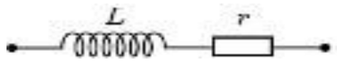
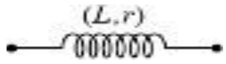
Cours N°P 7 : Le dipôle RL

Introduction : **La décharge électrique, produite par une bobine dans les tubes à néon provoque une émission de lumière. Cette décharge est causée par l'apparition d'une surtension aux bornes de la bobine. Qu'est-ce qu'une bobine ? Quelles sont les grandeurs physiques qui la caractérisent? Quel rôle peut jouer une bobine dans un circuit électrique ? Et comment expliquer l'apparition du phénomène de surtension ?**

I. La bobine :

1. Définition :

La bobine est un dipôle constitué d'un enroulement non connecté de fil conducteur de cuivre autour d'un cylindre isolant.

Le symbole de la bobine est :  ou 

L : l'inductance de la bobine, son unité dans (S.I) est Henry H.

r : la résistance interne de la bobine, son unité dans (S.I) est Ohm Ω.

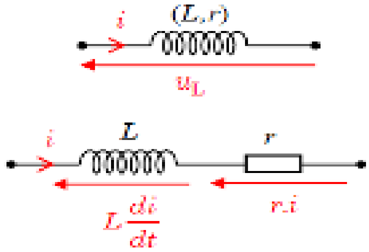
Remarque : Lorsque la résistance interne $\mathbf{r \simeq 0}$, on dit que la bobine est idéal est son symbole devient : 

2. Tension aux bornes d'une bobine :

La tension u_L aux bornes d'une bobine (L, r), est donnée par la relation :

……………………………….

- u_L :……………………………………
- i :………………………………………
- r.…………………………………………
- L : ………………………………………



……..

Remarques :

- Lorsque la bobine est parcourue par un courant d'intensité constante (régime permanent),

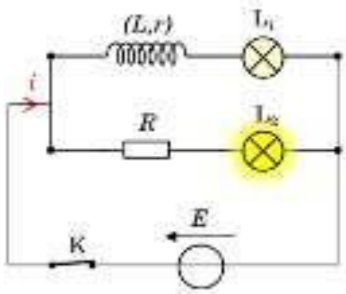
Alors: ……………………………….. D'où : ……………………………………………….

Donc la bobine se comporte comme un …………… …………………

- Lorsque la résistance interne de la bobine est négligeable, la tension entre ses bornes devient : …………………
- Si l'intensité du courant (t) est croissante, alors : ………………………………
- Si l'intensité du courant (t) est décroissante, alors : ……………………………….

- Si l'intensité du courant est variée très rapide, la dérivée di/dt prend une valeur très grande et ainsi (t), d'où elle apparaît aux bornes de la bobine une **surtension**. Ce phénomène est utilisé par exemple pour provoquer des étincelles aux bornes de la bougie d'un moteur à essence et l'allumage des lampes au néon.

3. L'influence d'une bobine dans un circuit électrique :



Activité 1 : on réalise le montage expérimental suivant dans lequel les deux lampes sont identiques et la résistance de la bobine et celle du conducteur ohmique ont la même valeur $r = R$

Observations :

- Lorsque on ferme l'interrupteur K on remarque que …... s'allume avant …...
- Lorsque on ouvre l'interrupteur K on remarque que …….. s'éteint avant …….

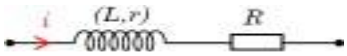
Conclusion.

……

……

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

1. Définition :

Le dipôle $\boldsymbol{RL}$ est l'association en série d'un conducteur Ohmique de résistance $\boldsymbol{R}$ et d'une bobine son inductance $\boldsymbol{L}$ et sa résistance interne $\boldsymbol{r}$. 

La résistance totale de la dipôle RL est : ……………..

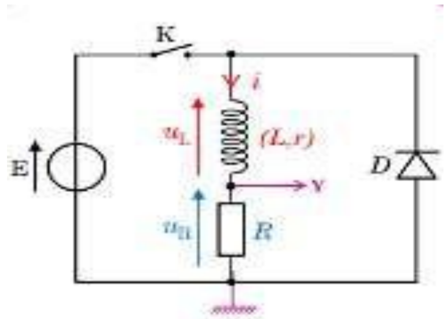
2. Réponse d'un dipôle RL à un échelon de tension - étude expérimentale :

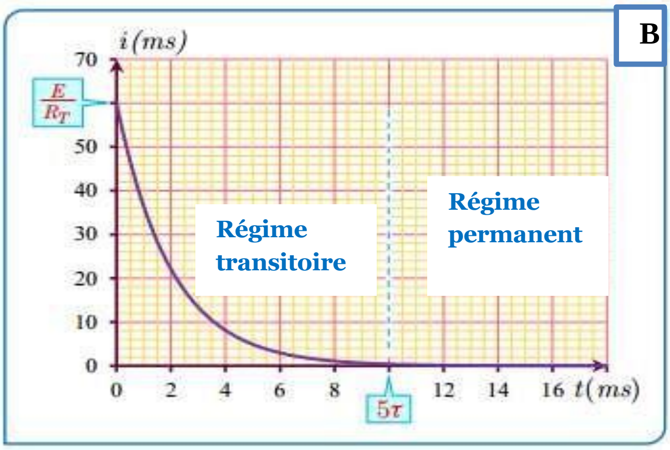
On réalise le montage du document ci-contre.

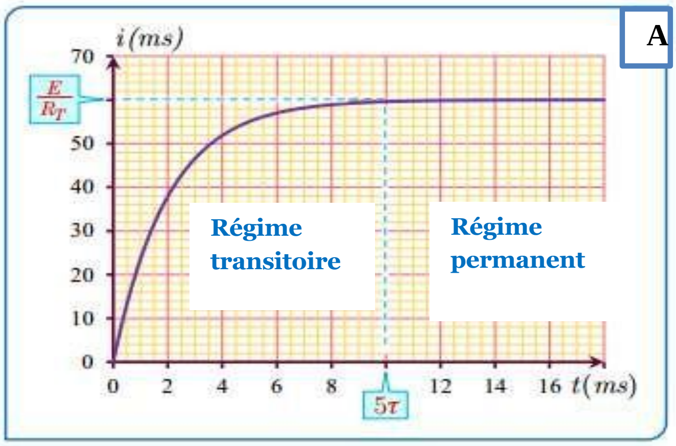
On prend : E = 6 V ; L = 0,2 H ; R_T = 100 Ω

- On ferme l'interrupteur à l'instant t = 0 et on visualise la variation l'intensité de courant **i** en fonction de temps (**courbe A** : le dipôle RL est soumis échelon de tension montant : **établissement du courant**).

- Lorsque l'intensité de courant **i** devient constante on bascule K de la position 1 à la position 2. On obtient : **la courbe B** : (le dipôle RL est soumis échelon de tension descendant : **annulation du courant**).







On pose que : $\frac{L}{R_T} = \boldsymbol{\tau}$; Dans ce cas : $\tau = \frac{0,2}{100} = 0.002$ s = 2 ms.

Remarque expérimentale :

- L'intensité i(t) est une fonction continue.
- La durée de l'établissement et de l'annulation du courant est égale à **5τ**.
- La durée de l'établissement de l'annulation du courant augmente qu'on L augmente ou RT diminue.

On constate 2 régimes :

- Régime transitoire quand $t \leq 5\tau$, on constate que i(t) augmente (dans le cas d'établissement) ou diminue (dans le cas d'annulation).
- Régime permanent quand $t \geq 5\tau$, la valeur de i(t) reste constante lors d'établissement est égale à $I_{max} = E/\boldsymbol{R_T}$ et nulle lors de son annulation (: rupture) .

3. Réponse RL à un échelon montant de tension (établissement de courant) - étude théorique :

a. Equation différentiel vérifiée par l'intensité du courant i(t) :

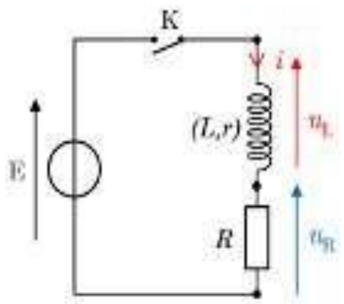
……………………………………………… ……………………………………………....

………………………………………………………………………………………..……

……………………………………………………………………………….:………

………………………………………………………………………….:……………

…………………………………………………………………….:…………………



………………………………

Remarque : ……………………………………………………………………………………………………..……….
…………….....…………………………………………………………………...……………………………………………..

C'est l'équation différentielle vérifiée par la tension u_R pendant l'établissement de courant.

……………………………………….

b. Solution de l'équation différentielle :

On admet que la solution de l'équation différentielle.. s'écrit sous la forme :

$i(t) = Ae^{-\alpha t} + B$., avec A et B et α des constantes.. Dérivée : $\frac{di}{dt}$ = ……….…………..

Déterminons les constante B et α en utilisant l'équation différentielle

……………………………………………………………………………………....….…………………………

……………………....….………………………………………………….....….………………………………………......….………

………………………………....….…………………………………………………………………………………………

……………………………….……………………..….…

Déterminons la constante A en utilisant des conditions initiales

A $t = 0$ on a $i\,(t = 0) = 0$....…..…………………………………....….……………………………………

…......….……………………………………………......….………………………………………………………………………

…………………………….....…......….……………………………………......….………………………………………

Donc l'expression de l'intensité du courant traversant le circuit RL est : ………………………………………….

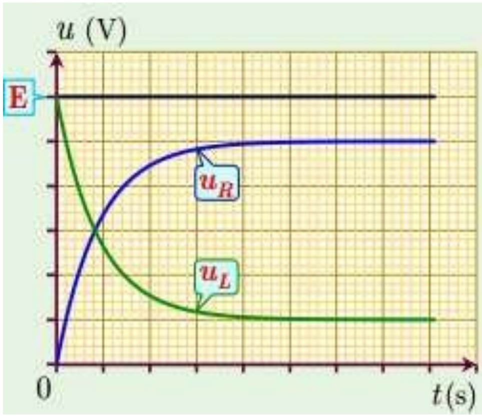
Remarques :

L'expression de la tension u_R

On a : ……………………………………………………………………………

…………………………………………………………...……………....

…………………………..



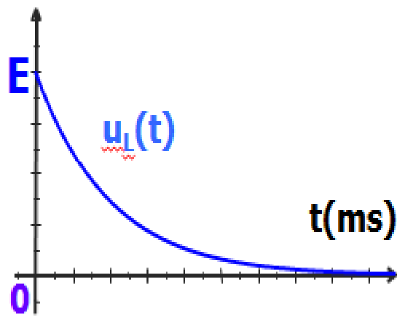
L'expression de la tension u_L

On a : ………………………………………………………………………

………………………………………......………………………………

…………………………………………………………………………………

…………………………..



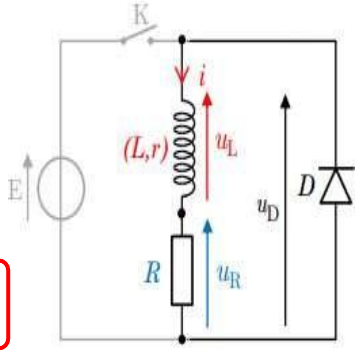
On néglige la résistance de la bobine r devant la résistance R ;…………………

…………………………………………………………………………………..…

…………………………..

4. Réponse RL à un échelon descendant de tension (annulation de courant) - étude théorique :

a. Equation différentiel vérifiée par i(t) pendant annulation du courant:



………………………………………… ………………………………………..…..

……………………………………………………………………………………..……

………………………………………………………………………………..:………

……………………………………………………………………………..:…………

…………………………………………………………………………..:……………

$\boxed{\text{……………………………..……}}$

Remarque :

……………………………..………………………… …………………………………………………………….

……………………………..…………………………………………………………………………………..……

C'est l'équation différentielle vérifiée par la tension u_R **pendant l'établissement du courant.**

$\boxed{\text{……………………………………}}$

b. Solution de l'équation différentielle :

On admet que la solution de l'équation différentielle.. s'écrit sous la forme :

$i(t) = Ae^{-\alpha t} + B$., avec A et B et α des constantes.. Dérivée : $\frac{di}{dt} =$ ……….........…………..

Déterminons les constante B et α en utilisant l'équation différentielle

…………………………………………………………………………………………………...…..……………………

………………..…..………………………………………….....…..………………………………………......…..………

…………………………………......…..…………………………………………………………………………………

…………………………….……………………...

.

Déterminons la constante A en utilisant des conditions initiales

A $t = 0$ on a $i\,(t=0) = I_0 = \frac{E}{R_T}$; ……………………..…………………………………………………..

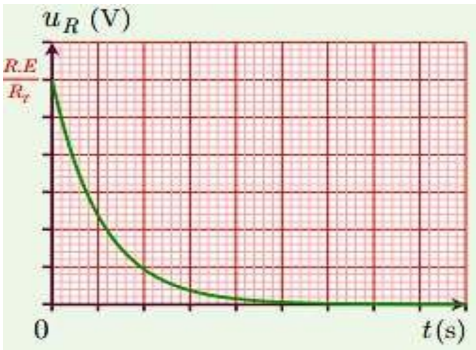
………………………………………………………………..…....…………………………………………....………

…………………………………………………………………………………........…………………………..…

$\boxed{\text{……………………………..……}}$

Donc l'expression de l'intensité du courant traversant le circuit RL **est** :

Remarques :



L'expression de la tension u_L :

On a : ……………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………

$\boxed{\text{………………………}}$

L'expression de la tension u_R :

Méthode 1 : On a : ………..………………………………………………...…

Méthode 2 : On a : ………...………………….…………………………...…………………………..………

…………………………...……………………………………...…………………………... ……………………

$\boxed{\text{…………………....……}}$

5. Constante de temps :

a. Définition : On définit la constante du temps d'un dipôle **RL** par la relation : ………………...

***Dimension de la constante de temps τ :**

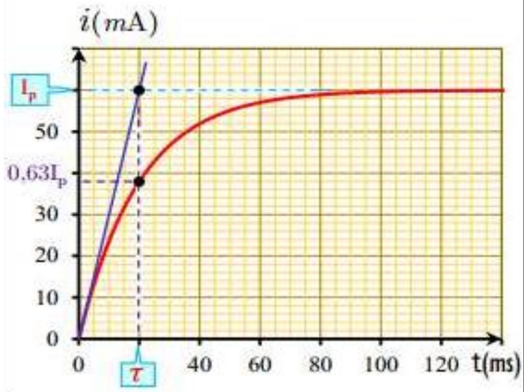
……

……

……

Donc : La grandeur τ a une dimension ……………, son unité dans SI est le …………..

b. Détermination de la constante de temps τ :

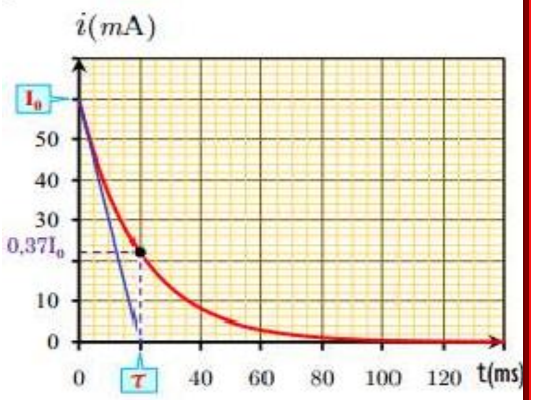


Lors d'établissement du courant : $i(t) = I_P(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$

Méthode 1 : À $t = \tau$ on a : ……………………………………..……

τ est l'abscisse qui correspond à l'ordonnée ……

Méthode 2 : τ est l'abscisse de l'intersection entre la tangente de la courbe à $t = 0$ et le asymptote $i = I_{max}$.



Lors d'annulation du courant : $i(t) = I_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

Méthode 1 : À t = τ on a : …………..……………………………

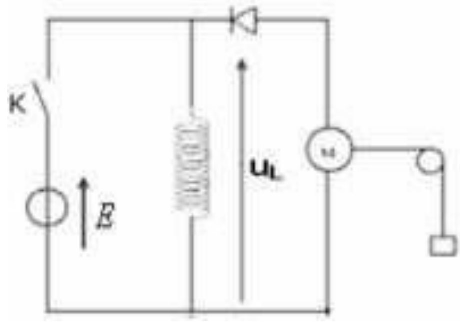
τ est l'abscisse qui correspond à l'ordonnée ……….…………..

Méthode 2 : τ est l'abscisse de l'intersection entre la tangente de la courbe à t =0 et l'axe des abscisses.

III. Energie emmagasinée dans une bobine :

1. Mise en évidence d'énergie emmagasinée dans une bobine :

Activité 3 : On réalise le montage expérimental suivant :



On ferme l'interrupteur **k** à l'instant $t = 0$ ،un courant électrique traverse la bobine car la diode est bloquante ،elle empêche le courant de passer dans le moteur puis on ouvre l'interrupteur, on constate que le moteur fonctionne et le corps suspendu au fil monte d'une hauteur h.

Conclusion : La bobine a emmagasinée énergie qui a été libérée lorsqu'on a ouvert le circuit. Le corps a reçu cette énergie électrique qui a été transformée en énergie potentielle pour le faire monté d'une hauteur **h**.

2. Expression de l'énergie magnétique d'une bobine :

L'énergie magnétique emmagasinée dans une bobine magnétique **L** parcourue par un courant électrique d'intensité **i** est donnée par la relation suivante :

…………………..

E_m :………………………………

L :…………..……..……………

i………………………...………

Démonstrations : considérons une bobine idéal : $u_L = \cdots$ … … … … …

………………………..…………………………………..……………………………………..……………………………

……..……………………………………..…………………………………..……………………………………..……………

……………………..…………………………………..……………………………………..……………………………………

………………………………..…………………………………..……………………………………………………………