

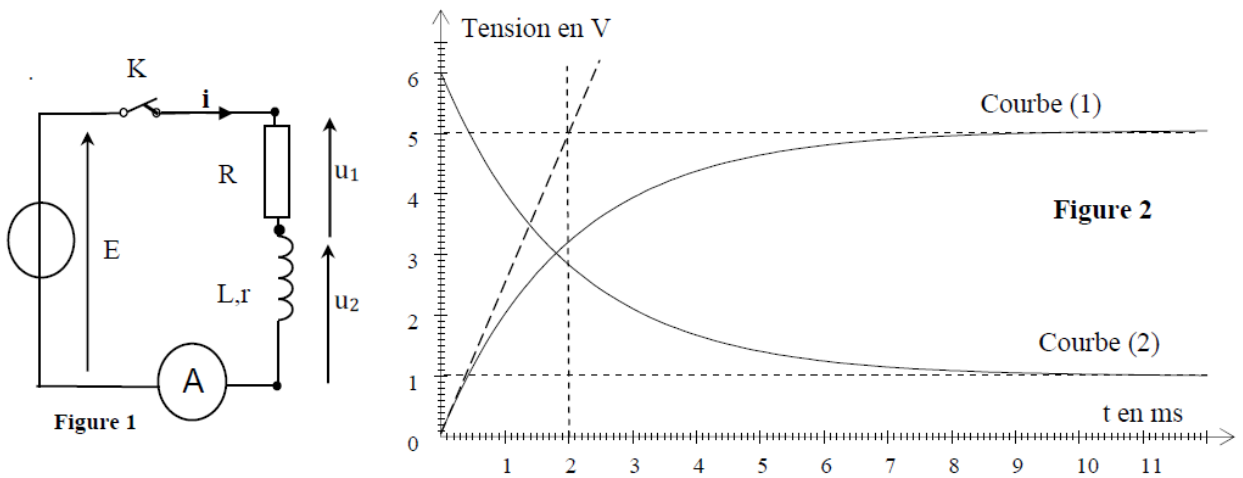
Série : Dipôle (RL)

Prof : LABIADH Houcine

Exercice 1 :

Un circuit électrique est constitué par l'association en série d'un générateur de tension idéal de force électromotrice $E = 6 \text{ V}$, d'une bobine d'inductance L et de résistance interne r , d'un conducteur ohmique de résistance $R=50\Omega$ et d'un interrupteur K . (figure 1).

Afin de visualiser simultanément les tensions $u_1(t)$ aux bornes du conducteur ohmique et $u_2(t)$ aux bornes de la bobine, on réalise les connexions adéquates à un oscilloscope bicourbe et on ferme l'interrupteur K à un instant choisi comme origine des temps ($t = 0\text{s}$). Les courbes traduisant les variations de $u_1(t)$ et $u_2(t)$ sont celles de la figure 2.



1)a- Montrer que la tension $u_1(t)$ aux bornes du résistor est régie par l'équation différentielle

$$\frac{du_1}{dt} + \frac{1}{\tau} u_1 = R \frac{E}{L} \quad \text{où} \quad \tau = \frac{L}{R+r}$$

b-La solution d'une telle équation différentielle est de type $u_1(t) = A e^{-kt} + B$.

Trouver l'expression de $u_1(t)$ en fonction de r , R , L et E sachant qu'à $t=0\text{s}$ l'intensité du courant i est nulle. On précisera en particulier l'expression de k .

2)a- Déterminer la valeur I_0 de $i(t)$ en régime permanent. En déduire la valeur de la résistance r de la bobine.

b-Déterminer graphiquement la valeur de la constante de temps τ . En déduire la valeur de l'inductance L de la bobine.

3) Sachant que la solution de l'équation différentielle précédente est $u_1(t) = \frac{R}{R+r} E (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$.

a-Montrer que la tension $u_2(t)$ aux bornes de la bobine s'écrit : $u_2(t) = a e^{-\frac{t}{\tau}} + b$ où a et b sont des constantes dont on déterminera les valeurs.

b-Vérifier que $\frac{a}{b} = 5$. En déduire que la valeur de la résistance interne de la bobine est $r=10\Omega$.

c-Calculer la valeur de l'énergie magnétique emmagasinée E_L dans la bobine lorsque $u_1 = u_2$

Exercice 2 :

Soit une bobine (B) d'inductance L et de résistance r . On se propose de déterminer l'inductance L de la bobine (B).

On réalise le circuit électrique représenté par la **figure 3** portant, en série, un générateur de tension idéale de fem E , une bobine d'inductance L et de résistance r , un interrupteur K et un résistor de résistance R .

A l'instant $t=0$, on ferme l'interrupteur K et à l'aide d'un oscilloscope à mémoire, on enregistre la tension $u_B(t)$ aux bornes de la bobine (B) sur la voie y_1 et la tension $u_R(t)$ sur la voie y_2 , on obtient les courbes de la **figure 4**.

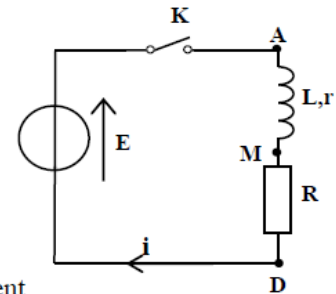


Figure 3

1) a- Reproduire le schéma du circuit électrique et indiquer le branchement de l'oscilloscope qui permet de visualiser les tensions $u_B(t)$ et $u_R(t)$

respectivement aux bornes de la bobine et du résistor en indiquant la précaution à prendre sur la voie y_1 .

b- Montrer que la courbe C_1 correspond à $u_R(t)$.

c- Interpréter le retard temporel de l'établissement du courant dans le circuit.

2) Établir l'équation différentielle régissant les variations de la tension $u_R(t)$ dans le circuit.

Vérifier que : $u_R(t) = \frac{RE}{R+r} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$

est une solution de l'équation différentielle précédemment établie.

Avec $\tau = \frac{L}{R+r}$ désigne la constante de temps.

3) Déterminer graphiquement la valeur de la fem E du générateur.

4) Établir, en régime permanent, l'expression de la tension U_B et celle de U_R .

5) Déterminer la valeur de la résistance R et celle de r sachant que $R - r = 80 \Omega$.

6) a- Montrer que $t_1 = -\tau \text{Log}(\frac{R-r}{2R})$ sachant qu'à cet instant $u_B = u_R$.

b- On donne $t_1 = 6 \text{ ms}$, calculer τ et déduire la valeur de l'inductance L .

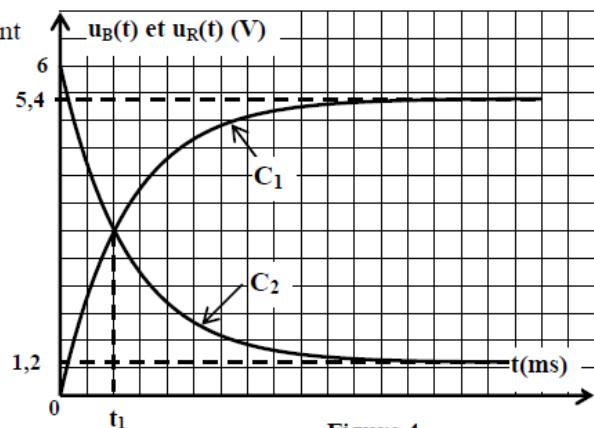


Figure 4

Exercice 03 :

Le circuit électrique de la **figure 2** comporte, montés en série, un générateur de tension idéal de fem E , un résistor de résistance R variable, une bobine d'inductance L et de résistance r et un interrupteur K .

1) À l'instant $t = 0$, on ferme l'interrupteur K . Un courant électrique circule dans le circuit avec une intensité instantanée $i(t)$ qui augmente graduellement au cours du temps et atteint le régime permanent après un retard de temps.

a- Énoncer la loi de Lenz.

b- Justifier que la bobine est responsable du retard de l'établissement du régime permanent.

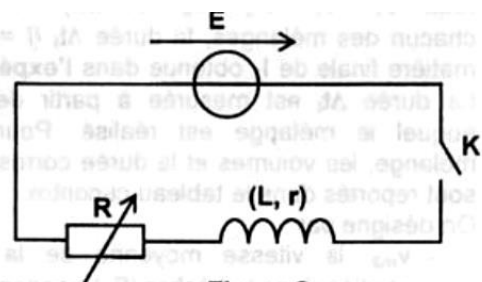


Figure 2

2) L'évolution au cours du temps de la tension $u_R(t)$ aux bornes du résistor est régie par l'équation différentielle suivante : $\frac{du_R(t)}{dt} + \frac{u_R(t)}{\tau} = \frac{RE}{L}$; où τ représente la constante de temps du circuit.

On admet que la solution de cette équation différentielle est de la forme : $u_R(t) = U(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$; avec U la valeur de $u_R(t)$ en régime permanent.

a- Rappeler l'expression de τ en fonction de L , r et R .

b- Exprimer U en fonction de E , r et R .

3) On établit plusieurs fois le régime permanent et ce, en variant à chaque fois la valeur de la résistance R du résistor. On détermine pour chaque valeur de R , la valeur de la constante de temps τ . Ceci a permis de tracer la courbe $\frac{1}{\tau} = f(R)$ de la figure 3.

En exploitant la courbe de la figure 3, montrer que $L = 0,5 \text{ H}$ et $r = 10 \Omega$.

4) À la fin de l'expérience réalisée en 3), on ouvre l'interrupteur K . On règle la résistance R à une valeur R_1 . À un nouvel instant $t' = 0$, on ferme K et on suit l'évolution au cours du temps de la tension $u_R(t)$ à l'aide d'un oscilloscope numérique à mémoire. On obtient la courbe de la figure 4.

a- Relever graphiquement la valeur de τ .

b- Déduire les valeurs de R_1 et de E .

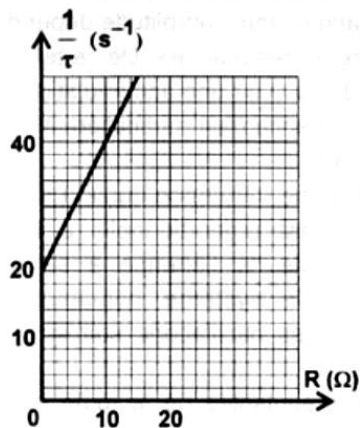


Figure 3

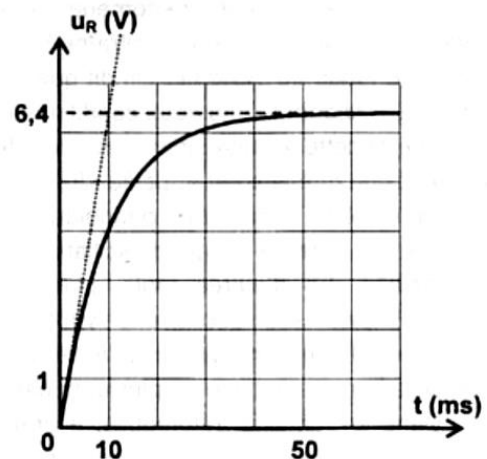


Figure 4

Exercice 04 :

On dispose au laboratoire de deux dipôles D_1 et D_2 , l'un est une bobine d'inductance L et de résistance r et l'autre est un conducteur ohmique de résistance égale à celle de la bobine.

Lors d'une séance de travaux pratiques, un groupe d'élèves est chargé d'identifier ces deux dipôles et de déterminer leur(s) grandeur(s) caractéristique(s). Pour y parvenir, ils réalisent les expériences décrites ci-après.

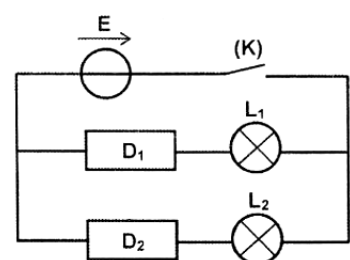
Le matériel mis à la disposition des élèves est le suivant : les deux dipôles D_1 et D_2 , un générateur idéal de tension de fem $E = 6 \text{ V}$, deux lampes identiques L_1 et L_2 , un interrupteur (K), une diode, un dispositif informatisé d'acquisition de données et des fils de connexion.

Expérience 1 :

Pour identifier les dipôles D_1 et D_2 , les élèves réalisent le circuit de la figure 3. Immédiatement après la fermeture de l'interrupteur (K), ils constatent que la lampe L_1 brille instantanément alors que la lampe L_2 brille avec un certain retard.

1- Parmi les dipôles D_1 et D_2 , identifier en le justifiant, celui qui correspond à la bobine.

2- Comparer en le justifiant, la luminosité finale des deux lampes.



Expérience 2 :

Pour déterminer les grandeurs caractéristiques des deux dipôles, les élèves réalisent le circuit de la **figure 4**.

À l'instant $t = 0$, ils ferment l'interrupteur (**K**) et à l'aide du dispositif informatisé d'acquisition de données, ils enregistrent l'évolution au cours du temps de l'intensité $i(t)$ du courant électrique traversant le circuit. La courbe obtenue est représentée sur la **figure 5**.

L'équation différentielle régissant l'évolution de l'intensité $i(t)$ est :

$$\frac{di(t)}{dt} + \frac{1}{\tau} i(t) = \frac{E}{L} ; \text{ où } \tau \text{ est la constante de temps du circuit.}$$

Cette équation admet une solution de la forme : $i(t) = A \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$.

figure 3

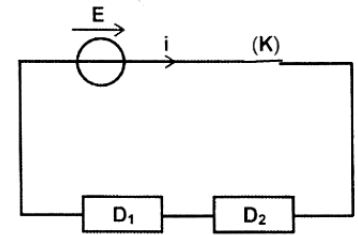


figure 4

- 1- Dire ce que représente **A** et établir son expression en fonction de **E**, **L** et τ .
- 2- a- En exploitant la courbe de la **figure 5**, déterminer les valeurs de **A** et τ .
 b- Dédurre les valeurs de **L** et **r**.
 c- Déterminer la valeur de l'énergie magnétique emmagasinée dans la bobine en régime permanent.
- 3- À l'ouverture de l'interrupteur (**K**), les élèves observent une étincelle de rupture entre ses bornes.
 a- Interpréter brièvement cette observation.
 b- Pour éviter l'apparition de l'étincelle de rupture, l'un des élèves propose d'insérer dans le circuit de la **figure 4**, la diode présente dans le matériel mis à leur disposition.
 Donner un schéma du nouveau circuit.

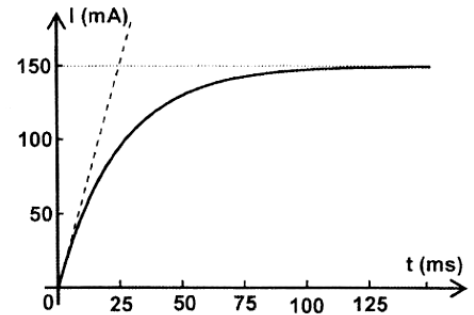


figure 5

Exercice 05 :

Le circuit électrique de la **figure 2** comporte, montés en série :

- une bobine (**B**) d'inductance **L** et de résistance **r** ;
- un résistor de résistance **R** réglable ;
- un générateur de tension idéal de fem **E = 10 V** ;
- un interrupteur **K** ;
- un ampèremètre (**A**).

On désigne par $R_T = R + r$, la résistance totale du circuit.

A/ À l'instant $t = 0$, on ferme l'interrupteur **K**.

1) Montrer que l'équation différentielle régissant l'évolution de la tension $u_R(t)$ aux bornes du résistor au cours du temps s'écrit :

$$L \frac{du_R(t)}{dt} + (R + r)u_R(t) = RE.$$

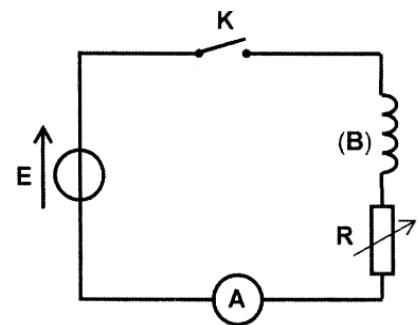


Figure 2

2) La solution de l'équation différentielle précédente s'écrit sous la forme : $u_R(t) = U_0(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$; avec U_0 la tension aux bornes du résistor en régime permanent et τ la constante de temps du circuit.

Établir l'expression de :

- U_0 en fonction de R , r et E ;
- τ en fonction de L , R et r .

B/ On reprend le circuit de la figure 2 et on réalise les deux expériences suivantes :

Expérience 1 : On utilise une bobine (B_1) d'inductance L_1 et de résistance r_1 . On règle la résistance R à une valeur $R_1 = 80 \Omega$.

À l'instant $t' = 0$, on ferme l'interrupteur K . On visualise à l'aide d'un oscilloscope à mémoire numérique la tension $u_{R1}(t)$ aux bornes du résistor. On mesure l'intensité du courant électrique lorsque le régime permanent est établi.

Expérience 2 : On remplace la bobine (B_1) par une bobine (B_2) d'inductance L_2 et de résistance $r_2 < r_1$. On ajuste la résistance R à une valeur R_2 . À l'instant $t'' = 0$, on ferme l'interrupteur K . On visualise à l'aide du même oscilloscope à mémoire numérique en utilisant les mêmes sensibilités, la tension $u_{R2}(t)$ aux bornes du résistor. On mesure l'intensité du courant électrique lorsque le régime permanent est établi.

Dans les deux expériences, l'ampèremètre indique la même intensité du courant électrique en régime permanent.

La figure 3 donne les courbes (ζ_b) et (ζ_c) représentant l'évolution au cours du temps des tensions $u_{R1}(t)$ et $u_{R2}(t)$.

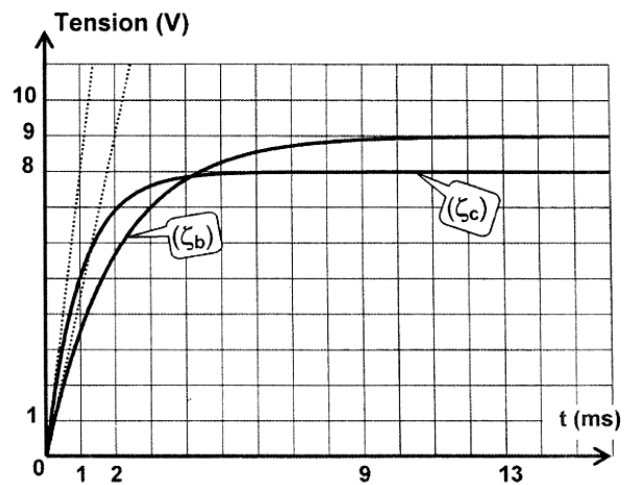


Figure 3

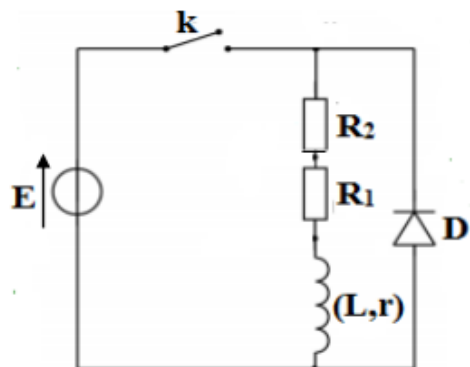
- 1) a- Montrer que la résistance totale R_T du circuit est la même dans les deux expériences.
b- Justifier que la courbe (ζ_b) correspond à $u_{R2}(t)$.
- 2) Dédire les valeurs de R_2 , r_1 et r_2 .
- 3) a- Déterminer graphiquement les constantes de temps τ_1 et τ_2 des circuits comportant respectivement les bobines (B_1) et (B_2).
b- Dédire les valeurs de L_1 et L_2 .
c- Justifier alors, le retard de l'établissement du régime permanent dans l'une des deux expériences par rapport à l'autre.

Exercice 06 :

I/ Un groupe d'élève réalise un circuit électrique comporte, placés en série : un générateur idéal de tension continue de f.e.m $E = 6V$, un interrupteur K , une bobine d'inductance $L = 0,1H$ et de résistance interne r , deux conducteurs ohmiques de résistance respective R_1 et R_2 avec ($R_2 > R_1$) et une diode D .

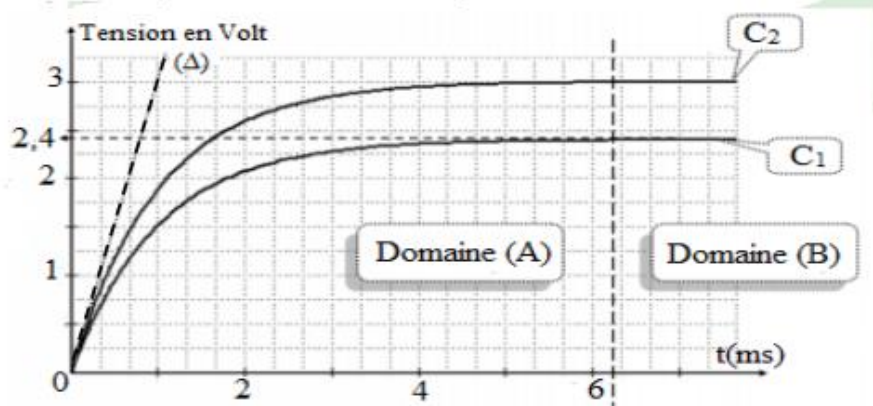
A l'instant de date $t = 0$, il ferme l'interrupteur K .

A l'aide d'un oscilloscope bi-courbe, il suit l'évolution temporelle des tensions $u_{R1}(t)$ et $u_{R2}(t)$ aux bornes des deux



conducteurs ohmiques.

Il obtient alors les chronogrammes C_1 et C_2 de la figure suivante :



(Le trait pointillé séparant les domaines (A) et (B) est approximative)

(Δ) : Tangente à la courbe C_2 à l'instant de date $t=0$

Quand le régime permanent est établi, à l'aide d'un voltmètre le groupe mesure la tension aux bornes de la bobine, le voltmètre affiche la valeur **0,6 V**.

1°/a- Nommer les domaines (A) et (B).

b- Préciser le comportement de la bobine dans chaque domaine.

2°/ Reproduire le schéma du circuit et indiquer les connexions avec l'oscilloscope qui permet de visualiser la tension $u_{R1}(t)$ sur la voie X et la tension $u_{R2}(t)$ sur la voie Y.

3°/a- Etablir l'équation différentielle qui régit l'évolution de la tension $u_{R2}(t)$ aux bornes du conducteur ohmique de résistance R_2 .

b- La solution de l'équation différentielle précédente s'écrit : $u_{R2}(t) = A(1 - e^{-\alpha t})$.

Montrer que $A = \frac{R_2 \cdot E}{R_1 + R_2 + r}$ et $\alpha = -\frac{R_1 + R_2 + r}{L}$

4°/a- Dédurre l'expression de $u_{R1}(t)$.

b- En déduire que le chronogramme C_2 représente la courbe relative à l'évolution de $u_{R2}(t)$.

5°/ En exploitant les chronogrammes C_1 et C_2 .

a- Déterminer la valeur de la constante de temps τ .

b- Montrer que : $R_2 = 1,25 \cdot R_1$ et $R_1 + R_2 = 9 \cdot r$

c- Dédurre les valeurs de r , R_1 et R_2 .

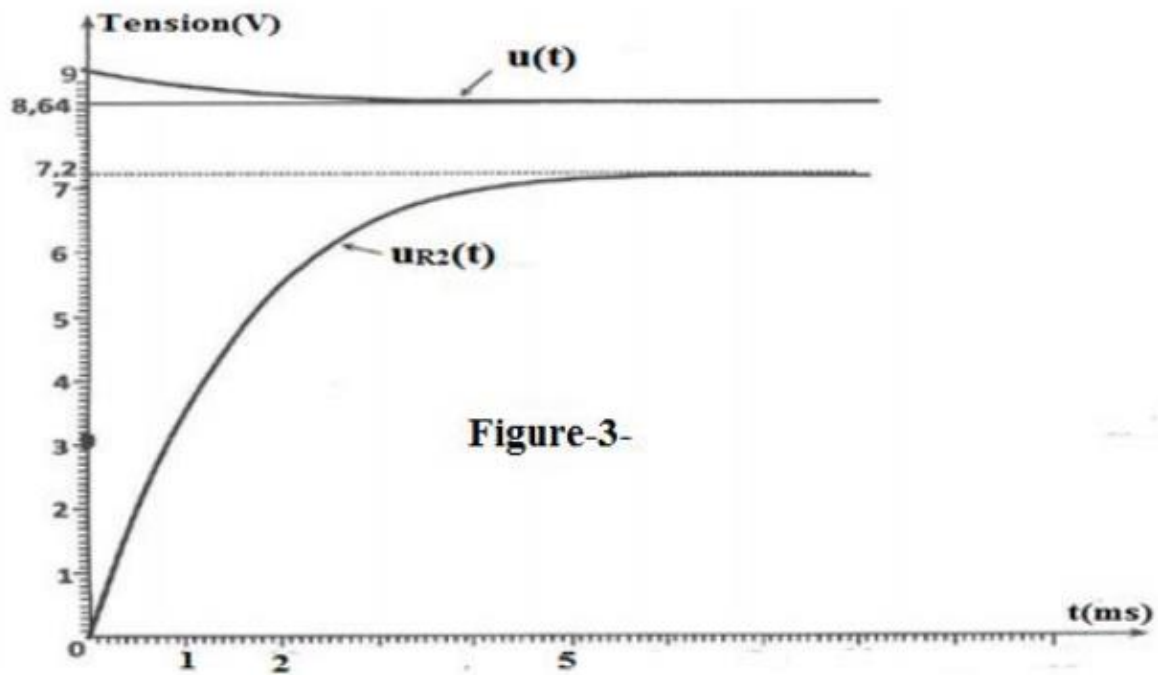
d- Déterminer l'expression de $\left. \frac{du_{R2}}{dt} \right|_{t=0}$ et retrouver la valeur de R_2 .

6°/ Justifier que le groupe a raison quand à l'insertion de la diode D dans le circuit.

II/ L'un des élèves de ce groupe supprime le conducteur ohmique de résistance R_1 et remplace le générateur idéal de tension par une pile de f.e.m E_2 et de résistance interne r_2 . Un système d'acquisition approprié permet suivre la tension aux bornes du conducteur ohmique de résistance R_2 ($u_{R2}(t)$) et la tension aux bornes du dipôle (r , R_2 , L) $u(t)$. Voir figure-3- de la page annexe.

1°/ Retrouver la valeur de la résistance interne r de la bobine.

2°/ Déterminer les caractéristiques de la pile (sa f.e.m E_2 et sa résistance interne r_2)



Exercice 07 :

Un circuit électrique est constitué par l'association en série d'un générateur de tension idéal de force électromotrice E , d'une bobine d'inductance L et de résistance interne r , d'un conducteur ohmique de résistance R et d'un interrupteur K . (Voir Figure 1).

Les valeurs de R , L et E sont réglables.

I/ On réalise une première expérience (Expérience-1-) pour laquelle les réglages sont les suivants :

$E = 10 \text{ V}$; $R = 190 \Omega$

A l'instant de date $t = 0$, on ferme l'interrupteur K . On obtient la courbe de la Figure 2.

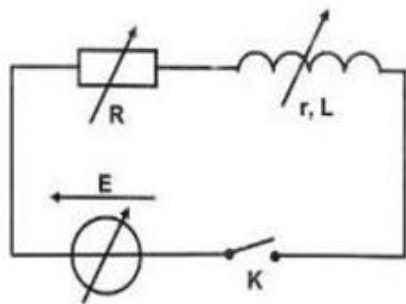


Figure 1

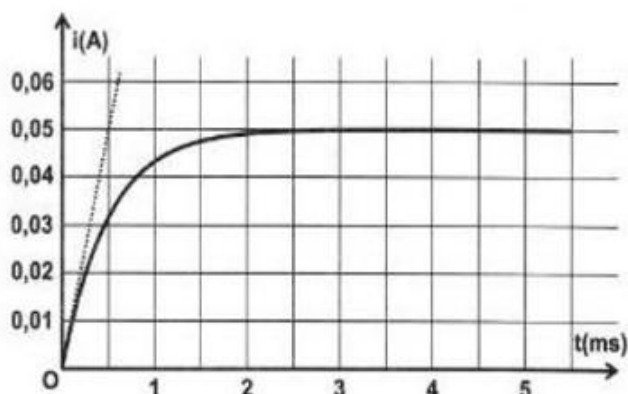


Figure 2

- 1°/a- Quelle tension doit-on visualiser sur l'oscilloscope pour suivre l'évolution de l'intensité de courant dans le circuit ? Justifier la réponse.
 b- Faire alors le branchement avec l'oscilloscope qui permet de visualiser cette tension.
- 2°/ Quel est le phénomène physique responsable du retard de l'établissement du courant dans le circuit ?
- 3°/a- Montrer que l'équation différentielle régissant l'évolution de l'intensité de courant $i(t)$ est :

$$\frac{di(t)}{dt} + \frac{1}{\tau} i(t) = \frac{E}{L} \quad \text{avec } \tau = \frac{L}{R+r}$$

- b- Que devient cette équation différentielle en régime permanent ?
 c- Dédire l'expression de l'intensité de courant I en régime permanent.
- 4°/a- Déterminer graphiquement :
- La valeur de l'intensité de courant I en régime permanent.
 - La valeur de la constante de temps τ du circuit.
- b- Dédire les valeurs des tensions U_R aux bornes du conducteur ohmique et U_B aux bornes de la bobine en régime permanent.
- 5°/a- Montrer qu'en régime permanent :

$$U_R = \frac{R \cdot E \cdot \tau}{L} \quad \text{et} \quad U_B = \frac{r \cdot E \cdot \tau}{L}$$

- b- En déduire les valeurs de L et r .

II/ On réalise maintenant trois autres expériences en modifiant à chaque fois la valeur de l'une des grandeurs E , R et L .

Le tableau suivant récapitule les valeurs des ces grandeurs lors des quatre expériences.

	E (V)	R (Ω)	L(H)
Expérience-1-	10	190	0,1
Expérience-2-	20	190	0,1
Expérience-3-	10	90	0,1
Expérience-4-	10	190	0,2

Les courbes traduisant l'évolution au cours de temps de l'intensité i de courant traversant le circuit sont données par la figure 3 de la page annexe. La courbe (a) est associée à l'expérience-1-.

Attribuer, en le justifiant, chacune des courbes (b), (c) et (d) à l'expérience correspondante.

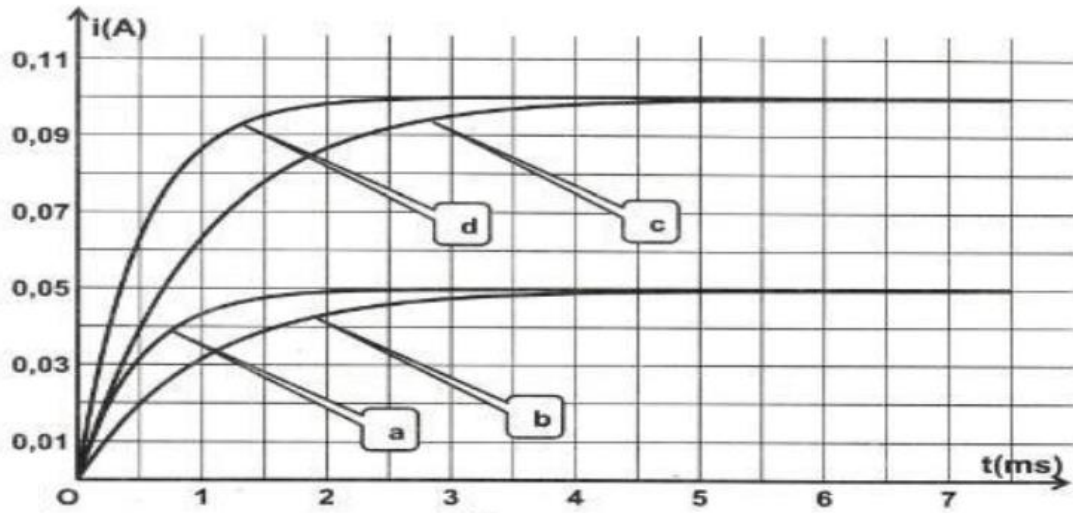


Figure 3

Exercice 08 :

Un circuit électrique comporte, branchés en série, un résistor de résistance R variable, une bobine d'inductance L et de résistance r , un générateur idéal de tension, de fem E et un interrupteur K (figure 1).

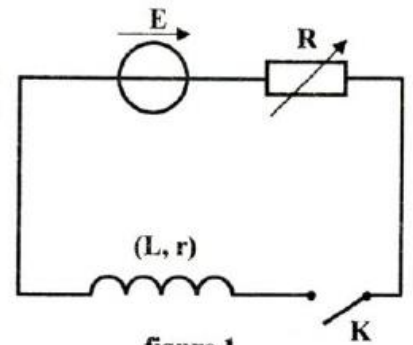


figure 1

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

- 1- a- Montrer que l'équation différentielle en u_R (tension instantanée aux bornes du résistor) s'écrit : $\frac{du_R}{dt} + \frac{u_R}{\tau} = E \frac{R}{L}$; où τ est la

constante de temps que l'on exprimera en fonction de R , r et L .

- b- En déduire l'expression de la tension U_R aux bornes du résistor en régime permanent.

- 2- Pour deux valeurs différentes $R_1 = 40 \Omega$ et R_2 de R , on suit les évolutions au cours du temps des tensions instantanées $u_{R1}(t)$ et $u_{R2}(t)$ aux bornes du résistor. On obtient les courbes de la figure 2.

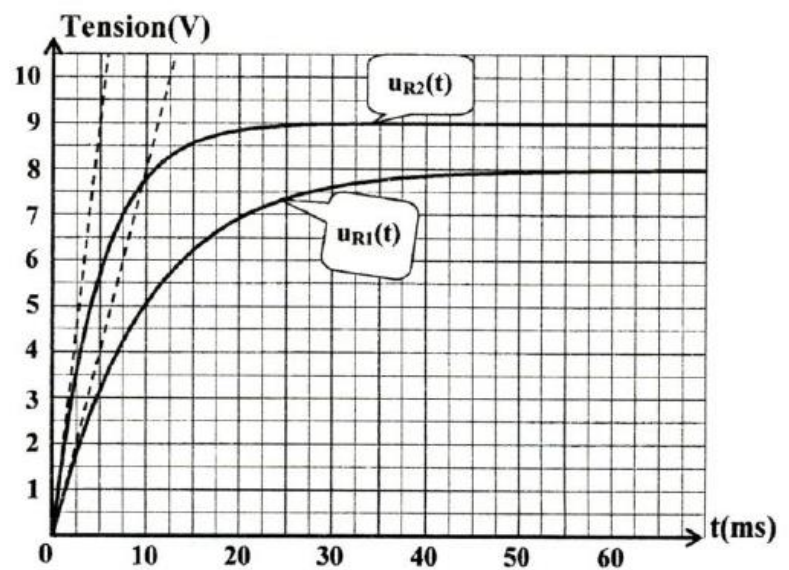


figure 2

- a- Exprimer, en régime permanent, les tensions U_{R1} et U_{R2} correspondant respectivement aux tensions instantanées $u_{R1}(t)$ et $u_{R2}(t)$.

- b- En exploitant les courbes de la **figure 2**, montrer que : $\frac{R_1}{R_2} \cdot \frac{\tau_1}{\tau_2} = \frac{8}{9}$; où τ_1 et τ_2 sont les constantes de temps correspondant respectivement à R_1 et R_2 .
- c- Déterminer graphiquement les valeurs de τ_1 et τ_2 .
- d- Dédire la valeur de R_2 .
- 3- a- Montrer que $r = 10 \Omega$.
- b- Déterminer les valeurs de E et L .

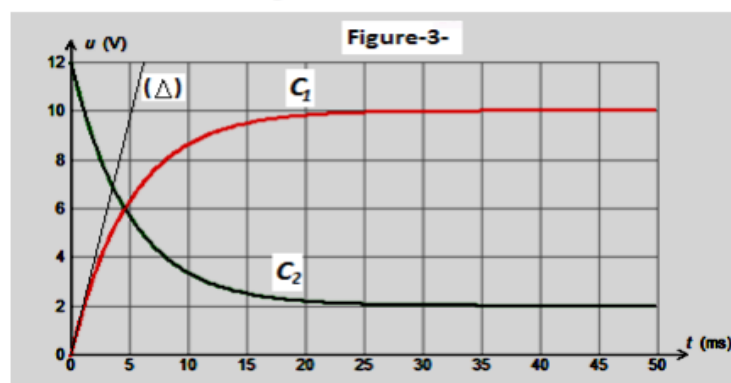
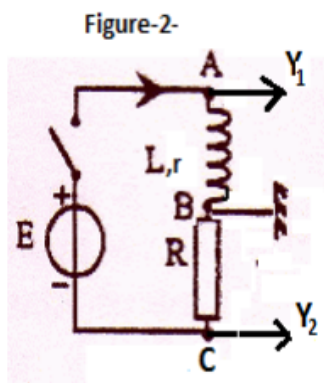
Exercice 09 :

On associe en série une bobine (B) d'inductance L et de résistance r , un générateur de force électromotrice (fem) $E=12V$ et de masse flottante, un résistor de résistance $R=20\Omega$ et un interrupteur K comme l'indique la figure-2. de la page-3-.

Un oscilloscope à mémoire convenablement branché permet de visualiser simultanément les tensions :

- $u_B(t)$ aux bornes de la bobine sur la voie Y_1
- $u_R(t)$ aux bornes du résistor sur la voie Y_2 . (voir figure-2-)

A l'instant $t=0s$, on ferme l'interrupteur K . L'oscilloscope enregistre les courbes C_1 et C_2 de la figure-3- (Δ):Tangente à C_1 à $t=0$



- 1) a- Indiquer sur quelle voie faut-il inverser le signal ? justifier.
b- Pourquoi doit-on isoler la masse du générateur de la terre ?
- 2) Montrer que la tension u_B aux bornes de la bobine est régit par l'équation différentielle suivante :

$$\frac{du_B}{dt} + \frac{1}{\tau} u_B = \frac{r}{L} E \quad \text{Où } \tau = \frac{L}{R+r}$$

- 3) a- Vérifier que la tension $u_B(t)$ s'écrit sous la forme : $u_B(t) = K_1 + K_2 e^{-\frac{t}{\tau}}$ où K_1 et K_2 sont des constantes dont-on déterminera leurs expressions en fonction de r , R et E .

b- En déduire l'expression de la tension $u_R(t)$.

c- En justifiant la réponse, identifier parmi les courbes C_1 et C_2 de la figure-3- le chronogramme de $u_R(t)$.

4) A l'aide des courbes C_1 et C_2 de la figure-3- déterminer :

a- La valeur L'intensité I_0 du courant qui s'établit dans circuit en régime permanent.

b- Montrer que La résistance r peut s'écrire sous la forme : $r = \frac{2R}{E-2}$. Calculer sa valeur.

c- La constante de temps τ et en déduire la valeur de l'inductance L .

5) Dans le circuit, on remplace la bobine (B) par une autre bobine (B'). A l'instant $t=0s$ (nouvelle origine des temps) on ferme l'interrupteur K , on remarque d'une part que l'intensité de courant qui circule dans le circuit atteint 63% de sa valeur maximale à la date $t=5ms$, d'autre part l'intensité de courant en régime permanent vaut $I_0' = 0,5A$. Préciser en le justifiant si ces deux bobines sont identiques ou non.