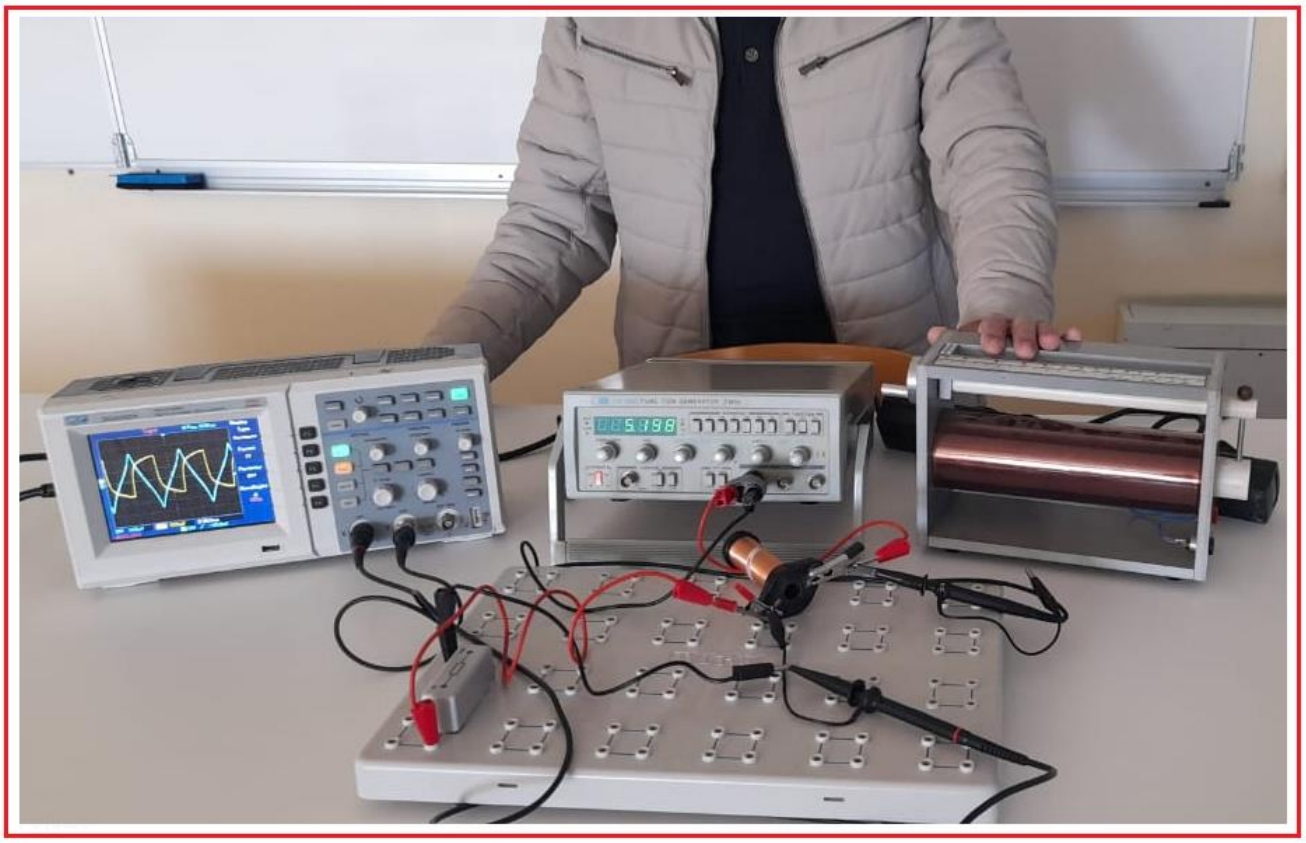
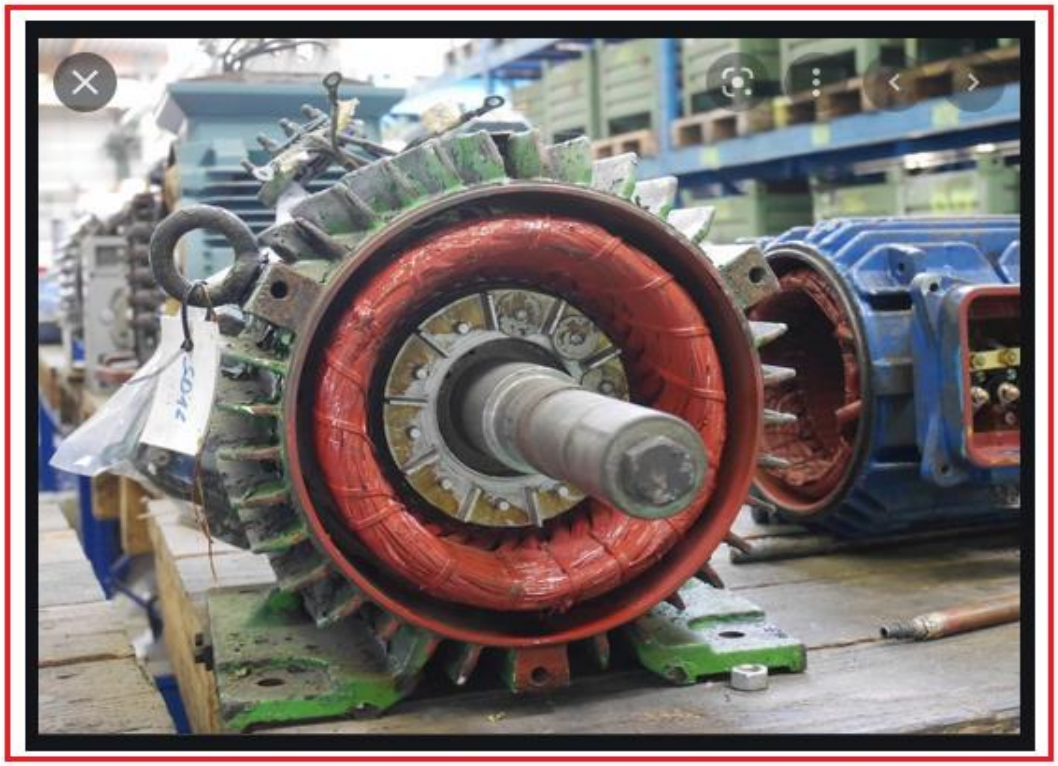
Cour de physique
Deuxième Bac
Sciences Physique

Dipôles : RL





Objectifs : Connaissances et savoir-faire exigibles

- Connaître la représentation symbolique d'une bobine ;
- En utilisant la convention récepteur, savoir orienter un circuit sur un schéma, représenter les différentes flèches-tension ;
- Connaître l'expression de la tension aux bornes d'une bobine, connaître la signification de chacun des termes et leur unité. Savoir exploiter la relation ;
- Effectuer la résolution analytique pour L'intensité du courant dans un dipôle RL soumis à un échelon de tension ;
- En déduire l'expression de la tension aux bornes de la bobine ;
- Connaître l'expression de la constante de temps et savoir vérifier son unité par analyse dimensionnelle ;
- Connaître l'expression de l'énergie emmagasinée dans une bobine ;
- Savoir qu'une bobine s'oppose aux variations du courant du circuit où elle se trouve et que l'intensité de ce courant ne subit pas de discontinuité
- Savoir que la tension aux bornes d'un condensateur n'est jamais discontinue,
- Savoir exploiter un document expérimental pour :
  - Identifier les tensions observées
  - Montrer l'influence de R et de L lors de l'établissement et de la disparition du courant ;
  - Déterminer une constante de temps
- réaliser un montage électrique à partir d'un schéma
- réaliser les branchements pour visualiser les tenions aux bornes du générateur, de la bobine et du conducteur ohmique.
- Montrer l'influence de l'amplitude de l'échelon de tension, de R et de L sur le phénomène observé.

1- Définition

Le dipôle RL est un circuit forme par :

- Un résistor de résistance :R
- Une bobine d'inductance(L) et de résistance interne (r)

2- La bobine

2-1- définition

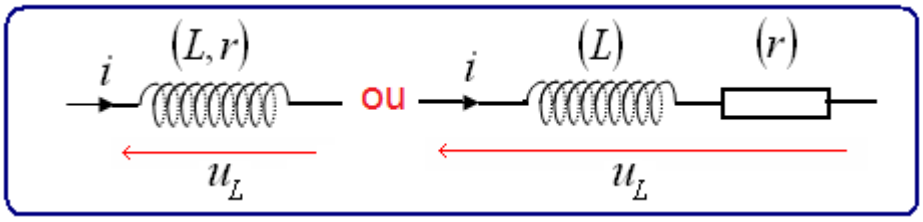
Une bobine est un dipôle (composant électrique), constitué par un enroulement cylindrique d'un fil conducteur recouvert d'une couche isolante (gaine ou vernie)



Differents types de bobines

2-2- Symbole

Dans les circuits électriques on représente la bobine par le symbole suivant :

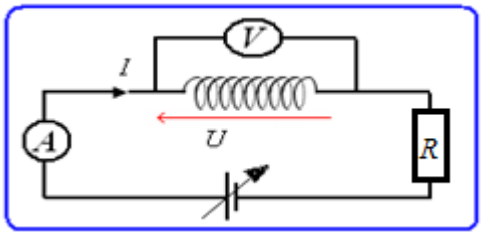


- L : l'inductance de la bobine d'unité le Henry (H)
- r : la résistance interne d'unité l'Ohm (Ω)
- u_L : l'intensité aux bornes de la bibine d'unité le volt (V)

2-3- Tension aux bornes d'une bobine

2-3-1- Étude expérimentale :1

a- Activité



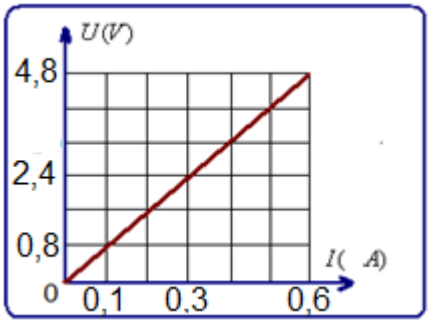
*On réalise le montage expérimentale à cote

- une bobine de résistance faible et d'inductance L = 10mH
- un générateur (G) de tension continue variable
- un conducteur ohmique de résistance R = 100Ω
- un ampèremètre pour mesurer l'intensité de courant dans le circuit
- un voltmètre pour mesurer la tension aux bornes de la bobine

*On ferme l'interrupteur et on fait varier la tension aux bornes de la bobine U, à chaque fois on mesure l'intensité de courant qui traverse le circuit et la tension U .On obtient les résultats représentée aux tableau à cote :

$U(V)$	0	0,8	2,4	4,8
$I(A)$	0	0,1	0,3	0,6

*la représentation graphique : $U = f(I)$



b- Exploitation des résultats

d'après le graphe on conclue que la tension U est proportionnelle à l'intensité de courant I ,donc $U = k.I$ et d'après la loi d'ohm k représente la résistance interne de la bobine r

(r = la pente de la droite= $\frac{2,4}{0,3} = 8\Omega$)

Dans le courant continu la bobine se comporte comme un conducteur Ohmique

2-3-2- étude expérimentale :2

a- Activité

On réalise le montage (figure :1)

On utilise un système d'acquisition reliée à un oscilloscope . On obtient la courbe représentée (figure :2) :

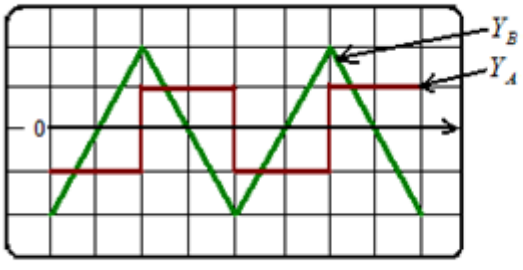


Figure:2

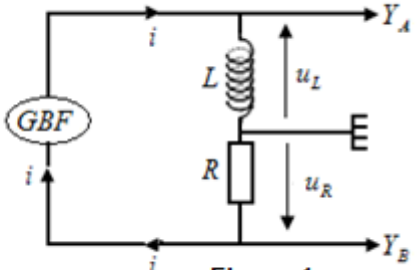


Figure:1

On a : le balayage horizontal : $20ms/div$

Le balayage vertical : $Y_A \Rightarrow 200mV/div$ et $Y_B \Rightarrow 2V/div$ et $L = 0{,}1H$, $R = 100\Omega$

b- L'expression de la tension $u_R(t)$ dans l'intervalle $\left[0 - \frac{T}{2}\right]$

On a graphiquement : a : tel que $u_R = at + b$ représente la pente de la droite :

. $b = -2 \times 2V = -4V$ et $a = \frac{4-(-4)}{2 \times 20.10^{-3}} = 200 V/S$

Dou : $u_R(t) = 200t - 4$

c- L'expression de $i(t)$

D'après la loi d'Ohm on a :

$u_R = -Ri \Rightarrow i = \frac{-u_R}{R} = \frac{-200t+4}{100} = -2t + 0{,}04$ Donc : $i(t) = -2t + 0{,}04$

d- La valeur de u_L dans le meme intervalle

: oncD $u_L = -1 \times 200mV = -0{,}2V$ $u_L = 0{,}2V$

e- Calculer du rapport $\frac{u_L}{di/dt}$ et comparer avec la valeur de L

$\frac{u_L}{di/dt} = \frac{-0{,}2}{-2} = 0{,}1$ on conclu que $\frac{u_L}{di/dt} = L$ Donc : $u_L = L.\frac{di(t)}{dt}$

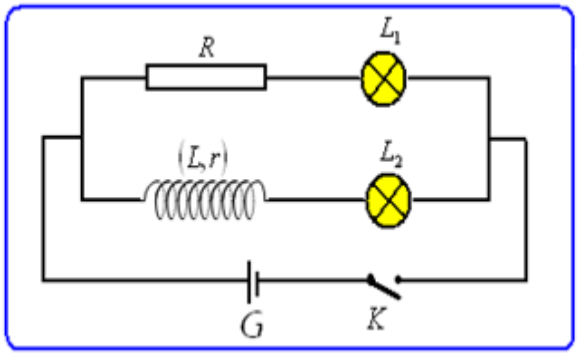
f- L'expression de $u_L(t)$ si la résistance interne n'est pas négligée :

$$\boldsymbol{u_L = L.\frac{di(t)}{dt} + r.i(t)}$$

24- l'influence d'une bobine dans un circuit électrique

2-4-1- Activité

On réalise le circuit suivant où les deux lampes L1 et L2 sont identiques et on ferme l'interrupteurK :



2-4-2- Exploitation

Dans la branche qui contient la bobine, le courant ne s'établit pas instantanément (la lampe L_2 s'allume après L_1), mais il a la même valeur que dans l'autre branche lorsque le courant est établi (léclat de L_2 est alors identique à celui de L_1). On observe donc deux régimes : un régime transitoire et un régime permanent. On en déduit que la bobine s'oppose de manière transitoire à l'établissement du courant dans

le circuit. Elle se comporte comme un conducteur ohmique en régime permanent, mais pas en régime transitoire.

2-4-3- Conclusion

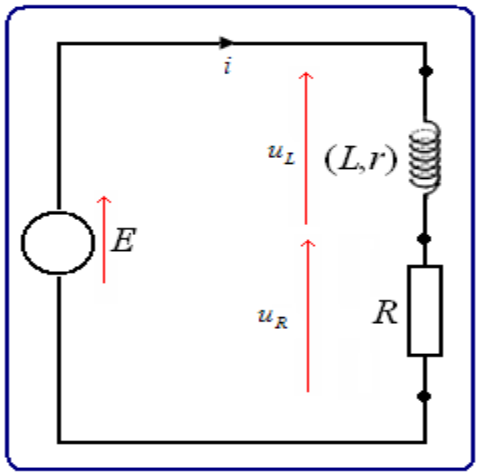
Dans un circuit électrique la présence d'une bobine retarde l'établissement et la rupture du courant dans ce circuit , d'une façon générale la bobine résiste à la variation du courant électrique qui le traverse , c'est l'effet du produit : $L\dfrac{di}{dt}$

3≠ réponse d'un dipôle (R,L) à un échelon de tension

3-1- échelon montant de tension

3-1-1-Equation différentielle qui vérifie l'intensité de courant i(t)

On réalise le circuit à cote et en utilisant la loi d'additivité des tension :



$$E = u_R(t) + u_L(t)$$

$$E = Ri(t) + ri(t) + L\frac{di(t)}{dt}$$

$$E = (R+r)i(t) + L\frac{di(t)}{dt}$$

On pose : $R_t = R + r$

$$E = R_t i(t) + L\frac{di(t)}{dt} \Rightarrow \frac{E}{R_t} = i(t) + \frac{L}{R_t}\frac{di(t)}{dt}$$

on pose : $\tau = \dfrac{L}{R_t}$ on aura $\dfrac{E}{R_t} = i(t) + \tau\dfrac{di(t)}{dt}$

Dou l'équation différentielle est :

$$\tau.\frac{di(t)}{dt} + i(t) = \frac{E}{R_t}$$

3-1-2- Solution de l'équation différentielle

La solution de l'équation différentielle est de la forme : $i(t) = Ae^{-\alpha t} + B$

On a : $\dfrac{di(t)}{dt} = -Ame^{-\alpha t}$

on remplace dans l'équation différentielle

$$\frac{E}{R_t} = Ae^{-\alpha t} + B - Am\tau\cdot e^{-\alpha t}$$

$$\frac{E}{R_t} = Ae^{-\alpha t}(1 - m\tau) + B$$

* détermination de B et α

En reportant la solution dans l'équation différentielle :

Pour que i(t) soit une solution de l'équation différentielle , il suffit que :

$B = \frac{E}{R_t}$ et $m = \frac{1}{\tau}$ $\Rightarrow 1 - m\tau = 0$

Pour la valeur de A ,on considere l'etat initial : $(t = 0)$ donc $i(t) = 0$

$0 = Ae^0 + B = A + B \Rightarrow A = -B$

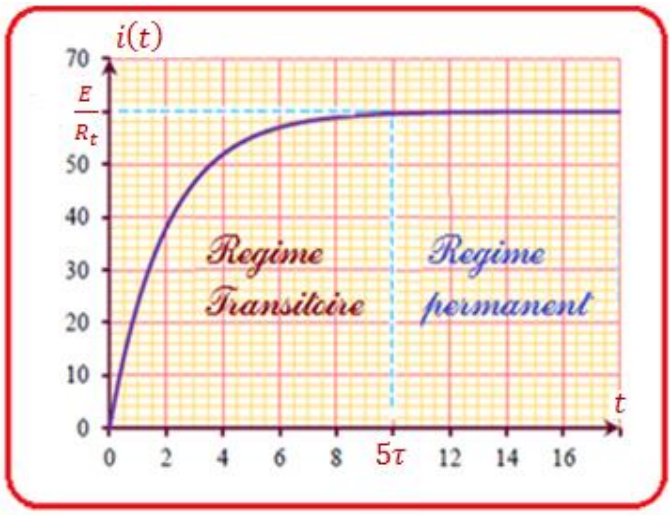
Dou la solution est : $i(t) = \frac{E}{R_t}\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$

3-1-3- Représentation graphique de $i(t)$

on a : $i(t) = \frac{E}{R_t}\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$

Mathématiquement la courbe qui représente figure à coté $i = f(t)$

Tel que $\begin{cases} \text{à } t = 0 \ \ on\ a\ \ i(0) = 0 \\ \text{à } t \to \infty \ \ on\ a\ \ i(\infty) \to \frac{E}{R_t} \end{cases}$



La courbe présente deux régime :

- Un régime transitoire : la tension $i(t)$ varie au cours du temps .
- Un régime stationnaire ou régime
- permanent où $i(t)$ reste constante et égale à $\frac{E}{R_t}$

3-1-4- Expression et représentation de ; $u_L(t)$ et $u_R(t)$

a- Expression de u_L

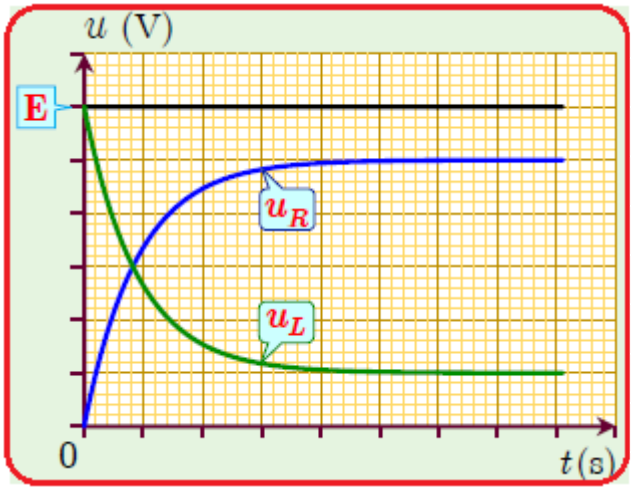
On a : $u_L = ri + L\frac{di}{dt} = \frac{r.E}{R_t}\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) + L\frac{E}{R_t}.\frac{1}{\tau}e^{-\frac{t}{\tau}}$

$u_L = \frac{r.E}{R_t}\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) + L\frac{E}{R_t}.\frac{1}{\frac{L}{R_t}}e^{-\frac{t}{\tau}}$

$$u_L = \frac{r.E}{R_t}\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) + E.e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Dans le cas ou $r \ll R$ donc : $\frac{r}{R_t} \approx 0$

On aura donc : $u_L = E.e^{-\frac{t}{\tau}}$



b- Expression de u_R

On a : $u_R = R.i = \frac{R.E}{R_t}\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) = u_{R_{max}}\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$

On aura donc :

$$u_R = u_{R_{max}}\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

3-1-5- Signification physique de la constante :τ

a- Définition

La constante τ du dipole RL est : $\tau = \frac{L}{R_t}$

b- Equation des dimensions

$[\tau] = \frac{[L]}{[R_t]}$ Avec : $[L] = \frac{[u].[t]}{[i]}$ et $[R_t] = \frac{[u]}{[i]}$

D'où :

$$[\tau] = \frac{\frac{[u].[t]}{[i]}}{\frac{[u]}{[i]}} = [t] = T$$

c- Conclusion

la constante τ a une dimension temporelle, son unité dans le système internationale est le seconde donc elle représente la constante de temps .

Elle est un indicateur de la durée du régime transitoire lors de l'établissement du courant (ou la rupture du courant)

d- Détermination de la valeur de τ

On a deux méthodes :

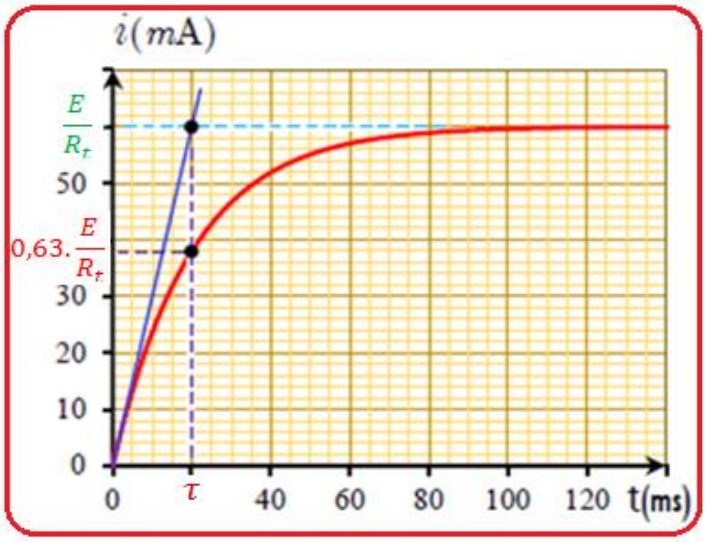
- méthode de calcul :

en utilisant la relation : $\tau = \frac{L}{R_t}$

- méthode graphique :

on utilise la tangente à la courbe $i(t) = \frac{E}{R_t}\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$ à la date $t = 0$ et on détermine graphiquement le point d'intersection de cette tangente avec l'asymptote horizontal

$i(t) = \frac{E}{R_t} = I_0 = I_{max}$

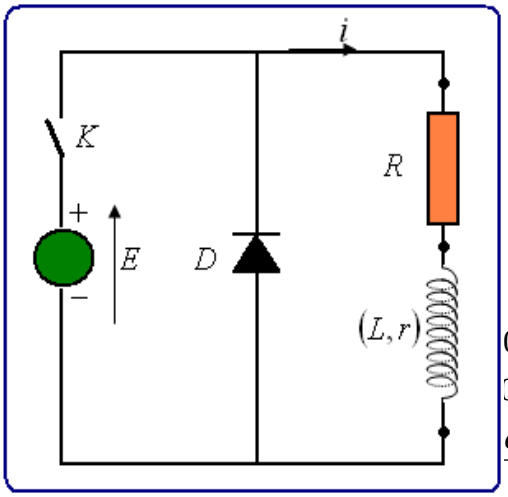


Ou on calcule : $i(t = \tau) = \frac{E}{R_t}\left(1 - e^{-\frac{\tau}{\tau}}\right) = 0{,}63.\frac{E}{R_t} = 0{,}63.I_0 = 0{,}63.I_{max}$, τ est l'abscisse sur le graphe $i(t)$

3-2- Échelon descendant de tension

3-2-1- équation différentielle qui vérifie $i(t)$

On utilise le circuit à cote



d'après la loi d'additivité des tension :

$$0$$
$$0$$
$$\frac{di(t)}{} = 0$$

$i(t)+\frac{L}{R_t}\frac{di(t)}{dt}=0$ on pose $\frac{L}{R_t}=\tau$ D'où : $\boxed{\frac{di(t)}{dt}+\frac{1}{\tau}.i(t)=0}$

3-2-2- Solution de l'équation différentielle

La solution est : $i(t)=Ae^{-mt}+B$ et $\frac{di(t)}{dt}=-Ame^{-mt}$ Dou : $Ae^{-mt}+B-Am\tau\cdot e^{-mt}=0$

$Ae^{-mt}(1-m\tau)+B=0$

$m=\frac{1}{\tau}$ - et $B=0$

A l'etat initiale $(t=0)$ on a $i(t)=\frac{E}{R_t} \Rightarrow Ae^0=\frac{E}{R_t} \Rightarrow A=-B$

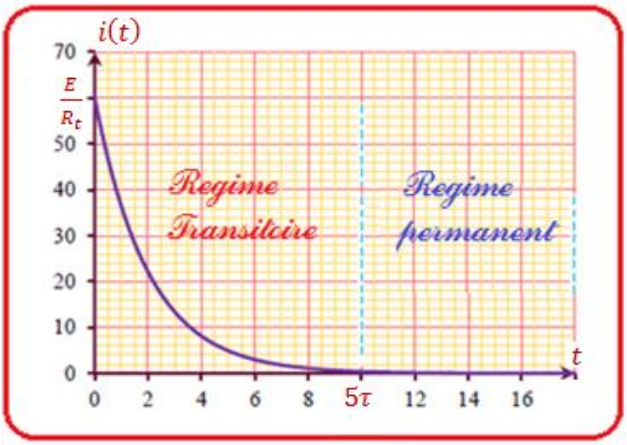
Donc la solution est : $\boxed{i(t)=\frac{E}{R_t}.e^{-\frac{t}{\tau}}}$

3-2-3- Representation de : $i(t)$

D'apres l'expression : $i(t)=\frac{E}{R_t}.e^{-\frac{t}{\tau}}$

$\begin{cases}\text{à } t=0 & on\ a : i(0)=\frac{E}{R_t}\\ \text{à } t\to\infty & on\ a : i(\infty)\to 0\end{cases}$

Le graphe à coté représente $i(t)$



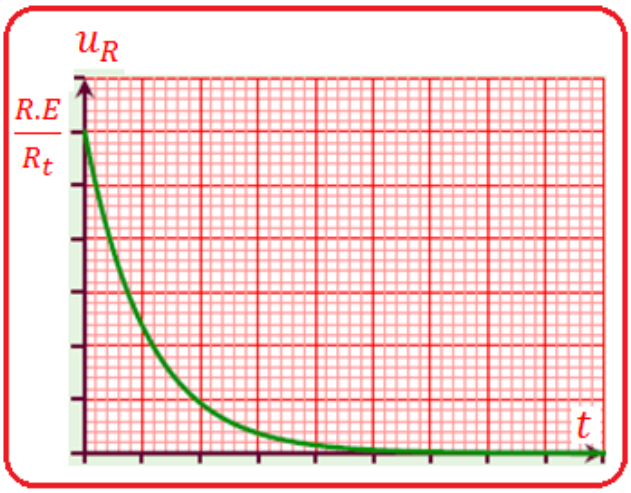
3-2-4- Expression de : $u_L(t)$ et $u_R(t)$

c- Expression de u_R

On a : $u_R = R.i = \frac{R.E}{R_t} e^{-\frac{t}{\tau}} = u_{R_{max}} e^{-\frac{t}{\tau}}$

On aura donc :

$$u_R = u_{R_{max}} . e^{-\frac{t}{\tau}}$$



Dans le cas ou $r \ll R$ on aura : $u_R = E.e^{-\frac{t}{\tau}}$

d- Expression de u_L

On a : $u_L + u_R = 0$ donc : $u_L = -u_R$

$$u_L = -\frac{R.E}{R_t} . e^{-\frac{t}{\tau}}$$

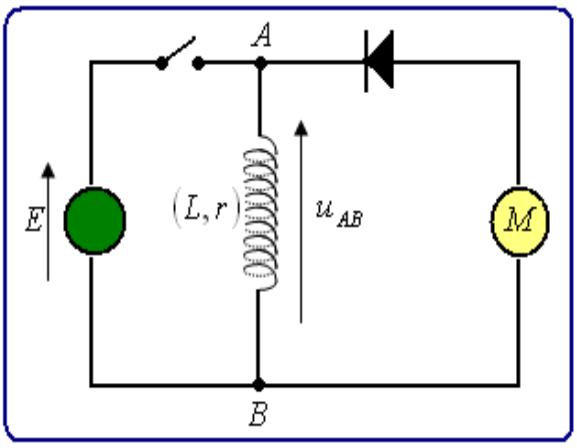
Dans le cas ou $r \ll R$
On aura donc :

$$u_L = -E.e^{-\frac{t}{\tau}}$$

4- l'énergie emmagasinée dans la bobine

4-1- activité

On réalise le montage à cote qui comporte un moteur , une bobine d'inductance importante et une diode D .
Lorsqu'on ferme l'interrupteur K un courant électrique traverse la bobine . la diode est bloquée .



4-2- exploitation

À l'ouverture de l'interrupteur, le moteur tourne. Comment peut on expliquer ce phénomène
Cet expérience montre que la bobine emmagasine de l'énergie à la fermeture de l'interrupteur K :
elle se comporte comme un récepteur électrique. elle fournit cet énergie au moteur sous forme d'une énergie mécanique lors de l'ouverture du circuit ; la bobine se comporte alors temporairement comme un générateur électrique

4-3- L'expression de l'énergie emmagasinée dans une bobine

Lorsqu'on ferme le circuit, la loi d'additivité de tension s'écrit :

$$u_{AB} = E = ri(t) + L\frac{di(t)}{dt} \quad \text{donc} \quad Ei(t) = ri^2(t) + Li(t)\frac{di(t)}{dt}$$

$Ei(t)$:la puissance fournie par le générateur

$ri^2(t)$:la puissance dissipée par effet joule

$Li(t)\frac{di(t)}{dt}$: la puissance emmagasinée dans la bobine notée :P

Tel que : P = $\frac{d\xi_m}{dt} = Li(t)\frac{di(t)}{dt}$

$$\frac{d\xi_m}{dt} = Li(t)\frac{di(t)}{dt} \Rightarrow d\xi_m = Li(t)di(t) \Rightarrow \xi_m = \int Lidi = L\int idi = L\frac{1}{2}i^2$$

$$D'où \quad \xi_m = \frac{1}{2}Li^2$$

4-4- Conclusion :

Une bobine d'inductance L , traversée par un courant dont l'intensité passe de 0 à la valeur i , emmagasine une énergie appelée énergie magnétiques ξ_m

$$\text{Avec} \begin{cases} L \text{ en Henty } (H) \\ i \text{ en Amper } (A) \\ \xi_m \text{ en joule } (J) \end{cases} \Rightarrow \quad \xi_m = \frac{1}{2}Li^2$$