

EXERCICES

Exercice N°1 :

Une bobine AC fermée sur un résistor de résistance R est placée dans le champ magnétique créé par un aimant droit comme l'indique la figure-1-.

On approche l'aimant de la bobine par son pôle nord.

Un courant induit d'intensité électrique, i , passe dans le circuit.

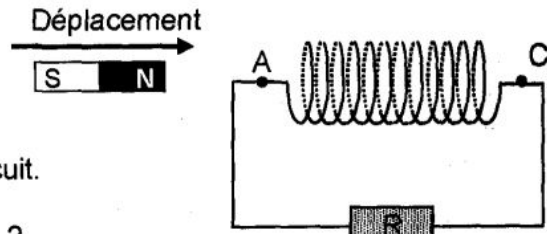


Figure-1-

1°/ De quel phénomène physique s'agit-il ? A quoi est dû ?

2°/

a- Enoncer la loi de Lenz.

b- Indiquer sur la figure -1-:

- Les vecteurs champs magnétiques créés à l'intérieure de la bobine.
- Le sens du courant induit.

3°/ Déterminer, avec justification, le signe de la tension u_{AC} .

4°/ Dans le but de déterminer l'inductance L de la bobine AC de résistance supposée nulle, on réalise le montage de la figure -2- comportant : un générateur délivrant une tension périodique triangulaire, un conducteur ohmique de résistance $R=100\Omega$ et la bobine AC.

Un oscilloscope à mémoire permet de visualiser simultanément les tensions u_{BA} et u_{AC} après avoir appuyer sur le bouton inverse de la voie Y .Figure -3- .

On donne : Sensibilité verticale pour les deux voies : $1V/div$ et la base de temps : $1ms/div$.

a- Expliquer le comportement de la bobine lorsqu'elle est parcourue par un courant variable i .

b- Montrer que la tension électrique, $u_{AC}(t)$ s'écrit sous la forme de: $u_{AC}(t) = \frac{L}{R} \cdot \frac{du_{BA}(t)}{dt}$.

c- Etablir l'expression, en fonction du temps, de la tension $u_{BA}(t)$ aux bornes du conducteur ohmique dans l'intervalle de temps $[0 ; 1ms]$.

d- Quelle est la valeur de la tension $u_{AC}(t)$ dans l'intervalle de temps $[0 ; 1ms]$.

e- En déduire la valeur de l'inductance L de la bobine.

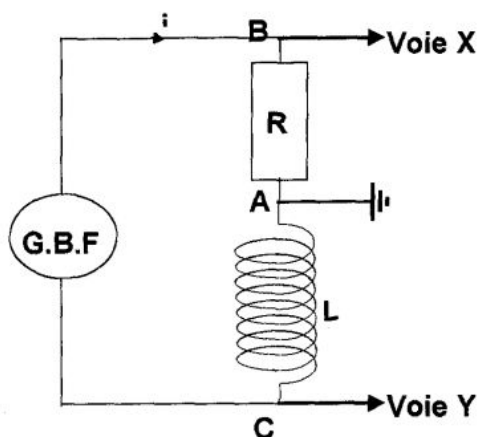


Figure -2-

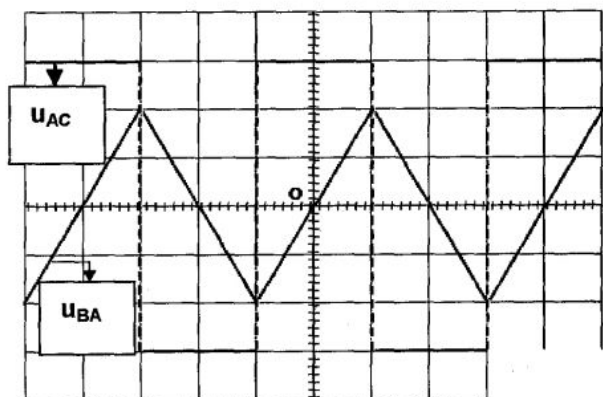


Figure -3-

Exercice N°2 :

On monte en série, un générateur G, un résistor de résistance $R=300\Omega$ et une bobine (B) d'inductance L et de résistance r. Figure -1-

Un oscilloscope bicourbe branché au circuit donne après le réglage nécessaire les oscillogrammes des tensions $u_B(t)$ aux bornes de la bobine (B) sur la voie Y₁ et $u_R(t)$ aux bornes du résistor sur la voie Y₂.

1°/ Faire correspondre les points du circuit (A,P et N) de la figure -1- avec l'oscilloscope

(voie Y₁, voie Y₂ et masse) afin de visualiser les tensions $u_B(t)$ et $u_R(t)$.

2°/ La tension électrique aux bornes de la bobine est exprimée par la relation suivante : $u_B(t) = -e + r.i(t)$.

a- Nommer e.

b- Donner l'expression de e en fonction de L et de $\frac{di(t)}{dt}$.

3°/ Le générateur G débite, dans une première expérience, un courant électrique d'intensité constante égale I_0 . La figure -2- donne les oscillogrammes $u_B(t)$ et $u_R(t)$.

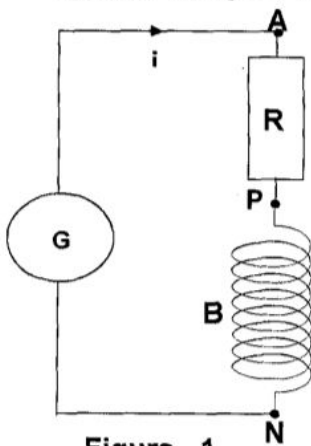


Figure - 1-

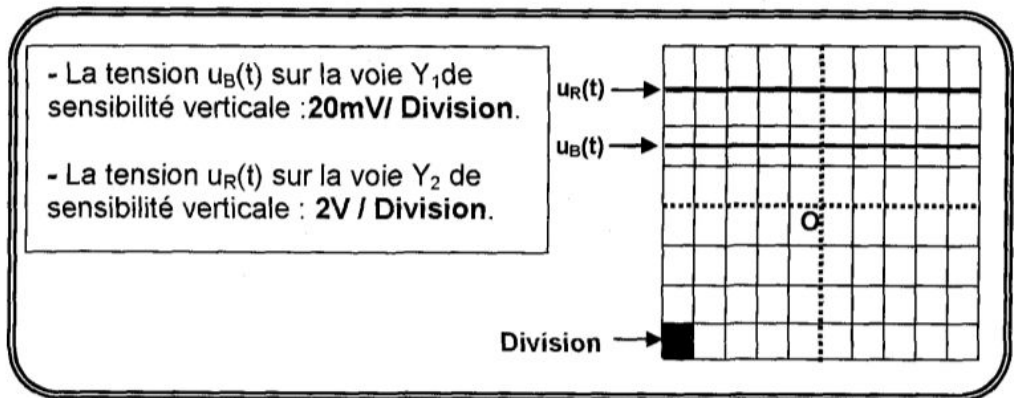


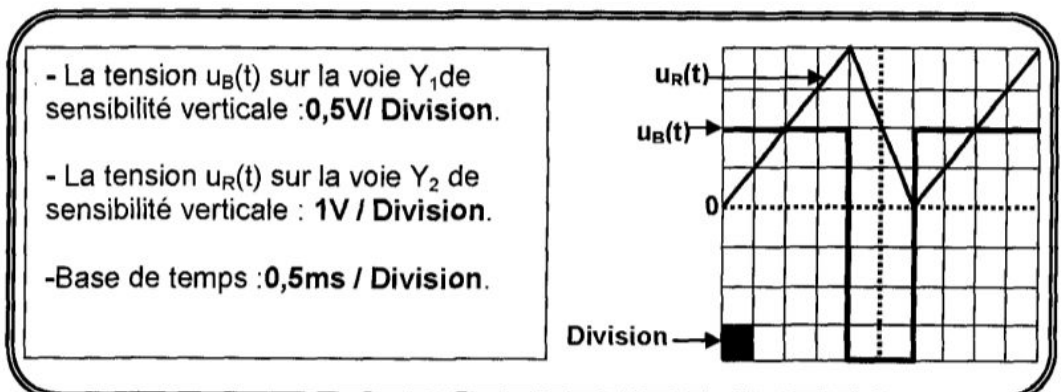
Figure - 2-

a- Déterminer graphiquement les valeurs de u_B et u_R .

b- Déduire les valeurs de I_0 et de r.

4°/ Dans une deuxième expérience on remplace le générateur précédent par un générateur à basses fréquences (G.B.F.). La figure -3- donne les oscillogrammes $u_B(t)$ et $u_R(t)$.

Figure - 3-



a- Montrer, qu'à tout instant, la bobine B est le siège d'un phénomène d'auto induction électromagnétique.

b- On néglige la résistance r de la bobine, déterminer graphiquement les deux valeurs e_1 et e_2 créées dans la bobine durant une période.

c- Montrer que $e = - \frac{L}{R} \frac{du_R}{dt}$. En déduire la valeur de l'inductance L de la bobine B.

Exercice N°3:

On considère le montage constitué par un conducteur ohmique de résistance $R = 13 \, \Omega$, un générateur idéal de fem $E = 6V$ et une bobine, (B), d'inductance L variable et de résistance $r = 2,5 \, \Omega$. Figure -1-.

Lorsqu'on ferme l'interrupteur, un système d'acquisition permet d'enregistrer la tension u aux bornes du conducteur ohmique.

On réalise deux acquisitions successives pour deux valeurs différentes de l'inductance $L_1 = 100 \, \text{mH}$ et L_2 sans modifier le circuit, on obtient les deux graphes ci-dessous :

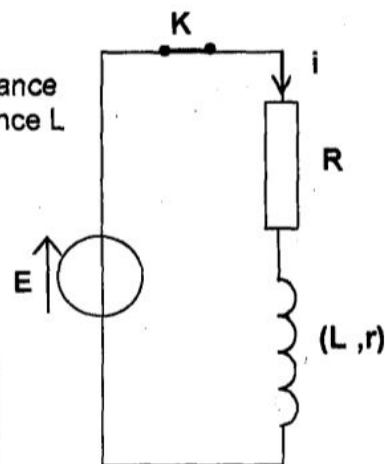
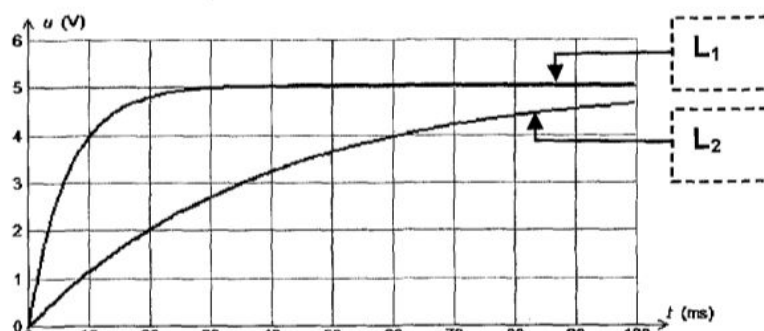


Figure -1-



1°/

- a- En régime permanent, quelles sont les valeurs de $u_{(R)}(t)$, $u_{(B)}(t)$ et l'intensité du courant I_p ?
b- Expliquer pourquoi ces trois valeurs sont-elles indépendantes de la valeur de l'inductance L ?

2°/

- a- Etablir l'équation différentielle à la quelle obéit l'intensité $i(t)$ du courant électrique.
b- Sachant que cette équation différentielle admet comme solution : $i(t) = A(1 - e^{-\frac{R+r}{L}t})$, déduire A .

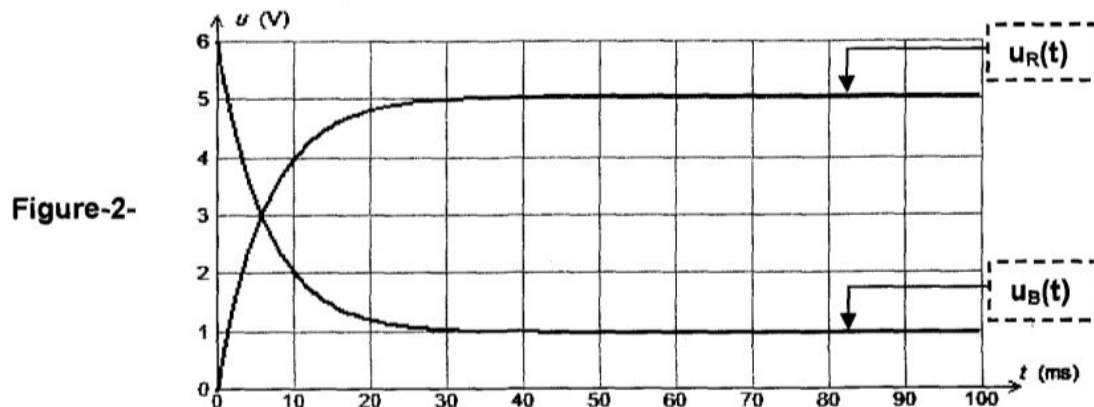
3°/a- Par une analyse dimensionnelle, vérifier que la constante de temps, τ , du dipôle RL est bien homogène à une durée.

- b- Déterminer, en expliquant la méthode utilisée, la constante de temps, τ , de la deuxième acquisition de la bobine d'inductance L_2 .
c- En déduire la valeur de l'inductance L_2 de la bobine lors de la deuxième acquisition.

4°/ Lors de l'expérience faite avec la bobine d'inductance L_1 , on a réalisé simultanément l'acquisition de $u_{(R)}(t)$ et $u_{(B)}(t)$ on obtient les deux graphes de la figure -2-.

Si on modifie un seul paramètre chaque fois, tracer sur la figure -2- et avec justification :

- a- L'allure de la courbe de $u_{(R)}(t)$ si $R = 28 \, \Omega$.
b- L'allure de la courbe de $u_{(B)}(t)$ si $r = 0 \, \Omega$.



Exercice N°4:

On réalise un circuit comportant un générateur de fem $E = 8V$, une bobine B_1 d'inductance $L_1 = 8.10^{-2} H$ et de résistance r_1 , un résistor de résistance $R_1 = 30 \Omega$. Figure-1-

A une date $t = 0$, on ferme l'interrupteur K .

1°/ Etablir l'équation différentielle du circuit faisant intervenir l'intensité i .

2°/ Sachant que $i(t) = I_0 (1 - e^{-t/\tau})$ est une solution de l'équation

différentielle, déterminer les expressions de I_0 et de τ en fonction de E , L_1 , R_1 et r_1 .

3°/ On visualise, à l'aide d'un oscilloscope à mémoire, la tension $u_{R_1}(t)$ aux bornes du résistor R_1 . Figure -2-.

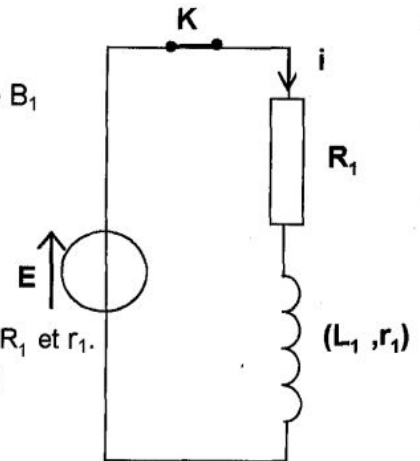


Figure -1-

a- Montrer que $u_{R_1}(t)$ traduit l'évolution de l'intensité $i(t)$.

b- Expliquer le retard d'établissement du régime permanent dans le circuit.

c- Déduire, à partir de la figure -2-, la valeur de I_0 .

d- Représenter, en justifiant sur la figure -2-:

* L'allure de la courbe représentative (I) de la tension aux bornes du générateur.

* L'allure de la courbe représentative (II) de l'évolution de $u_{R_1}(t)$ lorsqu'on remplace la bobine b_1 par une bobine b_2 d'inductance $L_2 = L_1$ et de résistance nulle.

* L'allure de la courbe représentative (III) de l'évolution de $u_{R_1}(t)$ lorsqu'on remplace la bobine b_1 par un résistor de résistance r_1 .

4°/ Un système d'acquisition non représenté permet d'enregistrer la tension $u_{b_1}(t)$. Figure -3-.

a- Exprimer la tension u_{b_1} en fonction de L_1 , i et r_1 .

b- Montrer que $u_{b_1}(t)$ s'écrit sous la forme $u_{b_1}(t) = A e^{-t/\tau} + B$. Déterminer les expressions de A et B .

c- Déduire la valeur de r_1 .

d- Déterminer l'instant à laquelle l'énergie emmagasinée dans la bobine vaut $1,344.10^{-3} J$.

e- Représenter l'allure de la courbe de la tension $u_{b_1}(t)$ lorsqu'on augmente la résistance R_1 .

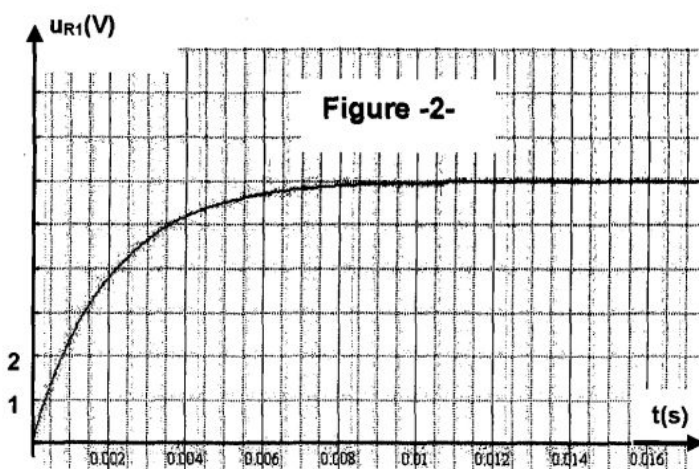


Figure -2-

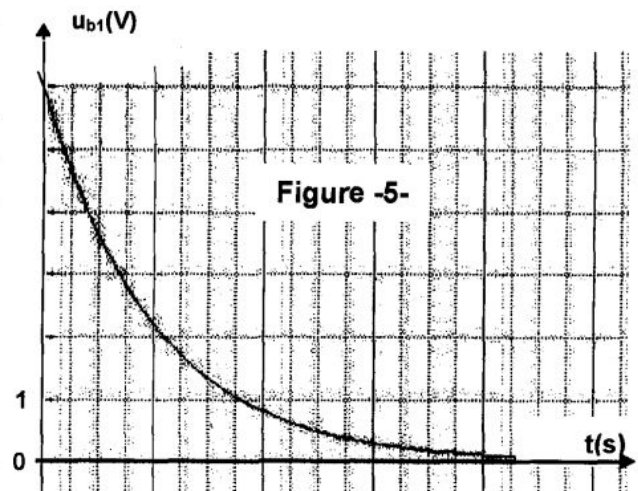


Figure -5-

CORRECTION

Exercice N°1:

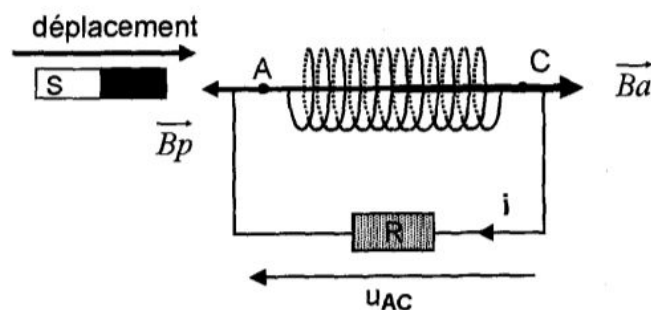
1°/ C'est le phénomène d'induction électromagnétique qui s'est produit dans la bobine et dû à la variation de la valeur du champs magnétique crée par l'aimant dans la bobine (déplacement de l'aimant).

2°/

a- La loi de Lenz : Le courant induit a un sens tel qu'il s'oppose par ses effets à la cause qui lui a donné naissance.

b- $\vec{B}_a$: Vecteur champs magnétique crée par l'aimant.

$\vec{B}_p$: Vecteur champs magnétique crée par le courant induit.



3°/ u_{AC} est négative car les flèches de i et $u_{AC} = V_A - V_C < 0$ car $V_A < V_C$ sont de même sens.

4°/

a- La variation de l'intensité du courant électrique dans la bobine provoque l'apparition du phénomène d'auto-induction dans la bobine puisqu'elle est l'induit et l'inducteur.

$$\text{b- } u_{AC}(t) = L \cdot \frac{di(t)}{dt} \text{ or } u_{BA}(t) = R \cdot i(t) \text{ alors } i(t) = \frac{u_{BA}(t)}{R} \text{ par suite } u_{AC}(t) = L \cdot \frac{d\left(\frac{u_{BA}(t)}{R}\right)}{dt} \text{ alors}$$

$$u_{AC}(t) = \frac{L}{R} \cdot \frac{du_{BA}(t)}{dt}.$$

c- $u_{BA} = f(t)$ est une droite qui passe par l'origine d'équation : $u_{BA}(t) = a \cdot t$. Avec a : le coefficient

directeur de la droite dans l'intervalle $[0 ; 1\text{ms}]$. $a = \frac{2}{10^{-3}} = 2 \cdot 10^3 \text{ V} \cdot \text{s}^{-1}$ par suite $u_{BA}(t) = 2 \cdot 10^3 \cdot t$.

d- Dans l'intervalle $[0 ; 1\text{ms}]$, $u_{AC}(t) = 3 \text{ V}$.

$$\text{e- } u_{AC}(t) = \frac{L}{R} \cdot \frac{du_{BA}(t)}{dt} \text{ alors } L = \frac{u_{AC}(t) \times R}{\frac{du_{BA}(t)}{dt}}. \text{ AN : } L = \frac{3 \times 100}{2 \cdot 10^3} = 15 \cdot 10^{-2} \text{ H}.$$

Exercice N°2:

1°/ $A \rightarrow Y_2$; $P \rightarrow \text{Masse}$; $N \rightarrow Y_1$

2°/

a- e : Force électromotrice d'auto induction.

$$\text{b- } e = - L \cdot \frac{di(t)}{dt}.$$

3°/

a- $u_B = 30\text{mV}$ et $u_R = 6\text{V}$.b- $u_R = R \cdot I_0$ alors $I_0 = \frac{u_R}{R}$. AN : $I_0 = \frac{6}{300} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ A}$. $u_B = L \cdot \frac{di(t)}{dt} + r \cdot i(t)$ puisque i est constante au cours du temps alors $\frac{di(t)}{dt} = 0$ par suite $u_B = r \cdot I_0$ d'où $r = \frac{u_B}{I_0}$. AN : $r = \frac{30 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-2}} = 1,5 \Omega$.

4°/

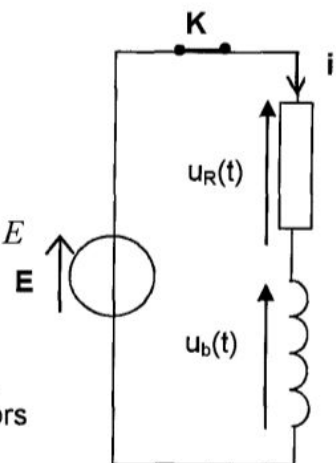
a- La bobine jouant, simultanément, le rôle de l'inducteur et de l'induit est traversée par un courant électrique d'intensité variable. Elle fait apparaître une fem d'auto induction à ses bornes on dit qu'elle est le siège d'un phénomène d'auto induction.

b- En négligeant la résistance de la bobine $e = -u_B(t)$ Dans la partie ascendante de la période : $e_1 = -1\text{V}$.Dans la partie descendante de la période : $e_2 = 2\text{V}$.c- $e = -L \cdot \frac{di(t)}{dt} = -\frac{L}{R} \cdot \frac{du_R(t)}{dt}$. $L = -\frac{e_1 \cdot R}{\frac{du_R(t)}{dt}}$ avec $\frac{du_R(t)}{dt} = a$: Le coefficient directeur du segmentascendant de la courbe $u_R(t)$. $\frac{du_R(t)}{dt} = a = \frac{4}{2 \cdot 10^{-3}} = 2 \cdot 10^3 \text{ V} \cdot \text{A}^{-1}$. AN : $L = -\frac{-1 \times 300}{2 \cdot 10^3} = 0,15 \text{ H}$.**Exercice N°3:**

1°/

a- $u_R(t) = 5 \text{ V}$; $u_B(t) = E - u_R(t)$. AN : $u_B(t) = 1 \text{ V}$ et $u_R(t) = R \cdot I_P$ alors $I_P = \frac{u_R(t)}{R}$. AN : $I_P = 0,38 \text{ A}$.b- $I_P = \frac{E}{R + r}$; $u_R(t) = R \times I_P$ et $u_B(t) = E - u_R(t)$ donc les trois grandeurs ne dépendent pas de L .

2°/

a- $u_B(t) + u_R(t) = E$ alors $L \frac{di}{dt} + ri + Ri = E$ alors $L \frac{di}{dt} + (r+R)i = E$.b- $i(t) = A(1 - e^{-\frac{(R+r)}{L}t})$ alors $\frac{di}{dt} = \frac{A(R+r)}{L} e^{-\frac{(R+r)}{L}t}$ or $L \frac{di}{dt} + (R+r)i = E$ alors $L \frac{A}{L} (R+r) e^{-\frac{(R+r)}{L}t} + (R+r)A(1 - e^{-\frac{(R+r)}{L}t}) = E$ alors $A(R+r)e^{-\frac{(R+r)}{L}t} + (R+r)A - (R+r)A e^{-\frac{(R+r)}{L}t} = E$ alors $A(R+r) = E$ alors $A = \frac{E}{R+r}$.

3°/

a- $[\tau] = \frac{[L]}{[R]}$ or $[R] = \frac{[u]}{[I]}$ et $[L] = \frac{[I] \cdot [t]}{[u]}$ par suite $[\tau] = \frac{[u][I][t]}{[I][u]}$ alors $[\tau] = [t]$.

b- $\tau = 35 \text{ ms} = 35 \cdot 10^{-3} \text{ s}$ (méthode de tg : τ est l'abscisse du point d'intersection entre la tg à la courbe $u=f(t)$ à $t=0$ et son asymptote $u=5\text{V}$).

c- $\tau = \frac{L_2}{R+r}$ alors $L_2 = \tau (R+r)$. AN : $L_2 = 0,54 \text{ H}$.

4°/

a- Si $R = 28 \Omega$ alors $\tau = \frac{L_1}{R+r} = 3,2 \text{ ms}$ et $U_{R\text{max}} = RI_m = R \frac{E}{R+r}$. AN : $U_{R\text{max}} = 5,5 \text{ V}$
(courbe -1- de la figure -3a-).

b- Si $r = 0$ alors $u_{B\text{permanent}} = 0$ et $\tau = \frac{L_1}{R}$ AN : $\tau = \frac{0,1}{13} = 7,6 \text{ ms}$ (courbe -2- de la figure -3b-).
et $u_B(t)$ en régime permanent $= r \cdot I_p = 0$.

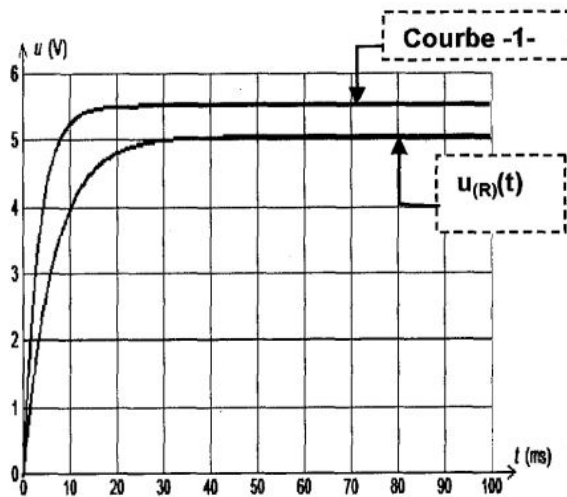


Figure -3a-

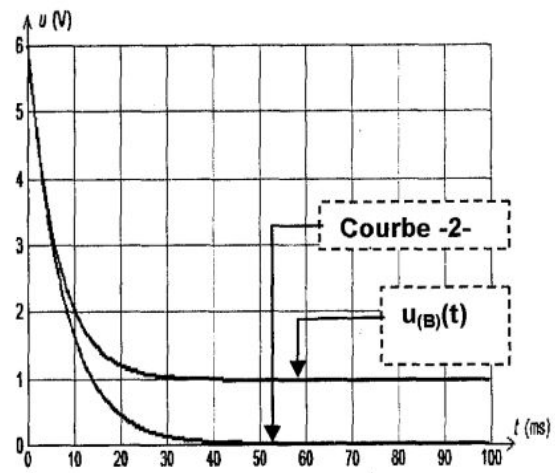


Figure -3b-

Exercice N°4:

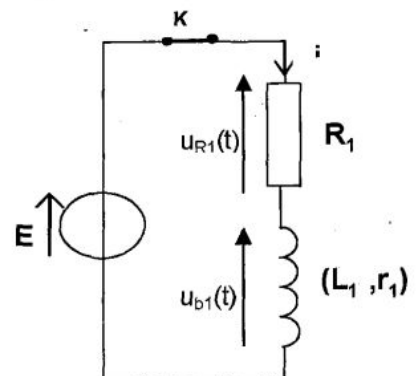
1°/ D'après la loi des mailles : $u_{b1}(t) + u_{R1}(t) - E = 0$

alors $L_1 \frac{di}{dt} + r_1 i + R_1 i = E$ alors $L_1 \frac{di}{dt} + (r_1 + R_1) i = E$

2°/ $i(t) = I_0 (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ alors $\frac{di}{dt} = \frac{I_0}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}}$ or $L_1 \frac{di}{dt} + (R_1 + r_1) i = E$

alors $L_1 \frac{I_0}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}} + (R_1 + r_1) I_0 - (R_1 + r_1) I_0 e^{-\frac{t}{\tau}} = E$ alors

$I_0 e^{-\frac{t}{\tau}} \left(\frac{L_1}{\tau} - (R_1 + r_1) \right) + (R_1 + r_1) I_0 = E$ alors $\frac{L_1}{\tau} - (R_1 + r_1) = 0$ alors $\tau = \frac{L_1}{(R_1 + r_1)}$ et $I_0 = \frac{E}{(R_1 + r_1)}$.



3°/

- a- $u_{R1}(t) = R_1 \cdot i(t)$ comme R_1 est une constante positive alors $u_{R1}(t)$ et $i(t)$ sont proportionnelles elles varient de la même façon.
- b- Le retard de l'établissement du régime permanent est dû au phénomène d'auto induction créée dans la bobine qui s'oppose à l'installation de ce régime.

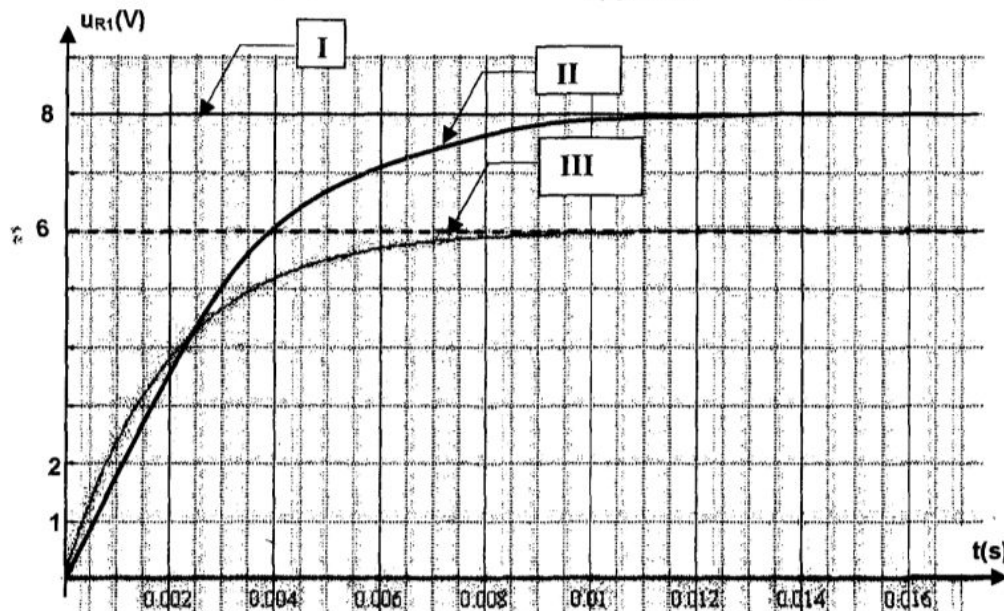
c- $I_0 = \frac{u_{R1 / \text{permanent}}}{R_1}$. AN : $I_0 = \frac{6}{30} = 0,2A$.

d- Justification de la courbe (I) : $u_G = E = \text{Constante} = 8V$.

Justification de la courbe (II) : $r_1 = 0$, en régime permanent $u_{R1 / \text{permanent}} = I_0 \cdot R_1 = E = 8V$ et

$\tau = \frac{L_1}{R_1}$ augmente.

Justification de la courbe (III) : $L=0$ alors $\tau = 0$ et $u_{R1 / \text{permanent}} = E - r_1 I_0 = 6V$.



4°/

a- $u_{b1}(t) = L_1 \frac{di}{dt} + r_1 i$.

b- $u_{b1}(t) = L_1 \frac{I_0}{\tau} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + r_1 I_0 - r_1 I_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = I_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} ((R_1 + r_1) - r_1) + r_1 \cdot I_0$.

$u_{b1}(t) = R_1 \cdot I_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + r_1 \cdot I_0 = A e^{-\frac{t}{\tau}} + B$ alors $A = R_1 \cdot I_0$ et $B = r_1 \cdot I_0$.

c- En régime permanent : $u_{b1/p} = B = r_1 \cdot I_0 = 2V$ alors $r_1 = \frac{2}{I_0} = \frac{2}{0,2} = 10\Omega$.

d- $\xi = \frac{1}{2} L_1 i^2$ alors $i = \sqrt{\frac{2 \cdot \xi}{L_1}}$ AN : $i = \sqrt{\frac{2 \times 1,344 \cdot 10^{-3}}{8 \cdot 10^{-2}}} = 0,183A$.

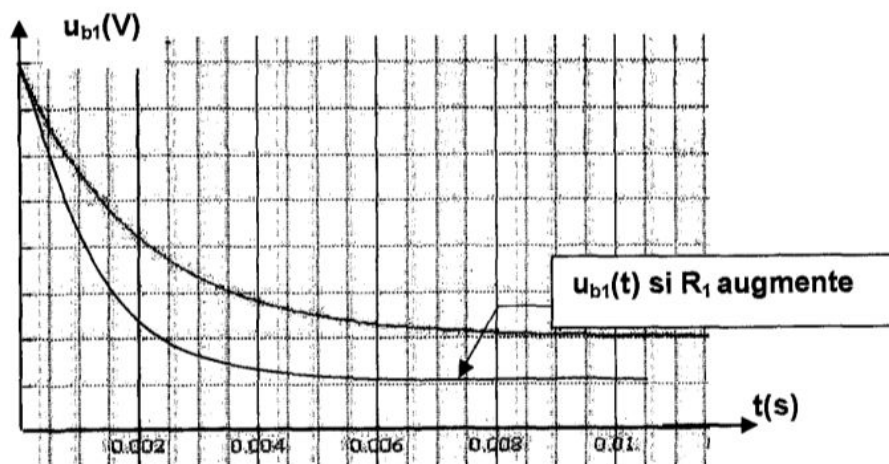
D'après la loi d'ohm $u_{R1} = R_1 \cdot i$. AN : $u_{R1}(t) = 0,183 \times 30 = 5,5V$.

D'après la loi des mailles : $u_{b1}(t) + u_{R1}(t) - E = 0$ d'où $u_{b1}(t) = E - u_{R1}(t)$ AN : $u_{b1}(t) = 8 - 5,5 = 2,5V$.

Par projection sur la courbe $u_{B1}(t)$ on trouve $t = 0,005s$.

●- Si R_1 augmente alors $\tau = \frac{L_1}{R_1 + r_1}$ diminue alors 5τ diminue.

Si R_1 augmente alors $I_0 = \frac{E}{R_1 + r_1}$ diminue alors $u_{b1}/\text{permanent} = r_1 I_0$ diminue.



5°/ * L'étincelle au niveau de l'interrupteur K résulte au phénomène d'auto induction dans la bobine (production du courant électrique d'auto induction de même sens que le courant inducteur du générateur)

* Pour éviter cette étincelle il suffit de brancher une diode en parallèle avec le dipôle RL).

