

# AUTO - INDUCTION

## I - Expérience

cf. fiche annexe 1

## II - Inductance propre d'un circuit

Le flux propre  $\phi_P$  embrassé par une bobine est proportionnel à l'intensité  $i$  du courant qui parcourt cette bobine.

$$\phi_P = L \cdot i$$

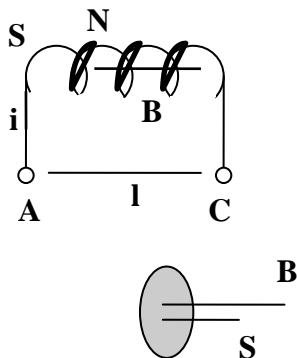
$\phi_P$  en webers (Wb)

$i$  en ampères (A)

$L$  : inductance propre du circuit, exprimée en **henrys (H)**

Exemple : inductance d'un solénoïde (bobine longue).

Le solénoïde, supposé infiniment long, est placé dans l'air; il est constitué de  $N$  spires de section  $S$  réparties sur une longueur  $l$ .



$$B = \mu_0 N \frac{i}{l}$$

$$\phi = N B S \cos( S, B ) = N B S$$

$$\phi = L i$$

$$L = \frac{N B S}{i} = \frac{N S}{i} \times \mu_0 N \frac{i}{l}$$

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

## III - F.é.m auto-induite

Loi de Faraday : 
$$e = - \frac{d\phi}{dt}$$

$$e = - \frac{d(Li)}{dt} = - L \frac{di}{dt} \quad \text{pour } L : \text{ constante}$$

F.é.m auto-induite (en V) : 
$$e = - L \frac{di}{dt}$$

Remarque : En régime continu :  $\frac{di}{dt} = 0$  : pas de phénomène d'auto-induction.

## IV- Modèles équivalents :

### IV-1 : Modèles d'une bobine idéale :

En convention générateur :

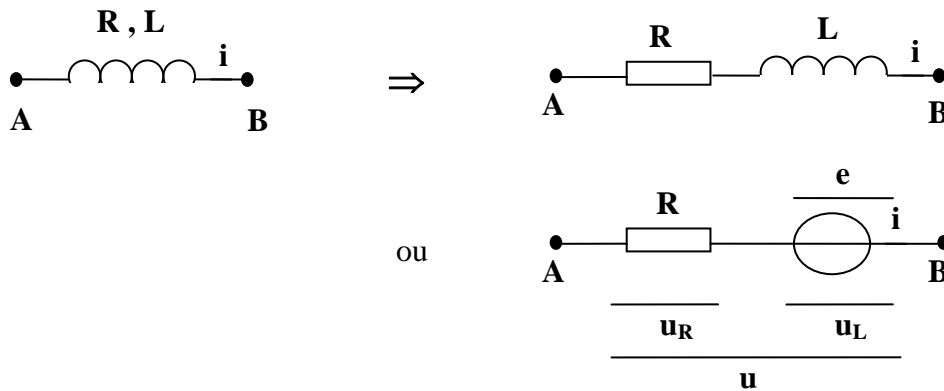


En convention récepteur :



### IV-2 : Modèle série d'une bobine réelle :

Une bobine réelle est un dipôle qui présente une résistance R et une inductance L.



$$u = u_R + u_L \text{ avec } u_L = -e$$

$$u = Ri + L \frac{di}{dt}$$

Remarque : La résistance R produit l'effet Joule, et l'inductance L produit l'effet magnétique.

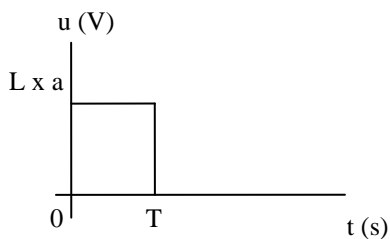
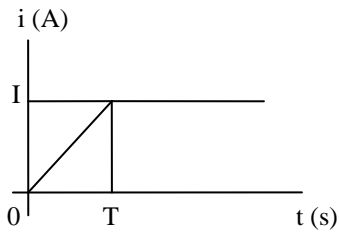
## V- Energie magnétique emmagasinée par un dipôle inductif :

### V-1 : Expérience :

cf. fiche annexe 2

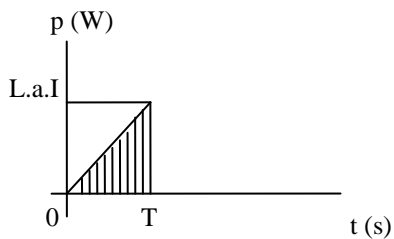
### V-2 : Expression de l'énergie magnétique :

On considère l'établissement du courant dans une bobine parfaite.



$$\text{Pour } t < T : u = L \frac{di}{dt} = L \times a = \text{cte}$$

$$\text{Pour } t > T : i = I = \text{cte} \rightarrow u = 0$$



$$\text{Pour } 0 < t < T : p = u \cdot i = (L \cdot a) \cdot i$$

$$\text{A } t = T : i = I = a \cdot T \text{ d'où } T = (L/a)$$

Energie stockée :  $\Delta W = p \cdot \Delta t$

$\Delta W$  est représentée par l'aire de la surface hachurée.

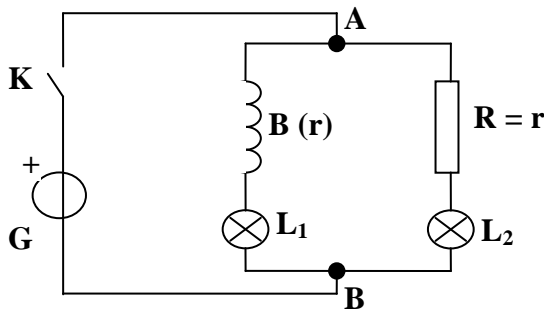
$$W = \frac{1}{2} \times (L \cdot a \cdot I) \times T = \frac{1}{2} \times (L \cdot a \cdot I) \times \left(\frac{I}{a}\right)$$

$$W = \frac{1}{2} L I^2$$

## ANNEXE 1

### Mise en évidence expérimentale de l'auto-induction

#### 1) Dispositif expérimental :



G : générateur de tension continue

$L_1, L_2$  : 2 lampes identiques

B : bobine (avec noyau de fer), de résistance  $r$

R : résistor tel que  $R = r$

#### 2) Protocole et observation :

Lorsque l'on ferme l'interrupteur K, la lampe  $L_1$  s'allume avec un léger retard par rapport à la lampe  $L_2$ . Ensuite, les lampes brillent du même éclat.

Conclusion : la présence de la bobine retarde l'établissement du courant dans la branche où elle est montée.

#### 3) Interprétation :

A la fermeture de K, la bobine B est parcourue par un courant d'intensité croissante; elle se trouve dans le champ magnétique qu'elle crée (champ propre), et elle embrasse un flux magnétique qui est son flux propre.

Par conséquent, la bobine B joue simultanément le rôle d'un circuit inducteur et d'un circuit induit : on parle alors de **phénomène d'auto-induction**.

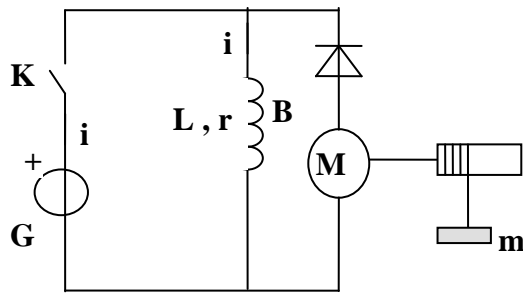
Le flux étant variable au cours de l'établissement du courant, B est le siège d'une f.é.m induite qui obéit à la loi de Lenz : elle s'oppose à la cause qui lui donne naissance; il s'ensuit un retard à l'établissement du courant dans la lampe  $L_1$ .

Lorsque le régime permanent est établi, l'intensité du courant électrique reste constante, ainsi que le champ magnétique créé par la bobine : il n'y a plus de phénomène d'auto-induction; la bobine a dans ce cas le même comportement que le résistor R.

## ANNEXE 2

### Mise en évidence expérimentale de l'énergie magnétique emmagasinée dans une bobine

#### 1) Dispositif expérimental :



G : générateur de tension continue

B : bobine d'inductance L de résistance r

M : moteur à courant continu, solidaire d'un tambour sur lequel est accrochée une extrémité d'un fil. Une masselotte m est suspendue à l'autre extrémité.

#### 2) Protocole expérimental et observation :

K ouvert depuis longtemps : pas de courant, le moteur ne tourne pas.

On ferme K : un courant électrique s'établit dans la bobine, mais le moteur ne tourne pas (diode montée « en inverse »).

On ouvre K : le générateur ne fait plus partie du circuit; le moteur se met à tourner et la masselotte s'élève.

#### 3) Interprétation :

Le courant électrique responsable du mouvement est produit par la f.é.m auto-induite à l'ouverture de K; selon la loi de Lenz, la f.é.m tend à maintenir le courant électrique. La bobine est la réserve d'énergie (énergie magnétique) permettant à la masselotte de s'élever.

A la fermeture du circuit, la bobine est un récepteur électrique; elle stocke de l'énergie sous forme magnétique.

A l'ouverture du circuit, la bobine est un générateur électrique; elle restitue l'énergie emmagasinée.

## TD : Auto-induction électromagnétique

1) Une bobine réelle, dont la résistance et l'inductance sont respectivement  $R$  et  $L$ , est alimentée à partir de l'instant  $t = 0$  par un générateur de courant qui débite une intensité  $i(t) = kt$ .

a) Calculer la tension  $u(t)$  aux bornes de la bobine réelle.

b) Quelle est la tension  $u(t)$  au temps  $t = 1$  s.  
Application numérique :  $k = 0.5$  A/s;  $R = 20$   $\Omega$ ;  $L = 2$  H

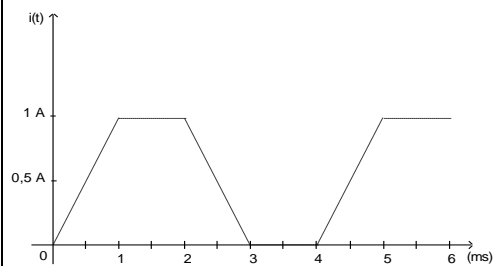
2) Une bobine d'inductance  $L$  est parcourue par un courant continu d'intensité  $I$ . L'énergie magnétique emmagasinée est restituée en une durée  $\Delta t$ .

Quelle est la puissance  $P$  dégagée ?

Application numérique :  $L = 1$  H;  $I = 10$  A;  
 $\Delta t = 1$  ms.

3) Une bobine, d'inductance égale à  $0,80$  H, est traversée par un courant d'intensité constante  $I = 1,5$  A. Calculer l'énergie emmagasinée sous forme magnétique.

4) Un courant d'intensité  $i(t)$ , défini par le graphe de la figure ci-dessous, circule dans une bobine d'inductance  $L = 10$  mH et de résistance  $R$  négligeable ( $R = 0$   $\Omega$ ). Tracer le graphe de la tension  $u(t)$  mesurée aux bornes de la bobine.



## TD : Auto-induction électromagnétique

1) Une bobine réelle, dont la résistance et l'inductance sont respectivement  $R$  et  $L$ , est alimentée à partir de l'instant  $t = 0$  par un générateur de courant qui débite une intensité  $i(t) = kt$ .

a) Calculer la tension  $u(t)$  aux bornes de la bobine réelle.

b) Quelle est la tension  $u(t)$  au temps  $t = 1$  s.  
Application numérique :  $k = 0.5$  A/s;  $R = 20$   $\Omega$ ;  $L = 2$  H

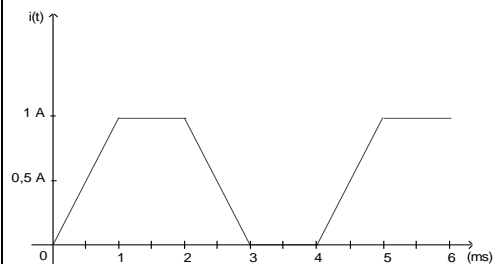
2) Une bobine d'inductance  $L$  est parcourue par un courant continu d'intensité  $I$ . L'énergie magnétique emmagasinée est restituée en une durée  $\Delta t$ .

Quelle est la puissance  $P$  dégagée ?

Application numérique :  $L = 1$  H;  $I = 10$  A;  
 $\Delta t = 1$  ms.

3) Une bobine, d'inductance égale à  $0,80$  H, est traversée par un courant d'intensité constante  $I = 1,5$  A. Calculer l'énergie emmagasinée sous forme magnétique.

4) Un courant d'intensité  $i(t)$ , défini par le graphe de la figure ci-dessous, circule dans une bobine d'inductance  $L = 10$  mH et de résistance  $R$  négligeable ( $R = 0$   $\Omega$ ). Tracer le graphe de la tension  $u(t)$  mesurée aux bornes de la bobine.



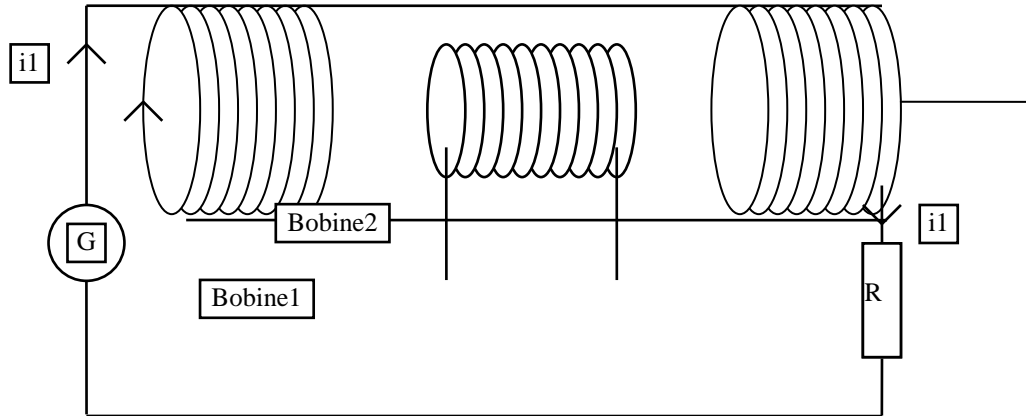
## TP Loi de Faraday - Loi de Lenz

### I - Objectif

Etude des phénomènes d'induction électromagnétique en vérifiant la loi de Faraday et la loi de Lenz, à l'aide de deux bobines encastrées.

### II - Protocole expérimental

On utilise un dispositif comportant deux bobines encastrées isolées électriquement.



- a - Donner une méthode permettant de vérifier l'isolation électrique des deux bobines. Faire l'application.
- b - Identifier le sens d'enroulement des bobines.
- c - Refaire le schéma et orienter la bobine2 dans le même sens que la bobine1.
- d - Donner l'expression du champ magnétique  $B_1$  créée par la bobine1 en son milieu en fonction de  $\mu_0$ ,  $N_1$ ,  $I_1$  et  $l$ .
- e - Donner l'expression du flux  $\Phi$  embrassé par la bobine2 en fonction de  $N_2$ ,  $B_1$  et  $S$  ( $S$  surface d'une spire de la bobine2).
- f - En déduire l'expression du flux  $\Phi$  en fonction de  $\mu_0$ ,  $N_1$ ,  $N_2$ ,  $I_1$ ,  $l$  et  $S$ .
- g - Refaire le schéma en indiquant le branchement des deux voies de l'oscilloscope afin de visualiser  $i_1$  et  $e_2$  simultanément.

### III - Manipulations

- a - Régler le GBF avec un signal triangulaire de période  $T = 0,2$  ms ( $f = 5$  kHz) et d'amplitude maximale.
- b - Réaliser le montage et relever les oscillogrammes sur une feuille de papier millimétré.
- c - Déduire des oscillogrammes l'évolution de  $i_1$  et de  $\Phi$  en fonction du temps.
- d - Observer qualitativement comment évolue  $e_2$ , lorsqu'on diminue l'amplitude du courant  $i_1$ .

### IV - Exploitation des résultats.

- a - Quel est le signe de la fém induite lorsque le flux croît linéairement ?
- b - Quel est le signe de la fém induite lorsque le flux décroît linéairement ?
- c - Conclusion. Peut-on en conclure que  $e_{2moy} = -k \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$  ?
- d - A partir de vos résultats expérimentaux, calculer la valeur de  $k$ .

Loi de Faraday :

La fém induite dans un circuit qui embrasse un flux  $\Phi$  qui varie en fonction du temps est égal à :

$$e = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$