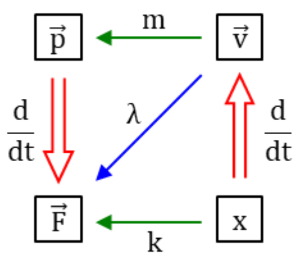
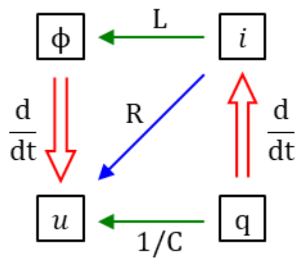
Induction | Chapitre 3 | Cours

I3 · Lois de l'induction

Objectif :

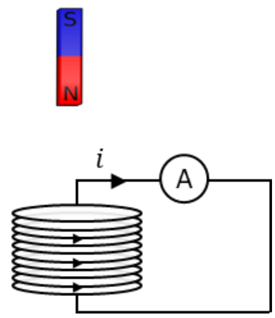
Introduire le flux magnétique ϕ, par analogie avec la quantité de mouvement.





I - Loi de modération de Lenz

I.1 - Observations expérimentales



Expérience :

On réalise l'expérience ci-contre.

Observations :

- Aimant et bobine immobiles : $i = 0$.
- Aimant ou bobine en mouvement : $i \neq 0$.
  - S'ils se rapprochent l'un de l'autre : $i > 0$.
  - S'ils s'éloignent : $i < 0$.

C'est le phénomène d'induction :

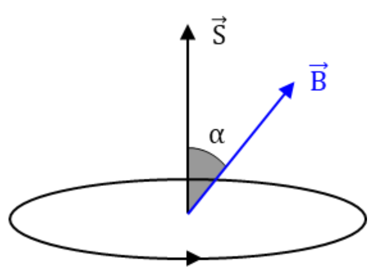
- Circuit fixe dans un champ magnétique variable (I4).
- Circuit mobile dans un champ magnétique stationnaire (I5).

I.2 - Flux

Définition :

Soit Σ une surface plane de surface S fixe s'appuyant sur un **contour orienté** et un champ magnétique traversant cette surface $\vec{B}(t)$. Le **flux du champ magnétique** à travers Σ est donné par :

$$\boxed{\phi = \iint_\Sigma \vec{B} \cdot \overrightarrow{dS}}$$



Son unité est le **Weber** (Wb), avec $1\ \mathrm{Wb} = 1\ \mathrm{T} \cdot \mathrm{m}^2$.

Propriété :

Si le champ est uniforme sur toute la surface, alors :

$$\boxed{\phi = \vec{B} \cdot \iint_\Sigma \overrightarrow{dS} = \vec{B} \cdot \vec{S} = B\, S \cos(\alpha)}$$

Par analogie avec la mécanique, le flux correspond à une « quantité de champ » passant à travers une surface.

I.3 - Interprétation

Loi de modération de Lenz (1833) : Les effets de l'induction s'opposent aux causes qui leur ont donné naissance.

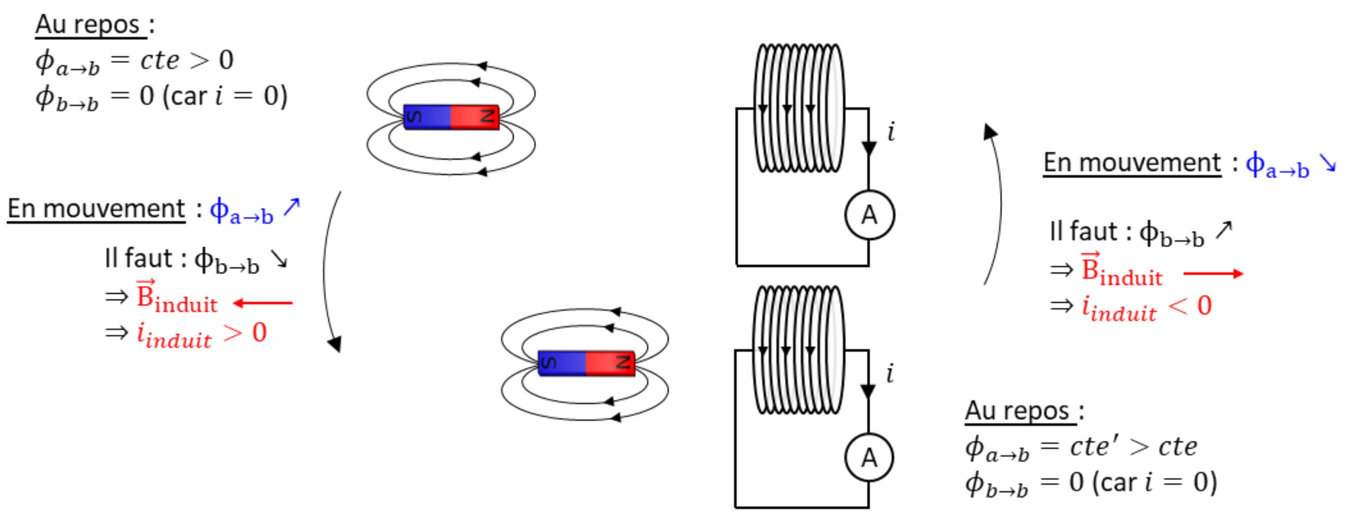
Interprétation de l'expérience :

L'aimant créé un champ magnétique $\vec{B}_a(M,t)$.

On note $\phi_{a\to b}$ le flux de $\vec{B}_a$ à travers la bobine : $\phi_{a\to b} = \iint_{\mathrm{Bobine}} \vec{B}_a(M,t) \cdot \overrightarrow{\mathrm{dS}}$

Si un courant i apparait dans la bobine, il crée un champ $\vec{B}_b$. On note $\phi_{b\to b}$ le flux de $\vec{B}_b$ à travers la bobine : $\phi_{b\to b} = \iint_{\mathrm{Bobine}} \vec{B}_b(M,t) \cdot \overrightarrow{\mathrm{dS}}$

La loi de modération affirme que $\phi_{b\to b}$ s'oppose aux variations de $\phi_{a\to b}(t)$.



II - Loi de Faraday

II.1 - Énoncé

Le courant induit dans un circuit électrique fermé sous l'action d'un champ magnétique $\vec{\mathrm{B}}$ est égal au courant qui serait produit par un générateur électrique idéal fictif de fem donnée par la **loi de Faraday** :

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

avec ϕ le flux magnétique du champ $\vec{\mathrm{B}}$ à travers le circuit. La fem e de la loi de Faraday est toujours orientée en **convention générateur** dans les circuits électriques.

Remarque :

On retrouve une formulation mathématique de la loi de Lenz :

- Signe $-$: « s'oppose »
- $\frac{\mathrm{d}\phi}{\mathrm{dt}}$: cause de l'induction

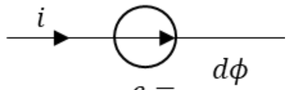
II.2 - Méthode

Pour résoudre un problème d'induction il faut :

- **Orienter le circuit** : indiquer le sens de i (choix arbitraire) sur un schéma.
- Calculer le flux ϕ :
  - définir le vecteur surface $\vec{\mathrm{S}}$;
  - calculer le produit scalaire $\phi = \vec{\mathrm{B}} \cdot \vec{\mathrm{S}}$ (ou $\phi = \iint_\Sigma \vec{\mathrm{B}} \cdot \overrightarrow{\mathrm{dS}}$ si $\vec{\mathrm{B}}$ n'est pas uniforme)

    Remarque : le signe de ϕ **dépend de la convention** choisie ;
  - si le circuit est constitué de N spires identiques (bobine), le flux $\phi_{\mathrm{N\ spires}} = \mathrm{N} \times \phi_{1\ \mathrm{spire}}$.
- Calculer la fem e :
  - écrire la loi de Faraday ;

- ajouter dans le circuit un générateur de tension **<u>dans le sens du courant</u>** choisi.



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