

La Bobine – Le dipôle RL

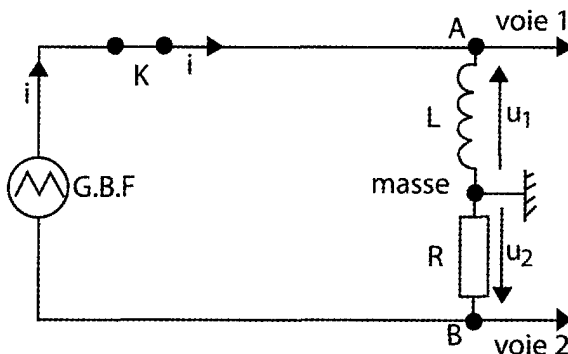
I- La bobine :

1) Induction et auto-induction électromagnétique :

- Une bobine est un dipôle constitué d'un enroulement d'un fil conducteur de faible résistance r , enrobé d'un isolant.
- Une bobine est équivalente à l'association en série d'une bobine purement inductive (de résistance nulle) et d'un conducteur ohmique de résistance r .
- Lorsqu'on approche un aimant d'une bobine, il se crée un courant induit.
 - L'aimant est appelé inducteur.
 - La bobine est appelé l'induit.
 - Le phénomène est appelé induction électromagnétique.
- Lorsqu'une bobine est traversée par un courant variable ; elle est le siège d'un courant induit. La bobine est à la fois l'inducteur et l'induit. Ce phénomène est appelé auto-induction.
- La loi de Lenz donne le sens du courant induit. Elle s'énonce de la manière suivante : Lorsqu'un circuit indéformable est soumis à un champ magnétique variable, il est le siège d'une f.é.m. induite. Celle-ci tend à faire circuler un courant induit dont l'effet est de s'opposer à la variation du champ magnétique inducteur.
- La bobine s'oppose à l'établissement ou à l'annulation (rupture) du courant.

2) Détermination de l'induction d'une bobine :

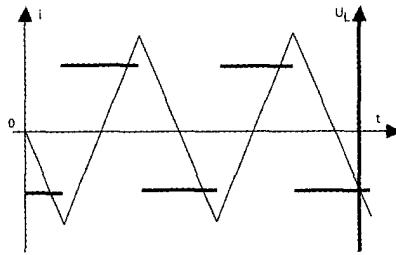
- Pour déterminer l'inductance L d'une bobine on réalise le circuit suivant :



- Le GBF délivre une tension périodique triangulaire.
- On visualise les tensions u_1 et u_2 , on peut utiliser un oscilloscope ou un ordinateur munie d'une interface : La voie 1 permet de visualiser la tension de la bobine u_L et la voie 2 montre la tension $u_2 = -u_R = -R.i$. on peut inverser la voie 2 pour montrer u_R . Cette voie montre au coefficient R près la variation de

l'intensité i .

- L'intensité i est triangulaire de période T .



- Sur une demi période de 0 à $\frac{T}{2}$, la courbe est une droite :

$i = a.t + b$ avec $\frac{di}{dt} = a = \text{constante}$. Ceci est valable quelque soit l'intervalle choisi, seul le signe de a change.

- La tension u_L est aussi constante sur une demi-période, on peut donc écrire :

$u_L = L \cdot \frac{di}{dt}$ avec L constante, appelée inductance de la bobine, son unité est le

Henry (H) (si la résistance r de la bobine est négligeable) $L = \frac{u_L}{\frac{di}{dt}} = R \frac{u_L}{\frac{du_R}{dt}}$

Si la résistance de la bobine n'est pas négligeable, c'est une association série d'un conducteur ohmique et d'une bobine de résistance nulle : $u_L = r.i + L \frac{di}{dt}$

3) Energie emmagasinée par une bobine :

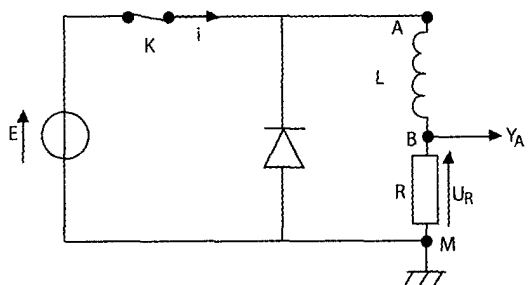
Une bobine traversée par un courant d'intensité i emmagasine de l'énergie magnétique $E_L = \frac{1}{2} L.i^2$ avec E_L en joule (J), L en henry (H) et i en ampère (A).

Cette énergie est temporaire. Elle s'annule lorsque le courant s'annule.

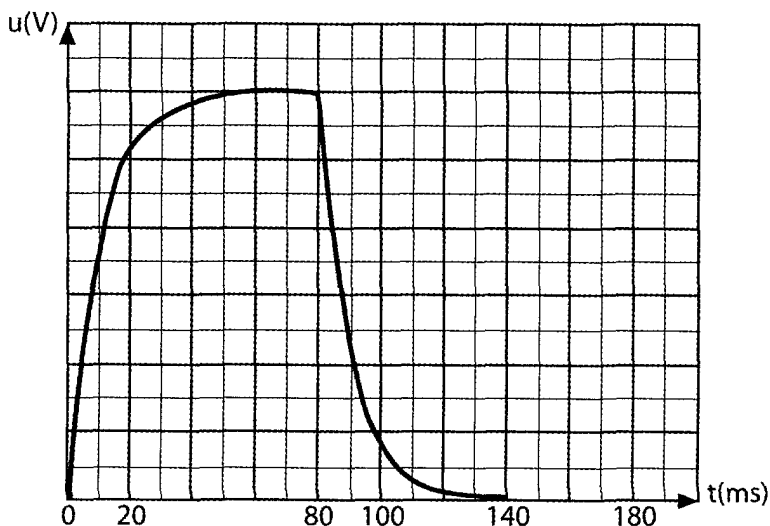
II- Etude d'un dipôle RL soumis à un échelon de tension

- Soit le montage ci-contre :
- Si on utilise un oscilloscope on visualise u_R .
- Si on utilise un ordinateur muni d'une interface on peut tracer la courbe $i = f(t)$, ($i = \frac{U_R}{R}$).

- Lorsqu'on ferme l'interrupteur,



la tension u_R et par suite l'intensité i croît progressivement (régime transitoire) de manière exponentielle jusqu'à une valeur maximale (régime permanent).



➤ Lorsqu'on ferme l'interrupteur, le courant s'installe progressivement, sans la bobine, il aurait instantanément la valeur finale.

➤ La bobine s'oppose à l'établissement du courant.

• Lorsqu'on ouvre l'interrupteur, la tension u_R et par suite l'intensité i décroît progressivement (régime transitoire) de manière exponentielle jusqu'à s'annuler (régime permanent).

➤ Lorsqu'on ouvre l'interrupteur, le courant diminue progressivement, sans la bobine, il s'annulerait instantanément.

➤ La bobine s'oppose à l'annulation du courant.

• **Conclusion** : Une bobine s'oppose aux variations de l'intensité du courant dans le circuit.

• **A l'établissement du courant :**

➤ **Etude de l'intensité i :**

✓ Loi d'additivité : $u_R + u_L = E \Rightarrow R \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt} = E$ (équation différentielle faisant intervenir i).

La solution de l'équation différentielle est $i = \frac{E}{R} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ avec $\tau = \frac{L}{R}$ (en s).

➤ **Etude de la tension u_L :**

✓ $u_L = L \cdot \frac{di}{dt} = \frac{L}{\tau} \frac{E}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}$ avec $\tau = \frac{L}{R} \Rightarrow u_L = E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$

✓ On peut aussi utiliser la loi des tensions : $u_L + u_R = E$

$$\Rightarrow u_L = E - R \left[\frac{E}{R} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \right] = E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$u_L = E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \text{ avec } \tau = \frac{L}{R}$$

• A la rupture du courant :

➤ Etude de l'intensité i :

✓ Loi d'additivité des tensions : $u_R + u_L = 0 \Rightarrow R \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt} = 0$ (équation différentielle faisant intervenir i).

✓ La solution de l'équation différentielle est $i = \frac{E}{R} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ avec $\tau = \frac{L}{R}$ (en s).

➤ Etude de la tension u_L :

$$- u_L = L \cdot \frac{di}{dt} = - \frac{L}{R} \frac{E}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}} \text{ avec } \tau = \frac{L}{R} \Rightarrow u_L = -E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

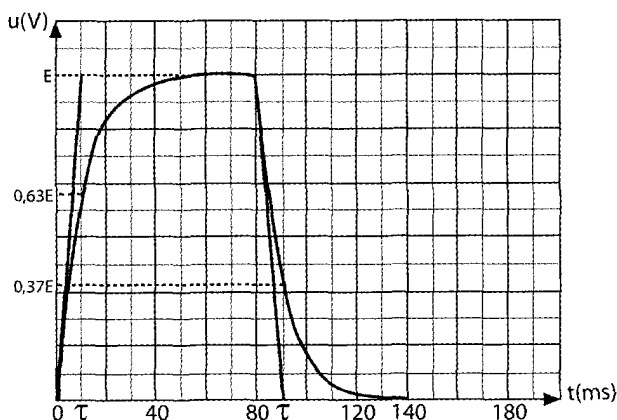
- On peut aussi utiliser la loi des tensions $u_L + u_R = 0 \Rightarrow u_L = -R \cdot \frac{E}{R} e^{-\frac{t}{\tau}} = -E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$

$$\text{donc } u_L = -E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \text{ avec } \tau = \frac{L}{R}$$

❖ Détermination graphique de la constante de temps τ :

1^{ère} méthode :

- Lors de l'établissement du courant (fermeture du circuit), pour trouver τ , on trace la tangente à l'origine, elle coupe l'asymptote $u_R = E$ (où $i = \frac{E}{R}$) à l'instant τ .



❖ Lors de la rupture du courant, on trace la tangente à la courbe à l'instant t_0 d'ouverture du circuit, elle coupe l'axe des abscisses à l'instant $t_0 + \tau$ (on considère t_0 comme nouvelle origine)

2^{ème} méthode :

• Lors de l'établissement du courant, à l'instant τ , la tension u_R vaut 63% de sa valeur maximale E (l'intensité vaut 63% de sa valeur maximale $\frac{E}{R}$).

• Lors de la rupture du courant, à l'instant $t_0 + \tau$, la tension u_R vaut 37% de sa valeur maximale E (l'intensité vaut 37% de sa valeur maximale $\frac{E}{R}$).

• L'intensité traversant une bobine ne subit pas de brusque variation, c'est une fonction continue.

• Si la bobine n'est pas purement inductive (de résistance r non nulle) alors, lors de l'établissement du courant :

➤ L'équation différentielle devient : $R_T \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt} = E$ avec $R_T = R + r$

➤ La solution de l'équation différentielle est : $i = \frac{E}{R_T} e^{-t/\tau}$ avec $\tau = \frac{L}{R_T}$ (en s)

➤ La tension aux bornes de la bobine : $u_b = r \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt}$

➤ Le graphe suivant représente l'allure de $u_R = f(t)$ et $u_b = g(t)$

