On observe, à l'aide d'un oscilloscope, une tension sinusoïdale aux bornes de la deuxième bobine (tension induite).

Cette tension n'est non nulle que si l'intensité du courant dans la bobine varie dans le temps.



Si les axes des bobines sont perpendiculaires, on n'observe pas de tension induite.

- Les phénomènes précédents ne sont donc observables dans le circuit C que s'il est placé dans un champ magnétique variable dans le temps. Un champ magnétique variable peut créer un courant induit dans un circuit à distance.
- Il ne suffit pas que le champ magnétique varie, son orientation par rapport au circuit a son importance.

Expérience (B) : circuit mobile dans un champ magnétique stationnaire (ou permanent)



On déplace cette fois la bobine dans le champ permanent de l'aimant fixe. Les observations sont les mêmes qu'en (A1) : il y a apparition d'un courant induit.

- Si la bobine est immobile, $i = 0$.
- Le signe de $i(t)$ dépend du sens de déplacement de la bobine par rapport à l'aimant.
- L'amplitude de $i(t)$ augmente avec la vitesse de déplacement de la bobine.

Un conducteur en mouvement dans un champ magnétique stationnaire peut aussi créer un courant induit dans un circuit à distance.

Conclusion : Le phénomène d'induction se manifeste par l'apparition d'un courant dans un circuit fermé, ou d'une tension aux bornes d'un circuit ouvert, sans que ce circuit comporte de générateur.

Ce phénomène apparaît dans les deux cas suivants :

- le circuit est fixe dans un champ magnétique qui dépend du temps.
- le circuit est en mouvement dans un champ magnétique stationnaire.

3.) Loi de Lenz :

C'est une loi de modération.

Les phénomènes d'induction s'opposent par leurs effets aux causes qui leur donnent naissance.

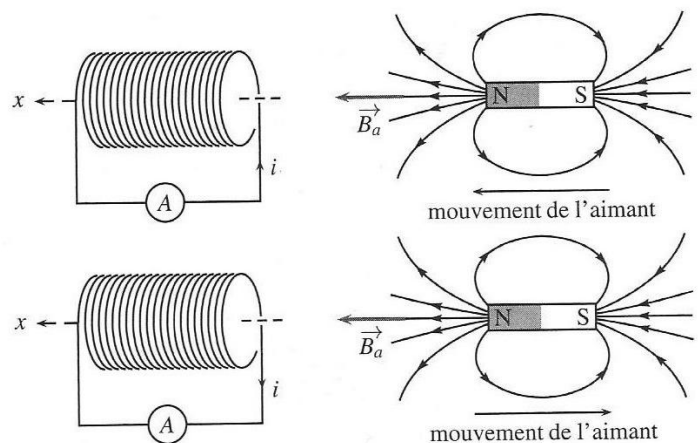


Figure 28.5 – Courant induit par un aimant en déplacement.

4.) Loi de Faraday :

Dans le cas d'un circuit mobile dans un champ magnétique stationnaire, si à la fois, on peut définir un flux variable $\Phi(t)$ à travers le circuit, et si le circuit coupe des lignes de champ lors de son déplacement,

ou dans le cas d'un circuit fixe dans un champ magnétique variable,

la force électromotrice induite dans un circuit, notée e , appelée f.é.m induite est donnée par : $e = -\frac{d\Phi}{dt}$.

Pour représenter cette fém induite, on ajoute dans le circuit un générateur idéal de tension, en convention générateur. Si le circuit est fermé, un courant apparaît.

II Circuit fixe parcouru par un courant

1.) Auto-induction

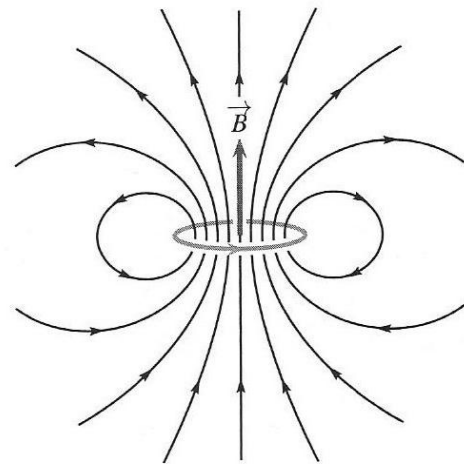


Figure 29.1 – Lignes de champ magnétique, en noir, d'une spire circulaire, en gris.

Le flux à travers un circuit de son propre champ magnétique s'appelle flux propre et s'écrit $\Phi_p = Li$ où i est l'intensité circulant dans le circuit, et L le coefficient d'inductance propre (ou d'auto-inductance) du circuit (unité : le Henry (H)).

2.) Calcul de l'inductance propre d'un solénoïde

$$L = \mu_0 \frac{N^2}{\ell} S$$

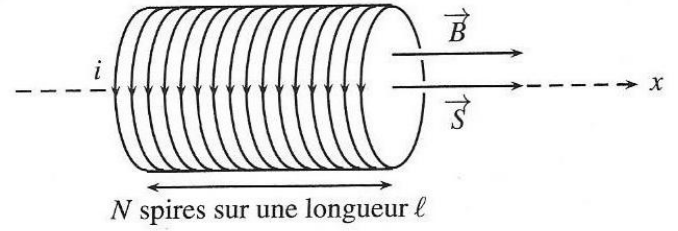
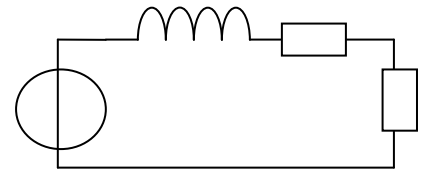


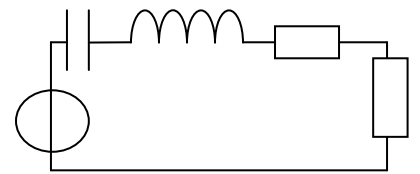
Figure 29.2 – Solénoïde dont on calcule l'inductance propre.

3.) Circuit électrique équivalent

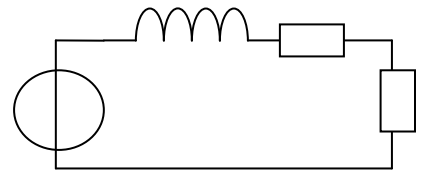
a) Représentation de la f.é.m induite

b) Mesure de l'inductance propre L d'une bobine réelle





c) Etude énergétique



L'énergie magnétique d'un circuit d'inductance propre L parcouru par un courant d'intensité i est

$$E_{mag} = E_L = \frac{1}{2} Li^2$$

III Deux circuits fixes parcourus par des courants variables

1.) Inductance mutuelle

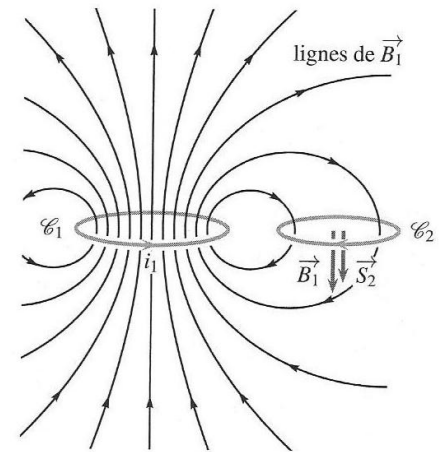


Figure 29.5 – Deux circuits magnétiquement couplés.

Théorème de Neumann : Les flux mutuels s'écrivent : $\varphi_{1 \rightarrow 2} = M i_1$ et $\varphi_{2 \rightarrow 1} = M i_2$

M est le coefficient d'inductance mutuelle entre les deux circuits. Il peut être positif ou négatif suivant l'orientation des circuits et dépend des caractéristiques géométriques. Son unité est le Henry (H).

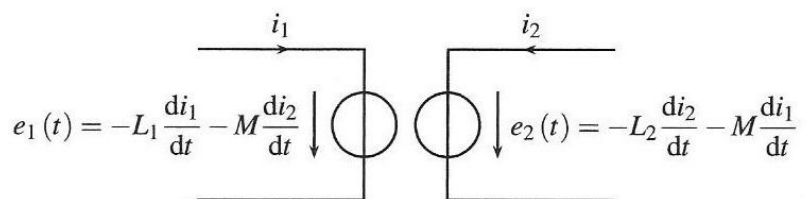


Figure 29.6 – Circuits électriques équivalents (convention générateur).

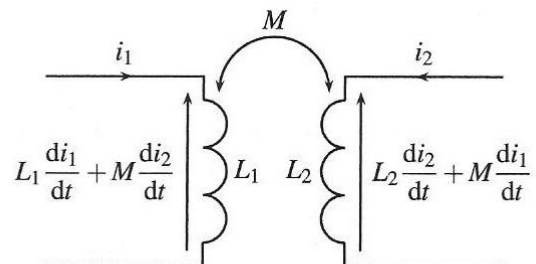


Figure 29.7 – Circuits électriques équivalents (convention récepteur).

2.) Etude en régime sinusoïdal forcé

a) Impédance équivalente

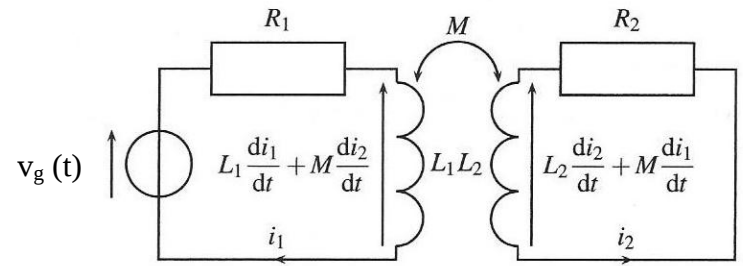


Figure 29.8 – Circuits couplés étudiés.

3.) Transformateur de tension

a) Principe

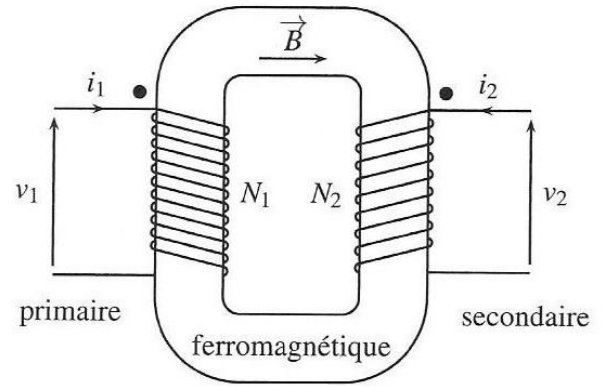


Figure 29.9 – Transformateur.

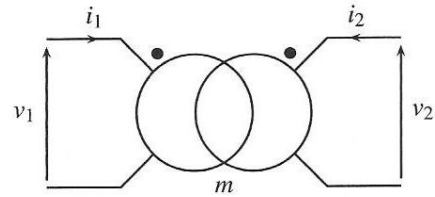


Figure 29.11 – Schéma normalisé d'un transformateur.

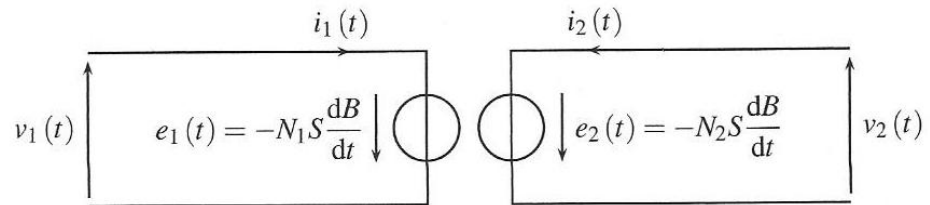


Figure 29.10 – Circuit électrique équivalent du transformateur.

Dans le cas d'un couplage parfait : $\frac{v_2}{v_1} = \frac{N_2}{N_1} = m$ où m est le rapport de transformation.

Remarque : Pour un enroulement inversé au secondaire

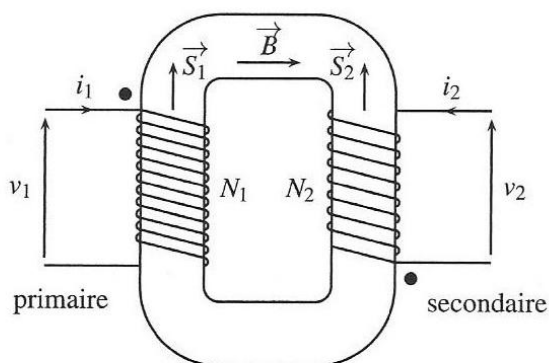


Figure 29.12 – Gestion des points dans un transformateur.

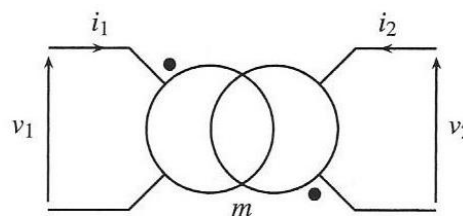


Figure 29.13 – Gestion des points avec le schéma normalisé d'un transformateur.

$$\frac{v_2(t)}{v_1(t)} = -\frac{N_2}{N_1} = -m$$