

P12. Régime transitoire dans un circuit RL

Cours

I Qu'est-ce qu'une bobine ?



Une **bobine** est constituée par l'enroulement d'une grande longueur de fil conducteur, constituant des spires. Un noyau de fer doux peut être placé au centre de l'enroulement pour renforcer les propriétés de la bobine. Lorsque la bobine est traversée par un courant i , un champ magnétique \vec{B} apparaît au centre de la bobine. Si ce champ magnétique varie, une tension apparaît aux bornes de la bobine.

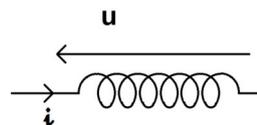


Par conséquent ,

- un courant électrique peut traverser une bobine ;
- si ce courant électrique est constant, aucune tension n'apparaît aux bornes de la bobine ;
- si ce courant électrique varie, une tension apparaît à ses bornes, proportionnelle aux variations de l'intensité du courant.

La relation entre la tension aux bornes de la bobine $u(t)$ et l'intensité $i(t)$ du courant qui traverse la bobine se note :

$$u(t) = L \frac{di(t)}{dt}$$



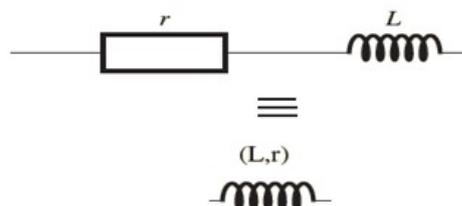
L est l'**inductance** de la bobine. Elle s'exprime en **Henry (H)**.

L'inductance de la bobine dépend des ses caractéristiques géométriques et de son noyau (nombre de spires, section de la bobine, matériau du noyau).

Une bobine réelle étant constituée d'une grande longueur de fil conducteur, elle possède une résistance interne. Elle est donc modélisée par une inductance L et une résistance interne r :

La tension à ses bornes peut donc s'exprimer :

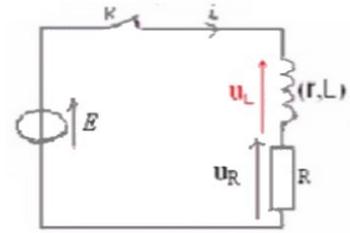
.....



II Réponse d'un dipôle RL à un échelon de tension

On appelle dipôle RL l'association en série d'un conducteur ohmique de résistance R et d'une bobine d'inductance L et de résistance interne r, notée (L,r).

On étudie un circuit RL série alimenté par un échelon de tension.
On étudie le circuit pour $t > 0$.



Loi des mailles :

Loi d'Ohm aux bornes de R :

Relation aux bornes de L :

On cherche à établir l'équation qui régit l'évolution de l'intensité du courant $i(t)$ dans le circuit

.....
.....

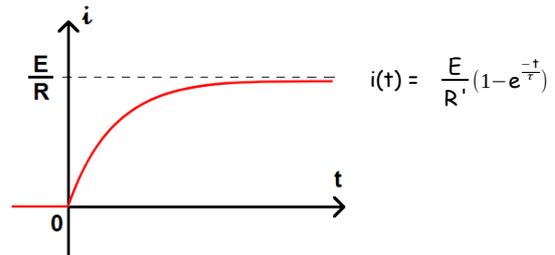
On note $R' = R + r$

Cette équation est l'équation différentielle de l'intensité du courant $i(t)$.

La solution de cette équation est :

$$i(t) = \frac{E}{R'}(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

avec $\tau = \frac{L}{R'}$



Montrons que cette fonction est bien solution de l'équation différentielle en remplaçant dans cette équation $i(t)$ par son expression :

.....
.....

Remarque : L'intensité du courant $i(t)$ est une fonction continue car la tension $u_L(t)$ étant proportionnelle à

$$\frac{di(t)}{dt}, i(t) \text{ doit être dérivable : } i(t=0^-) = i(t=0^+).$$

III Constante de temps

La constante de temps τ d'un dipôle RL vaut

$$\tau = \frac{L}{R'}$$

τ en s, L en H et R' en Ω .

Montrons par une analyse dimensionnelle que RC est bien homogène à un temps :

.....
.....

Le temps d'établissement du courant à sa valeur finale est d'environ 5τ : c'est donc aussi la durée du régime transitoire.

En effet,

Au bout d'une durée égale à 5τ , l'intensité du courant a atteint 99 % de sa valeur finale.

Mesure de la constante de temps τ par méthodes graphiques :

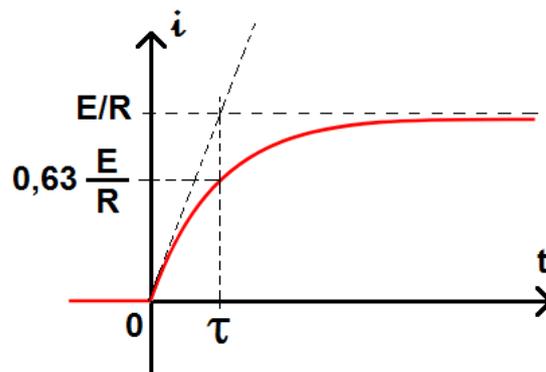
- **Méthode de la tangente :**

La tangente à la courbe $i(t)$ en $t = 0$ coupe l'asymptote $i(t) = E / R'$ à $t = \tau$.

- **Méthode des 63 % :**

A $t = \tau$, l'intensité du courant a atteint 63 % de sa valeur finale : $i(t = \tau) = 0,63 \frac{E}{R'}$

En effet,

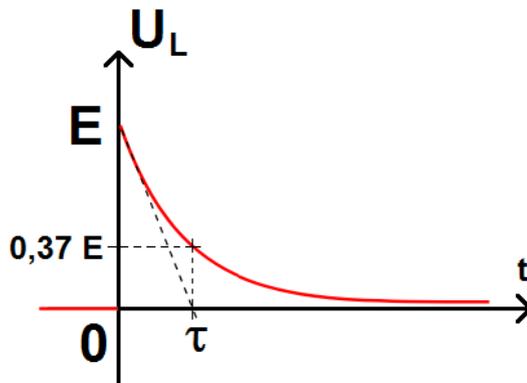


IV Evolution de la tension aux bornes de la bobine

Remarques :

- La tension aux bornes de la bobine est discontinue en $t = 0$: $u_L(t=0^-) = u_L(t=0^+)$.
- Une fois le courant installé dans le circuit, $u_L(t) = 0$

En supposant $r = 0$, alors $R' = R$



V Energie emmagasinée dans une bobine

Supposons la résistance interne nulle : $r = 0$

La puissance instantanée $p(t)$ reçue par la bobine s'exprime :

Or la puissance instantanée reçue correspond à la dérivée de l'énergie $\epsilon(t)$ reçue donc : $p(t) = \frac{d\epsilon(t)}{dt}$

On en déduit que l'énergie emmagasinée dans la bobine traversée par un courant d'intensité $i(t)$ s'exprime :

.....