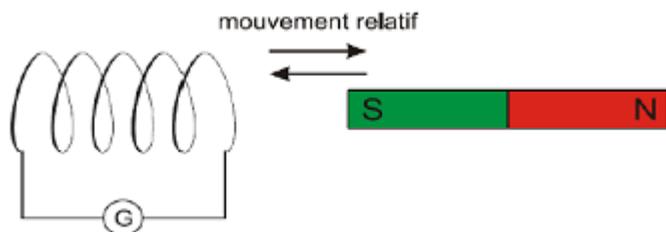


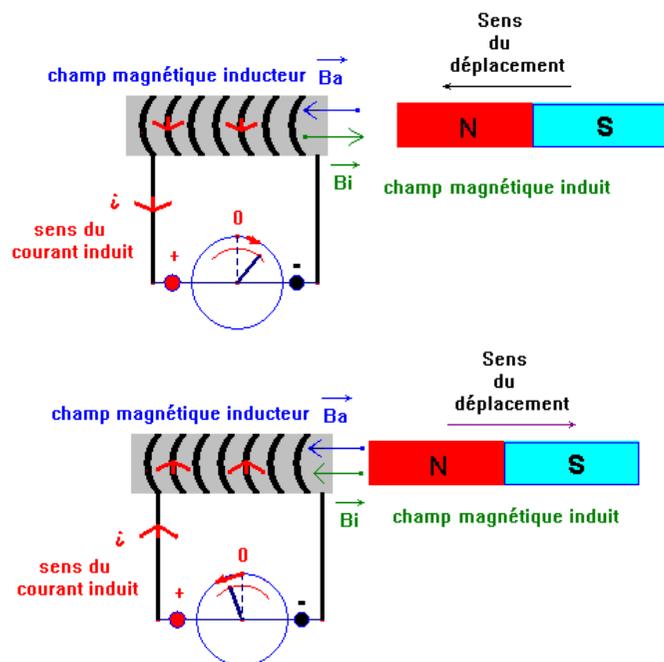
## Electromagnétisme - Chapitre 2 : L'induction électromagnétique

### Ce qu'il faut retenir...

#### APPARITION D'UN COURANT INDUIT :



On déplace un aimant au voisinage d'une bobine ou inversement. Si la bobine est reliée à un ampèremètre, on observe l'apparition d'un **courant induit** tant que l'aimant est en déplacement.



Le phénomène d'induction électromagnétique implique la création par la bobine d'un champ magnétique induit qui **s'oppose** à la variation du champ inducteur.

L'apparition d'un phénomène d'induction dans un circuit peut se produire :

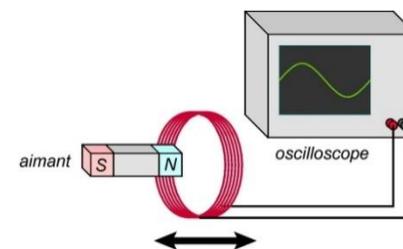
- Dans un circuit mobile plongé dans un champ stationnaire
- Dans un circuit fixe plongé dans un champ variable

#### LOI DE LENZ :

**Le phénomène d'induction s'oppose par ses effets à la cause qui lui donne naissance.**

#### LOI DE FARADAY :

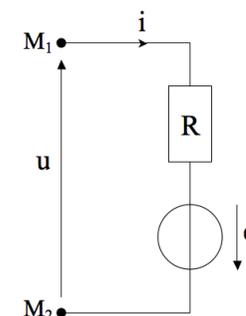
Si on branche le circuit aux bornes d'un oscilloscope, le phénomène d'induction se manifeste par l'apparition d'une tension aux bornes du circuit appelée **force électromotrice**.



**La force électromotrice  $e$  induite dans un circuit fermé orienté et traversé par un flux magnétique  $\Phi$  est donnée par :** 
$$e = -\frac{d\Phi}{dt} \text{ (en V).}$$

L'orientation de  $e$  est celle choisie pour le calcul du flux.

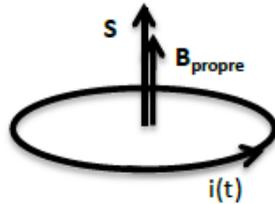
Modélisation électrique d'un circuit siège d'un phénomène d'induction :



## AUTOINDUCTION

Un circuit filiforme parcouru par un courant d'intensité  $i$  crée un champ magnétique qui lui est propre, proportionnel à  $i$ .

Si  $i$  varie,  $B$  varie, le flux varie = induction.

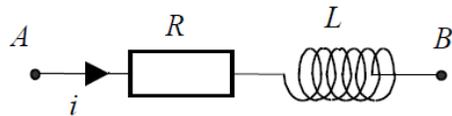


**Flux propre :**  $\phi_p = Li(t)$

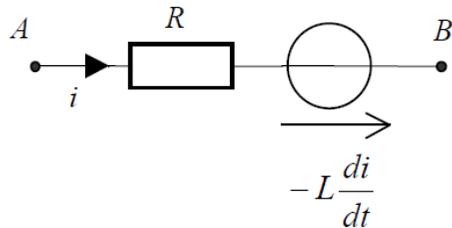
$L$  est une constante positive qui dépend des caractéristiques du circuit, appelée **inductance**. Son unité est le Henry (H).

**Force électromotrice :** circuit indéformable,  $L = Cte$

$$e_{auto} = -L \frac{di}{dt} \quad (i \text{ et } e_{auto} \text{ en CG})$$



$$u_{AB} = Ri + L \frac{di}{dt}$$

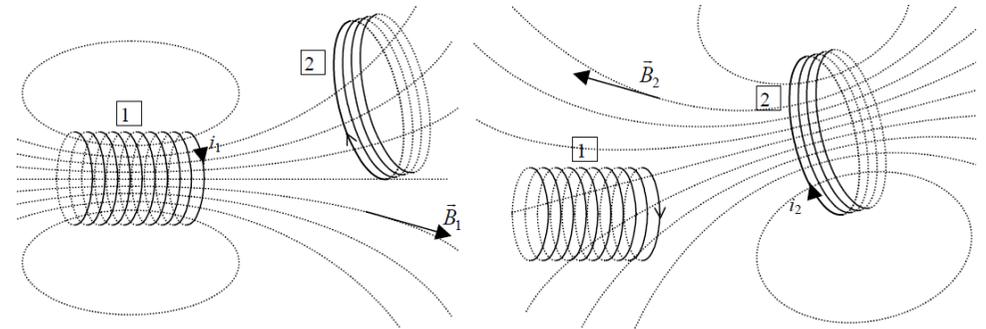


Dans le cas d'un circuit ne comportant pas d'enroulement, le phénomène d'auto-induction est bien souvent négligeable.

**Energie magnétique propre :**  $E_m = \frac{1}{2} Li^2$

Voir régime transitoire dans un circuit RL.

## INDUCTION MUTUELLE



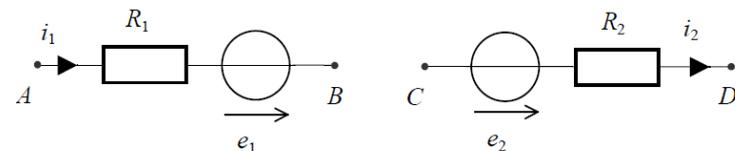
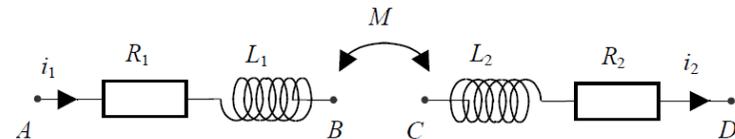
**Flux de mutuelle inductance :**

Le flux du champ magnétique  $\vec{B}_1$  à travers le circuit (2) :  $\Phi_{1-2} = M i_1(t)$

Le flux du champ magnétique  $\vec{B}_2$  à travers le circuit (1) :  $\Phi_{2-1} = M i_2(t)$

$M$  est une constante positive ou négative qui dépend des caractéristiques des 2 circuits, appelée **inductance mutuelle** (en Henry).

En général, l'inductance mutuelle de deux circuits n'a de valeur notable que lorsqu'il s'agit de parties bobinées voisines.



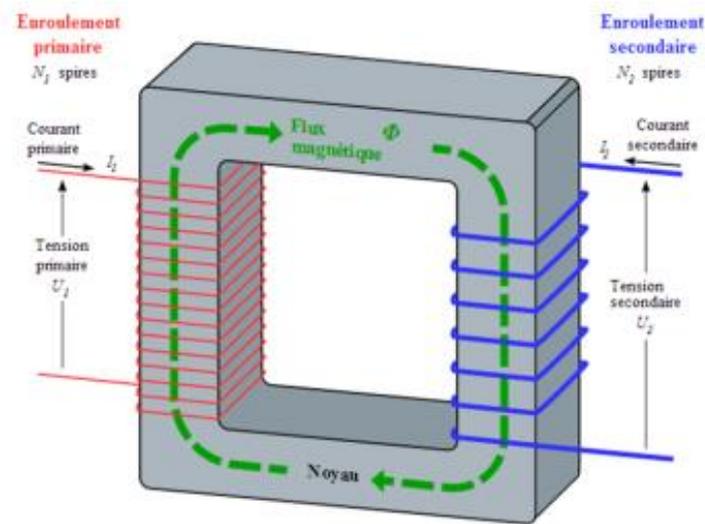
$$u_{AB} = R_1 i_1 + L_1 \frac{di_1}{dt} + M \frac{di_2}{dt} \quad u_{CD} = R_2 i_2 + L_2 \frac{di_2}{dt} + M \frac{di_1}{dt}$$

**Energie magnétique totale :**  $E_m = \frac{1}{2} L_1 i_1^2 + \frac{1}{2} L_2 i_2^2 + M i_1 i_2$

### Application : Le transformateur idéal de tension

Un transformateur électrique est un quadripôle constitué de deux enroulements de fils autour d'un tore de matériau ferromagnétique.

- L'enroulement de gauche, alimenté par une source tension  $u_1(t)$  et constitué de  $N_1$  spires est appelé enroulement primaire.
- L'enroulement de droite, constitué de  $N_2$  spires, est appelé enroulement secondaire.



En canalisant les lignes de champ magnétique, le tore ferromagnétique assure le couplage magnétique entre les deux enroulements.

Pour un transformateur idéal, on néglige tous les effets résistifs et on suppose que le couplage magnétique est parfait :

$$\frac{u_2(t)}{u_1(t)} = \frac{N_2}{N_1} = m$$

$m$  est appelé rapport de transformation.

### Méthode générale :

- **Orientation arbitraire du contour délimitant le circuit.**  
(On choisira souvent une orientation correspondant à celle du champ appliqué).
- **Expression du flux magnétique total à travers la surface orientée délimité par le circuit.**  
Si le circuit comporte un enroulement, il faut tenir compte du flux propre ! Si un circuit est à proximité, il faut tenir compte du flux mutuel.
- **Calcul de la force électromotrice à l'aide de la loi de Faraday.**
- **Modélisation électrique ( $e$ ,  $R$ ) :** la f.é.m. calculée est orientée dans le sens arbitraire choisi pour le contour, on se met généralement en CG pour le sens de  $i$ .
- **Calcul du courant induit à l'aide de la loi des mailles.**