

**iutenligne**

Le catalogue de ressources  
de l'enseignement technologique  
universitaire.

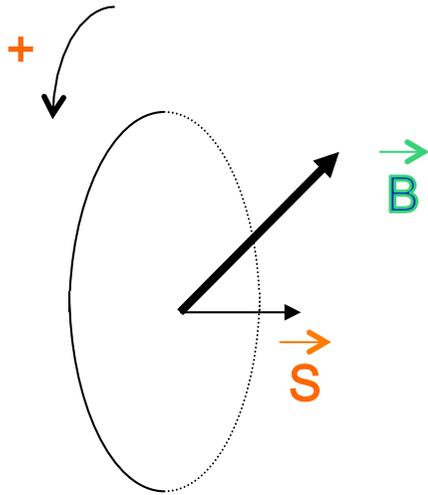


# Induction électromagnétique

Hugues Ott

Maître de conférence à l'IUT Robert Schuman  
Université de Strasbourg Département Chimie

# Flux du vecteur B à travers une spire



Le flux du vecteur B à travers une spire de surface S

$$\Phi(\vec{B})_{\text{spire}} = \vec{B} \cdot \vec{S} = B.S.\text{Cos}(\vec{S}, \vec{B})$$

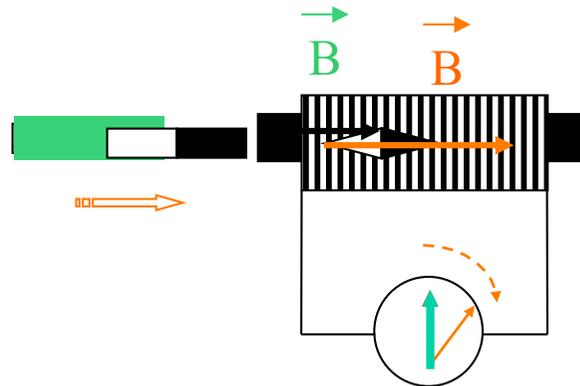
Le flux du vecteur B à travers un circuit constitué de N spires de surface S

$$\Phi(\vec{B})_{\text{Nspires}} = N.\Phi(\vec{B})_{\text{spire}} = N.B.S.\text{Cos}(\vec{S}, \vec{B})$$

# Loi de Faraday–Henry

aspect expérimental

la source de champ  
(aimant)  
**Inducteur**



le conducteur  
(la bobine)  
**Induit**

Déplacement relatif  
aimant  $\leftrightarrow$  bobine



Apparition d'un courant induit



Existence d'une fem  
aux bornes de la bobine

# Expression de la loi de Faraday–Henry (1831)

Si  $\Phi(\vec{B})$  varie  $\Rightarrow$  fem  $\Rightarrow$   $\xrightarrow{\text{circuit fermé}}$  courant induit

$$\Phi(\vec{B}) = N.B.S.\text{Cos}(\vec{S}, \vec{B})$$

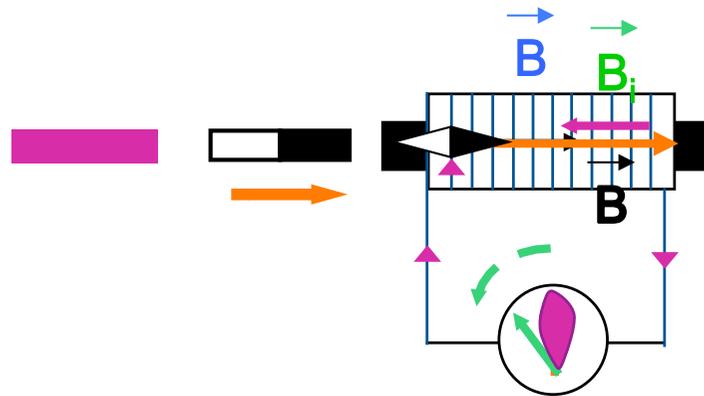
$$e = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d}{dt} \left[ \underset{\uparrow}{N} . \underset{\uparrow}{B} . \underset{\uparrow}{S} . \underset{\uparrow}{\text{Cos}(\vec{S}, \vec{B})} \right]$$

Apparition d'une fem si

- N varie
- B varie
- S varie
- $(\vec{S}, \vec{B})$  varie

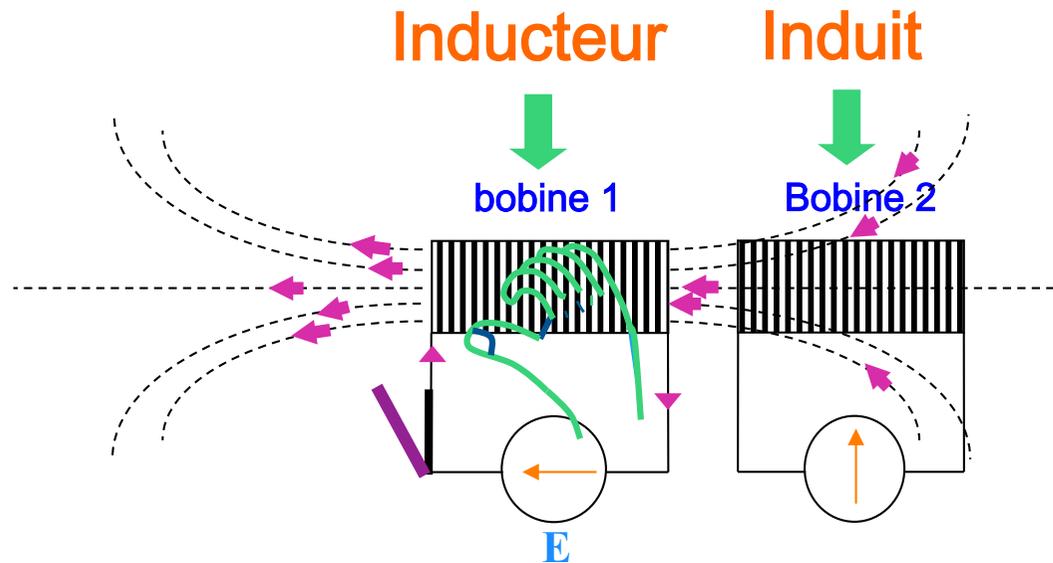
# Loi de Lenz (1834)

- Elle permet de déterminer le sens du courant induit
  - Le sens du courant induit est tel que, par ses effets, **il s'oppose** à la cause lui ayant donné naissance.



- Fermer la main droite dans le sens de  $i$
- le pouce indique le sens de  $B_i$

# Induction manuelle



- La bobine 1 est parcourue par un courant
- Elle crée un champ magnétique
- Si le flux de ce champ à travers la bobine 2 voisine varie
- $\Rightarrow$  création d'une fem dans la bobine 2
- la bobine 1 induit une tension dans la bobine 2.
- Ce phénomène est appelé induction mutuelle.

# Expression de la fem d'induction manuelle

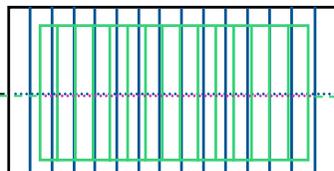
Si la bobine induite est à l'intérieur de la bobine inductrice.

loi d'induction 
$$e_2 = - \frac{d\Phi}{dt} = - \frac{d}{dt} (N_2 \cdot B \cdot S) = - \frac{d}{dt} \left[ N_2 \cdot \mu \cdot \frac{N_1}{\ell} \cdot i_1 \cdot S \right] = - \left( \frac{\mu \cdot N_2 N_1 \cdot S}{\ell} \right) \frac{di_1}{dt} = -M \frac{di_1}{dt}$$

$$\Phi(\vec{B}) = N_2 \cdot B \cdot S = \frac{\mu \cdot N_1 \cdot i_1 \cdot S}{\ell} \cdot N_2$$

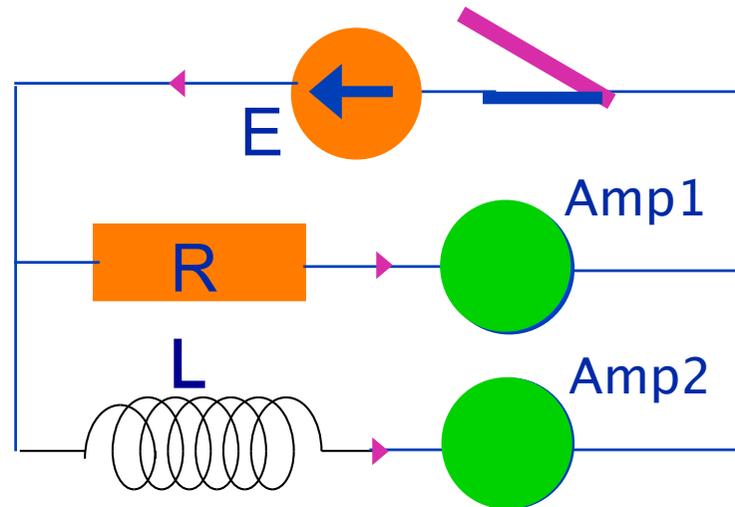
$$M = \frac{\mu \cdot N_1 N_2 \cdot S}{\ell}$$

- avec M: coefficient d'induction mutuelle
  - s'exprime dans SI en Henry (H)
  - il dépend
    - de la forme
    - de la position relative des deux circuits
    - du milieu dans lequel ils se trouvent



$$e_2 = -M \frac{di_1}{dt}$$

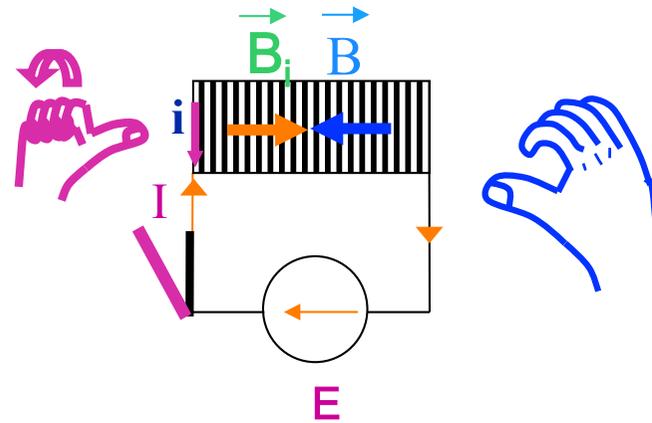
# Auto-induction : aspect expérimental



Retard à l'établissement du courant dans Amp2

En régime permanent, l'éclat lumineux pour Amp1 et Amp2 est identique

# Auto-induction : interprétation



L'intensité du courant s'établit  $0 \xrightarrow{i} I$

le champ magnétique propre créé par le courant s'établit  $0 \rightarrow B$

le flux magnétique propre créé par ce champ à travers la bobine varie

Il en résulte une tension induite  $e = -\frac{d\Phi}{dt}$   $\Phi(\vec{B})$  varie

un courant induit opposé au courant inducteur apparaît

# Fem d'auto-induction

Pour un solénoïde

$$e = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d}{dt}(N.B.S) = -\frac{d}{dt}\left[\mu \cdot \frac{N}{\ell} \cdot i \cdot N \cdot S\right] = -\left(\frac{\mu \cdot N^2 \cdot S}{\ell}\right) \frac{di}{dt} = -L \frac{di}{dt}$$

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

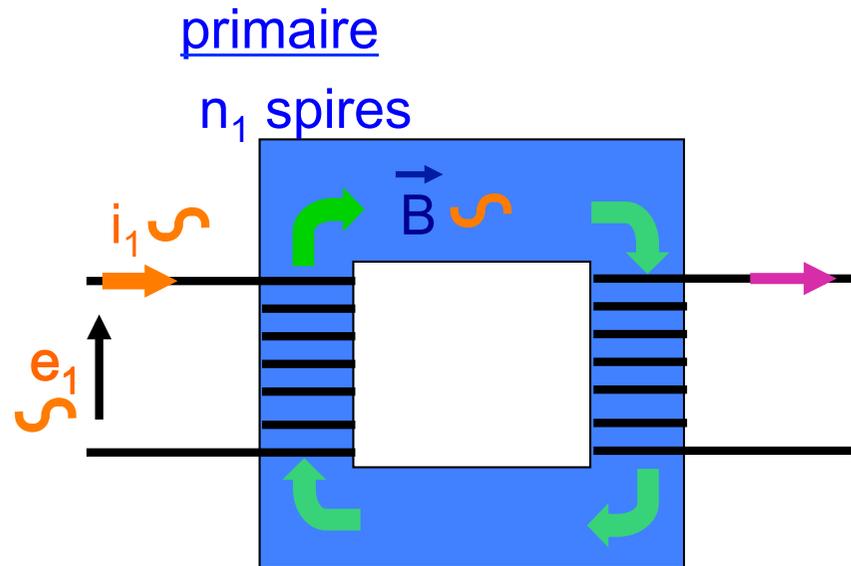
$$\Phi(\vec{B}) = N.B.S.\text{Cos}(\vec{S}, \vec{B})$$

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

avec L : inductance de la bobine

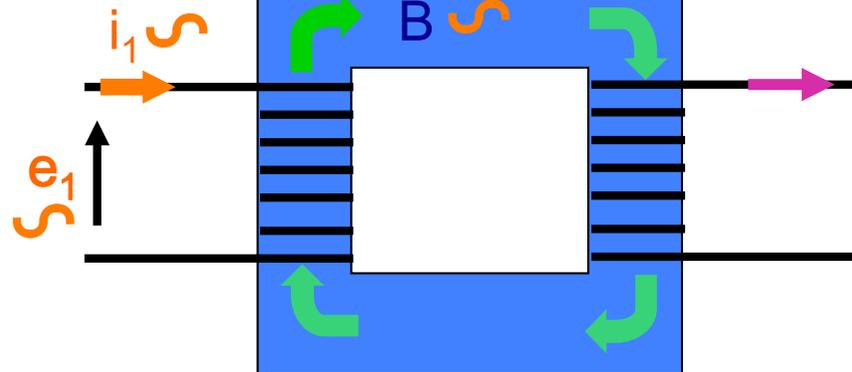
- s'exprime en H dans SI
- dépend de la géométrie de la bobine
- du milieu dans lequel elle se trouve.
- L est fonction de i en présence d'un noyau

# Application - Transformateur



primaire

$n_1$  spires



circuit magnétique fermé

noyau en fer

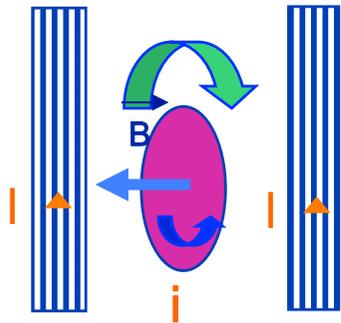
$$\frac{e_2}{e_1} \approx \frac{n_2}{n_1} \approx \frac{i_1}{i_2}$$

$$e = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d}{dt} [\text{N.B.S}]$$

Un transformateur ne fonctionne qu'en régime variable

# Les courants de Foucault : courants induits

un conducteur en mouvement dans un champ magnétique uniforme

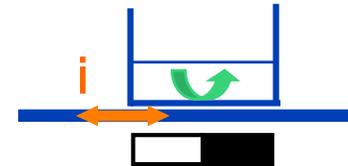


## le freinage électromagnétique

camion, autocar, locomotive

- un disque de cuivre fixé sur l'axe de la roue
  - il tourne dans l'entrefer d'un électroaimant
  - au freinage un courant est envoyé dans l'électroaimant
  - ce courant crée un champ magnétique
  - le disque en mouvement est le siège de courants induits
  - les effets s'opposent au mouvement et par conséquent ralentissent le disque et la roue qui en est solidaire.
- une masse métallique immobile
  - un champ magnétique variable
  - apparition de courants
  - l'effet Joule assure l'échauffement.

un conducteur au repos dans un champ magnétique variable



## le four à induction

les courants de Foucault sont parfois gênants (transformateurs - feuilletage des armatures)