

Induction

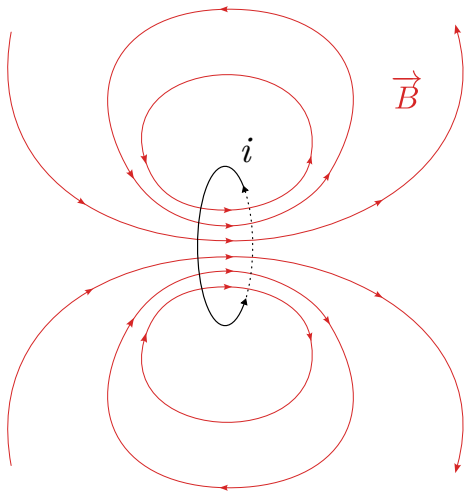
I Champ magnétique

A Origine

Il existe deux moyens d'obtenir un champ magnétique :

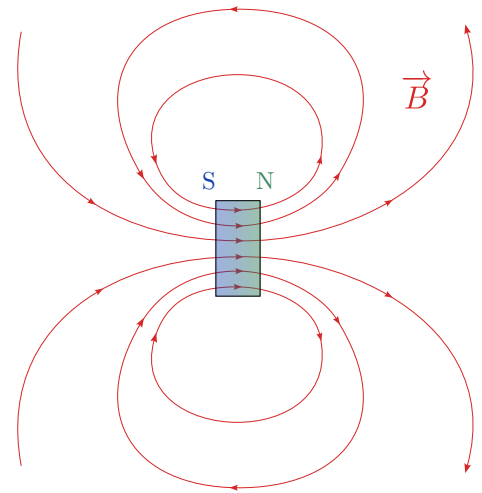
➤ **À partir d'un courant :**

En faisant circuler un courant i dans un circuit fermé (comme une spire de section S)

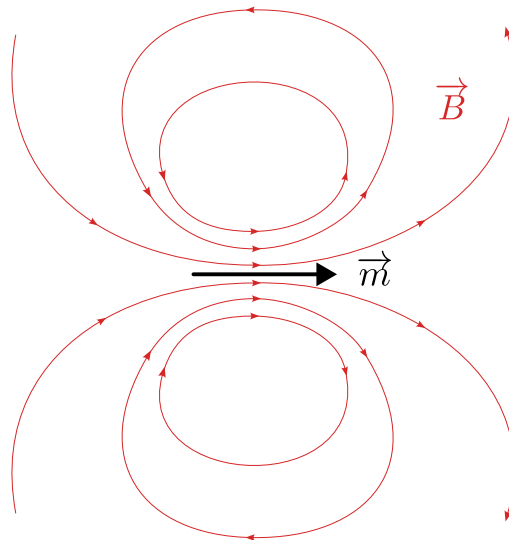


➤ **À partir d'un matériaux magnétique :**

Certains matériaux peuvent naturellement créer un champ magnétique autour d'eux.



Dans les deux des cas, le champ \vec{B} est similaire. On modélise alors la source par un **moment magnétique**.



B Actions

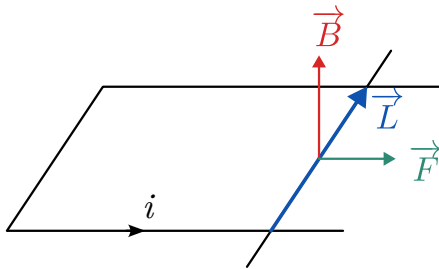
Un champ magnétique \vec{B} peut induire plusieurs actions :

► Force de Laplace :

Les électrons parcourant un matériau conducteur plongé dans un champ magnétique \vec{B} subissent chacun une force :

$$\vec{f} = -e\vec{v} \wedge \vec{B}$$

Avec \vec{v} leur vitesse dans le circuit.



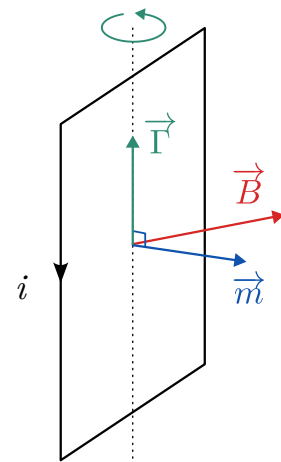
Ceci a un effet macroscopique sur le rail mobile, parcouru par un courant i , qui subit une force résultante dite "de LAPLACE"

$$\vec{F} = i\vec{L} \wedge \vec{B}$$

► Couple sur un moment magnétique :

Un moment magnétique \vec{m} plongé dans un champ \vec{B} tend à s'aligner avec ce dernier : il subit un couple

$$\vec{\Gamma} = \vec{m} \wedge \vec{B}$$



II Induction

A Lois générales

On définit le flux du champ magnétique \vec{B} à travers une surface S ainsi :

$$\Phi = \iint_S \vec{B} \cdot d\vec{S}$$

Lorsque le flux à travers un circuit varie dans le temps, les électrons sont mis en mouvement, traduisant la présence d'un champ électrique dans le matériaux, ce que l'on modélise par l'action d'une **force électromotrice** (homogène à une tension) :

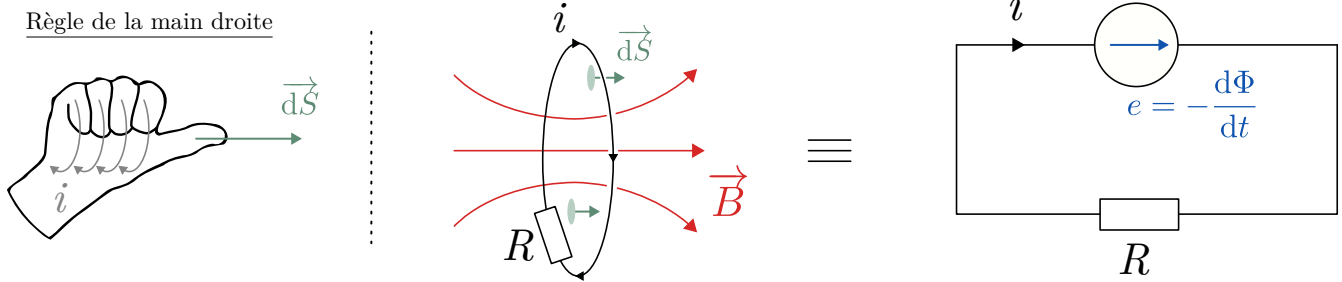
$$e = -\frac{d\Phi}{dt}$$

Le signe négatif traduit le **principe de modération de Lenz** : Les effets s'opposent aux causes.

En effet une modification du flux créer un courant dans la spire et donc un nouveau champ s'opposant à la variation introduite.

Remarque

L'orientation du courant créé est déductible grâce à la règle de la main droite à partir du choix de l'orientation de la surface (sens des $d\vec{S}$). Alors la loi de FARADAY donne une tension en **convention générateur**.



B Circuit fixe, champ variable

B.1 Flux propre

Lorsque les électrons sont en mouvement dans un circuit (présence d'un courant), ceci crée un champ magnétique \vec{B}_0 aux alentours (cf. **partie : I-A**). On peut définir le flux de ce dernier à travers le circuit lui-même :

$$\Phi_0 = \iint_S \vec{B}_0 \cdot \vec{dS}$$

On parle de **flux propre** (flux à travers le circuit, du champ, lui-même créé par ce circuit!).

En courant alternatif, \vec{B}_0 subit des variations donc Φ_0 aussi et on observe ainsi l'apparition d'une force électromotrice.

✓ Exemple

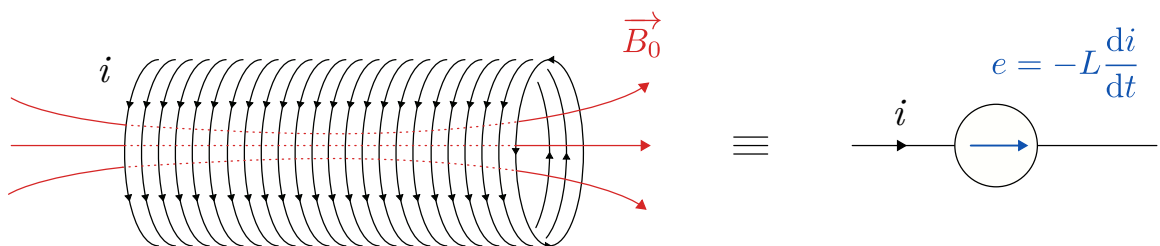
Une bobine est un dipôle fait pour accentuer au maximum cet effet : le champ propre \vec{B}_0 créé dans la bobine est proportionnel au courant i (cf. **Chapitre : Magnétostatique** pour la démo). Ainsi le flux propre l'est aussi et on appelle **inductance propre** (notée L) le facteur de proportionnalité :

$$\Phi_0 = Li$$

Alors en régime variable, on voit apparaître une tension aux bornes de la bobine :

$$e = -\frac{d\Phi_0}{dt} = -L \frac{di}{dt}$$

On retrouve la formule pour la tension aux bornes d'une bobine en convention générateur !



B.2 Flux extérieurs

Mais dans un cadre général, le flux traversant le circuit peut tout à fait provenir d'une source extérieure.

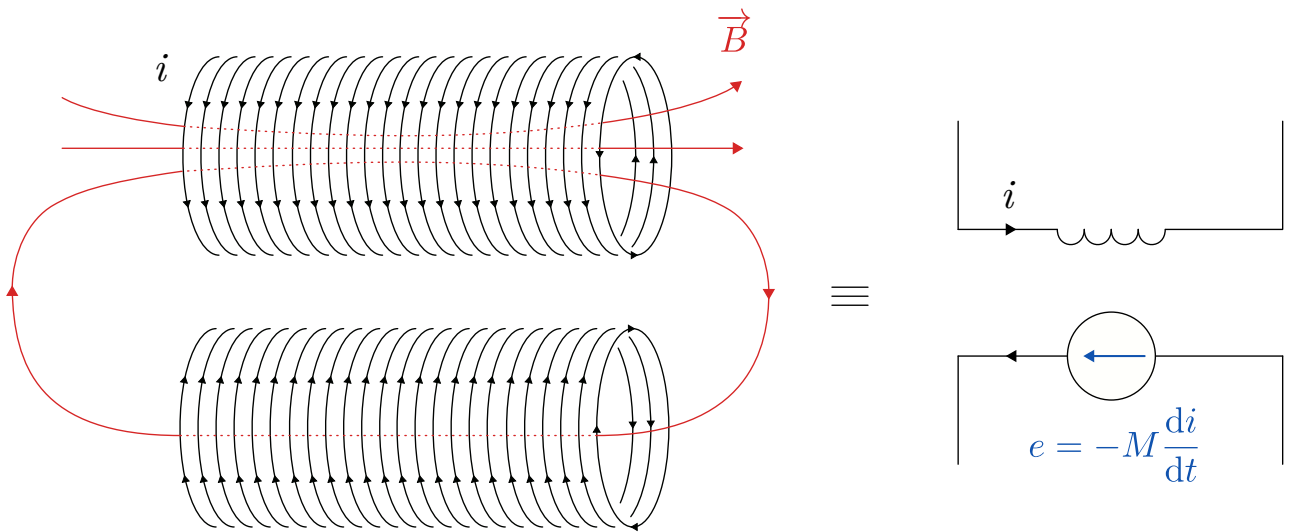
✓ Exemple

On place deux bobines côte-à-côte et on fait parcourir un courant alternatif i dans la première. Le champ \vec{B} ainsi créé traverse la seconde, ce qui se traduit par l'apparition d'un flux —proportionnel à i — dans le second circuit Φ . On appelle **inductance mutuelle** (notée M) le coefficient de proportionnalité :

$$\Phi = Mi$$

D'après la loi de FARADAY ceci va générer une force électromotrice dans le second circuit :

$$e = -\frac{d\Phi}{dt} = -M\frac{di}{dt}$$



C Circuit mobiles, champ fixe

Ce sont les exemples donnés en **partie : I-B** :

- ▶ Le circuit du rail de LAPLACE est mobile dans un champ fixe
- ▶ De même pour la spire subissant un couple à cause d'un champ fixe

Dans chacun des cas, il faut savoir retrouver les équations du mouvement, en combinant

- ▶ une équation de dynamique :
 - ▶ deuxième loi de NEWTON
 - ▶ théorème du moment cinétique
- ▶ une équation d'électronique :
 - ▶ Loi des mailles
 - ▶ Loi des nœuds
- ▶ ainsi que la loi de FARADAY pour faire le lien entre la mécanique et l'électricité !

Alors on sera en mesure d'écrire un bilan de conversion de puissance, en faisant intervenir d'une part la puissance des actions de LAPLACE

$$\mathcal{P}_{\text{méca}} = \vec{F} \cdot \vec{v} + \vec{\Gamma} \cdot \vec{\omega}$$

et d'autre part la puissance induite (liée à l'apparition d'une force électromotrice e)

$$\mathcal{P}_{\text{élec}} = ei = -\frac{d\Phi}{dt} i$$