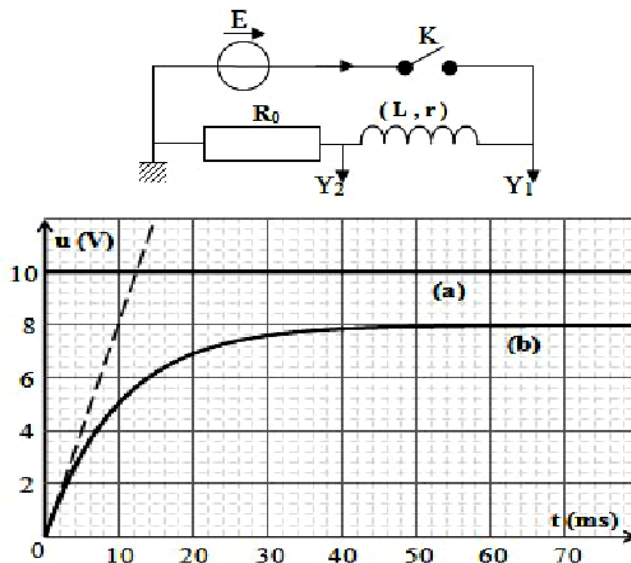


Exercice n°1 :

Un générateur de tension idéal, de f.é.m $E=10V$, alimente un dipôle **RL** constitué par une bobine d'inductance L et de résistance interne r , montée en série avec un résistor de résistance $R_0=40\Omega$. On visualise, à l'oscilloscope, la tension u_G aux bornes du générateur sur la **voie 1** et la tension u_{R_0} aux bornes du résistor sur la **voie 2**.

A la fermeture du circuit, prise comme origine du temps, on enregistre les oscillogrammes (a) et (b) ci-contre :



- 1/ Associer, en le justifiant, chacune des courbes (a) et (b) à la tension qu'elle représente.
- 2/ Montrer que l'équation différentielle qui gère l'établissement du courant dans le circuit s'écrit :

$$\tau \frac{di}{dt} + i = \frac{E}{R_0 + r} \text{ avec } \tau = \frac{L}{R_0 + r}$$

- 3/a- Déterminer graphiquement la valeur U_{R_0} prise par la tension $u_{R_0}(t)$ lorsque le régime permanent est établi. En déduire alors la valeur I prise par l'intensité du courant $i(t)$.

b- En exploitant l'expression de l'équation différentielle lorsque le régime permanent est établi, montrer que la valeur de la résistance interne de la bobine est $r=10\Omega$.

c- En exploitant l'expression de l'équation différentielle à $t=0$, montrer que la valeur de l'inductance de la bobine est $L=0,5H$

- 4/a- Déterminer graphiquement la valeur de la constante de temps τ du dipôle RL

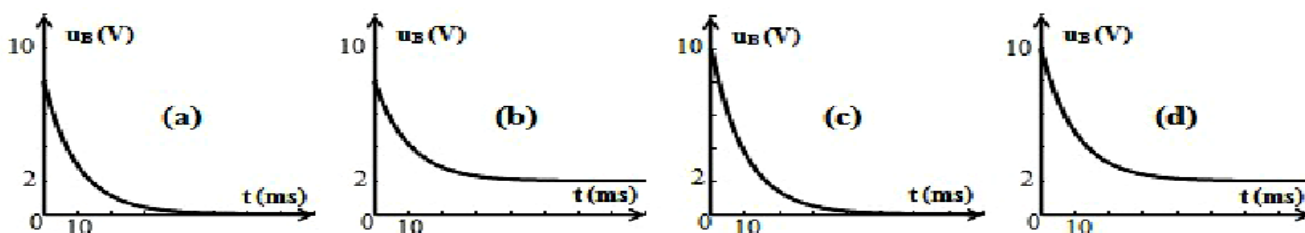
b- Rappeler l'expression théorique de τ puis calculer sa valeur.

Vérifier l'accord avec le résultat graphique.

- 5/a- L'intensité du courant varie au cours du temps selon l'équation : $i(t)=0,2(1-e^{-100t})$ (A).

En déduire l'équation numérique donnant les variations au cours du temps de la tension $u_B(t)$ aux bornes de la bobine.

b- Parmi les courbes ci-dessous, quelle est celle qui représente les variations de la tension $u_B(t)$ aux bornes de la bobine au cours du temps ? Justifier la réponse.



- 6/a- Donner l'expression de l'énergie magnétique E_L emmagasinée par la bobine lorsque le régime permanent est établi. Calculer sa valeur.

b- Lorsqu'on ouvre l'interrupteur **K**, une étincelle de rupture apparaît à ses bornes.

Interpréter le phénomène.

c- Pour éviter cette étincelle de rupture, on insère une diode dans le montage électrique. Reprendre le schéma du circuit électrique en indiquant le branchement de la diode ajoutée.

Exercice n°2:

Un circuit électrique comporte, branchés en série, un résistor de résistance R variable, une bobine d'inductance L et de résistance interne r , un générateur idéal de tension de fem E et un interrupteur K comme le montre la **figure -1** ci-après

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

1/Nommer et expliquer le phénomène physique qui se produit au niveau de la bobine juste après la fermeture de K .

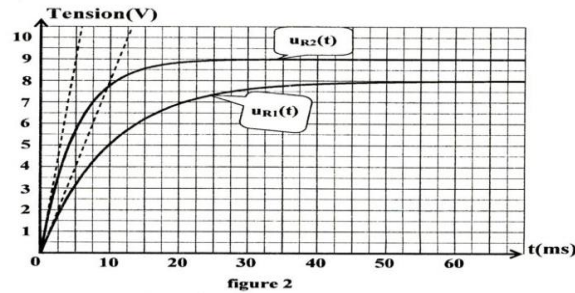
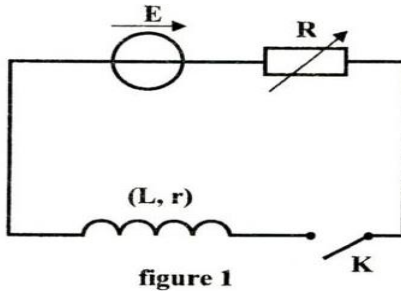
2/a-Montrer que l'équation différentielle en $u_R(t)$ tension aux bornes du résistor s'écrit sous la forme :

$$\frac{du_R}{dt} + \frac{u_R}{\tau} = \frac{R}{L} E ; \text{ où } \tau \text{ est la constante de temps que l'on exprimera en fonction } R, r \text{ et } L.$$

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

3/La solution de l'équation différentielle précédente est de la forme $u_R(t) = A(1 - e^{-\beta t})$. Identifier A et β .

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



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

b-En exploitant la courbe de la figure-2, montrer que : $\frac{R_1 \tau_1}{R_2 \tau_2} = \frac{8}{9}$; où τ_1 et τ_2 sont respectivement les constantes du temps du dipôle RL correspondant à R_1 et R_2 .

c-Déterminer graphiquement les valeurs de τ_1 et τ_2 . En déduire la valeur de R_2 .

d-Trouver les valeurs de r , E et L .

5/On ajuste la résistance du conducteur ohmique à une valeur R_3 et on suit l'évolution de la tension $u_b(t)$ aux bornes de la bobine au cours du temps. On constate que sa valeur en régime permanent vaut $U_b = 0,5V$.

a-Etablir l'expression de $u_b(t)$.

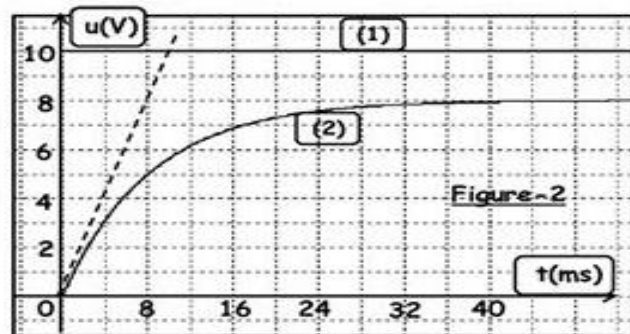
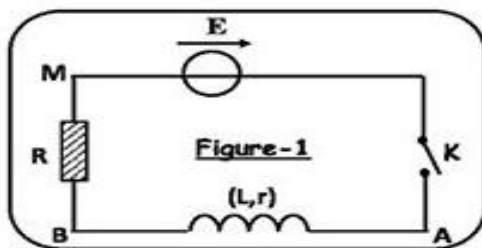
b-Déterminer l'intensité du courant I_{03} parcourant le circuit en régime permanent.

c-Trouver la valeur de R_3 . En déduire celle de la constante de temps τ_3 .

d-Déterminer l'intensité du courant traversant le circuit à l'instant $t = \frac{\tau_3}{2}$. En déduire l'énergie magnétique emmagasinée par la bobine à cet instant.

Exercice n°3:

On considère un conducteur ohmique de résistance R monté en série avec une bobine d'inductance L et de résistance $r = 12\Omega$ et un interrupteur K . L'ensemble est alimenté par un générateur de f.é.m E (figure 1). A l'aide d'un oscilloscope à mémoire, on visualise simultanément la tension $u_R(t)$ aux bornes du résistor sur la voie Y et $u(t) = E$ sur la voie X. On obtient les chronogrammes de la figure 2.



1/a-Reproduire le schéma de la figure 1 et préciser les connexions à réaliser avec l'oscilloscope pour visualiser $u_R(t)$ et $u(t)$.

b-Associer, en le justifiant, à chaque chronogramme la tension correspondante.

c-En déduire la valeur de E .

2/Justifier le retard de l'établissement du courant électrique dans le circuit.

3/a-Montrer que l'équation différentielle qui régit l'évolution de $u_R(t)$ peut s'écrire sous la forme :

$$\alpha \frac{du_R(t)}{dt} + u_R(t) = U_0; \text{ avec } \alpha \text{ et } U_0 \text{ sont des constantes à exprimer en fonction de } R, r, E \text{ et } L.$$

b-Justifier que U_0 est la valeur de $u_R(t)$ en régime permanent.

4/a-Montrer que : $R = \frac{U_0}{E - U_0} \cdot r$

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

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

5/a-Que devient l'équation différentielle précédente à $t=0s$.

b-Retrouver la valeur de l'inductance L de la bobine.

6/En régime permanent, déterminer :

a-L'expression de la tension u_b aux bornes de la bobine.

b-la valeur de l'intensité du courant électrique I_0 .

c-L'énergie magnétique emmagasinée par la bobine.

7/On réalise deux expériences (1) et (2) :

●)expérience(1) : on varie la valeur de l'inductance L de la bobine.

●)expérience (2) :on varie la valeur de la résistance R du conducteur ohmique.

On obtient les deux courbes (a) et (b) de la **figure 3**.

Associer à chaque expérience la courbe correspondante, tout en précisant s'il s'agit d'une augmentation ou d'une diminution de R ou de L .

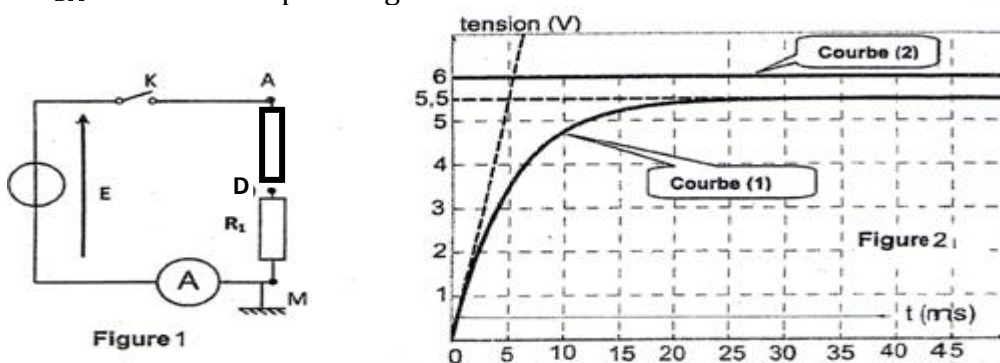
Exercice n°4:

On se propose de déterminer la nature exacte d'un dipôle électrique D qui peut être soit une bobine d'inductance L et de résistance r , soit un condensateur de capacité C . on réalise alors le circuit schématisé sur la **figure-1** ci-dessous.

On réalise un circuit électrique en série comportant un générateur de force électromotrice E , un résistor de résistance R_1 variable, le dipôle D , un ampèremètre et un interrupteur K .

Un oscilloscope bi-courbe permet de visualiser l'évolution au cours du temps des tensions u_{AM} , aux bornes de la branche du circuit AM et $u_{R1} = u_{DM} = R_1 \cdot i$, la tension aux bornes du dipôle résistor lorsque sa résistance est réglée à une valeur R_1 .

A l'instant $t=0$, on ferme l'interrupteur K , les courbes traduisant l'évolution au cours du temps de u_{AM} et u_{BM} sont données par la figure suivante :



1/Reproduire le schéma de circuit et représenter les connexions à faire avec l'oscilloscope.

2/Montrer que le dipôle D est une bobine et expliquer le retard d'établissement du régime permanent dans le circuit.

3/Montrer que l'équation différentielle qui régit l'évolution de la tension u_{R1} au cours du temps s'écrit :

$$\tau_1 \frac{du_{R1}}{dt} + u_{R1} = \left(\frac{R_1}{R_1 + r} \right) E; \text{ avec } \tau_1 = \frac{L}{R_1 + r}$$

4/La solution de l'équation différentielle établie précédemment s'écrit : $u_{R1}(t) = U_{01}(1 - e^{-t/\tau_1})$; avec U_{01} la valeur de u_{R1} en régime permanent.

a-Montrer que la **courbe (1)** correspond à $u_R(t)$

b-Donner la valeur de la f.e.m E du générateur.

c-En appliquant la loi des mailles :

Montrer que l'expression de la tension $u_{AB}(t)$ aux bornes de la bobine peut s'écrire

$$u_{AB}(t) = \frac{U_{01}}{R_1} (r + R_1 e^{-t/\tau_1})$$

Tracer sur la **figure (2)** l'allure de la courbe de la tension $u_{AB}(t)$ aux bornes de la bobine.

3/Lorsque le régime permanent est établi, l'ampèremètre indique la valeur $I_{01} = 50 \text{ mA}$.

a-Déterminer la valeur de la résistance R_1 du résistor.

b-Montrer que l'expression de la résistance r de la bobine s'écrit : $r = \left(\frac{E}{U_{01}} - 1 \right) R_1$.

Calculer sa valeur.

c-Déterminer graphiquement la valeur de la constante de temps τ_1 et en déduire la valeur de l'inductance L de la bobine.

4/Maintenant on règle la résistance R à une nouvelle valeur R_2 .

a-Dans le but d'atteindre plus lentement le régime permanent, dire en le justifiant, si l'on doit augmenter ou diminuer la valeur de la résistance par rapport à la valeur de R_1 .

b-Sachant qu'avec R_2 , la constante de temps $\tau_2 = 2\tau_1$. Déterminer la valeur de l'intensité du courant I_{02} en régime permanent.

Exercice n°5:

On veut étudier l'établissement du courant dans un dipôle comportant une bobine et un conducteur ohmique lorsqu'il est soumis à un échelon de tension de valeur E .

Le schéma di circuit permettant cette étude est donné par la **figure 1-a** ci-contre tel que :

⌘ Le conducteur ohmique a une résistance R réglable.

⌘ La bobine a une inductance L réglable et une résistance r .

⌘ Les valeurs de E , R , L et r sont inconnues.

I)Etude théorique :

1/a-En appliquant la loi des mailles, établir l'équation différentielle régissant les variations de la tension $u_R(t)$ aux bornes du résistor.

b-La solution de cette équation différentielle est de la forme : $u_R(t) = U_{R\max}(1 - e^{-t/\tau})$. Avec $U_{R\max}$ et τ des constantes.

Montrer que : $U_{R\max} = \frac{R}{R+r} E$ et $\tau = \frac{L}{R+r}$

c-En déduire l'expression $i(t)$ de l'intensité du courant qui circule dans le circuit.

2/en utilisant la loi des mailles, établir l'expression de la tension $u_B(t)$ aux bornes de la bobine en fonction de E , r , R , L et t .

II)Etude expérimentale :

1/On réalise une première expérience pour laquelle : $L=L_1$; $R=R_1$ et $E=E_1$.

A l'instant de date $t=0\text{s}$, on ferme l'interrupteur K . Lorsque le régime permanent est établi l'ampèremètre affiche la valeur $I_0=0,2\text{A}$.

Un oscilloscope à mémoire bi-courbe permet de visualiser la tension u_G aux bornes du générateur sur la voie Y_1 et la tension u_R aux bornes du résistor sur la voie Y_2 .

L'oscillogramme obtenu est donné par la **figure 1-b**.

a-Reproduire le schéma du circuit donné par la **figure 1-a** et indiquer les connexions nécessaires à l'oscilloscope (voies et masse).

b-Que représente la valeur I_0 affichée sur l'ampèremètre ?

c-Déterminer graphiquement :

⌘ Les valeurs de E_1 et de $U_{R\max}$ et en déduire R_1 puis r .

⌘ La constante de temps τ_1 en expliquant la méthode utilisée.

Déduire la valeur de L_1 .

d-Expliquer le retard avec lequel s'établit le régime permanent.

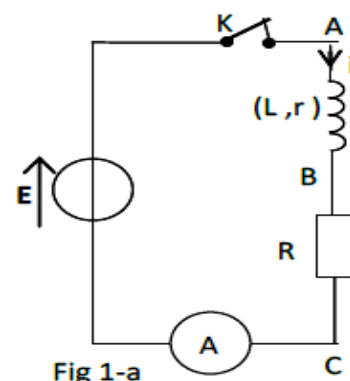
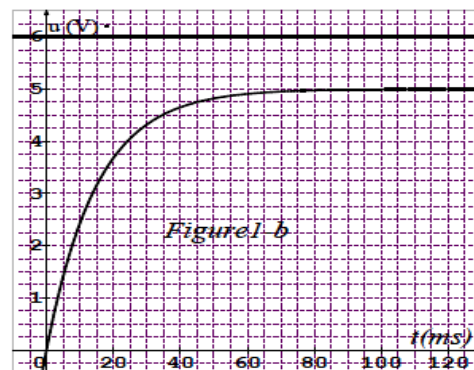
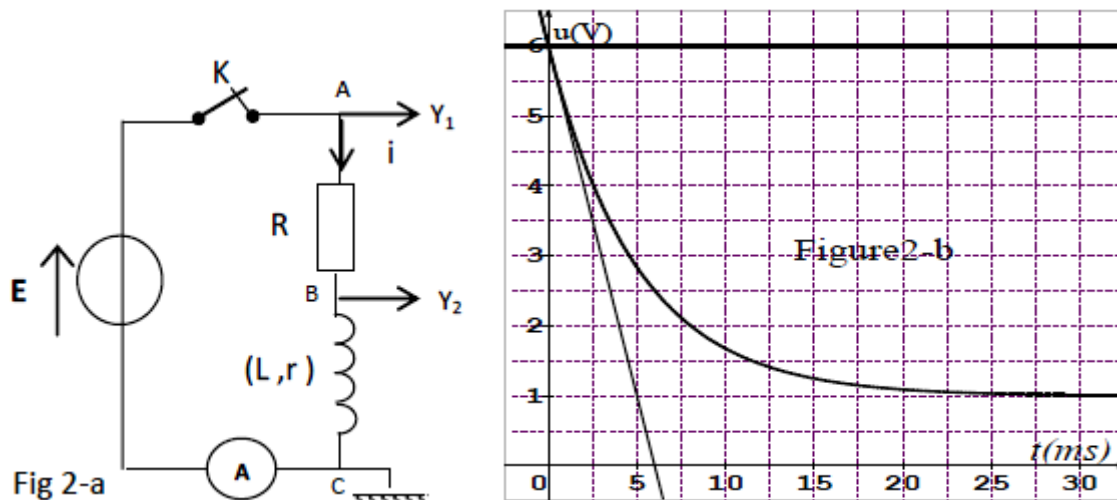


Fig 1-a



e-Préciser la date à partir de laquelle le régime permanent est établi. Comment se comporte la bobine à partir de cette date ?

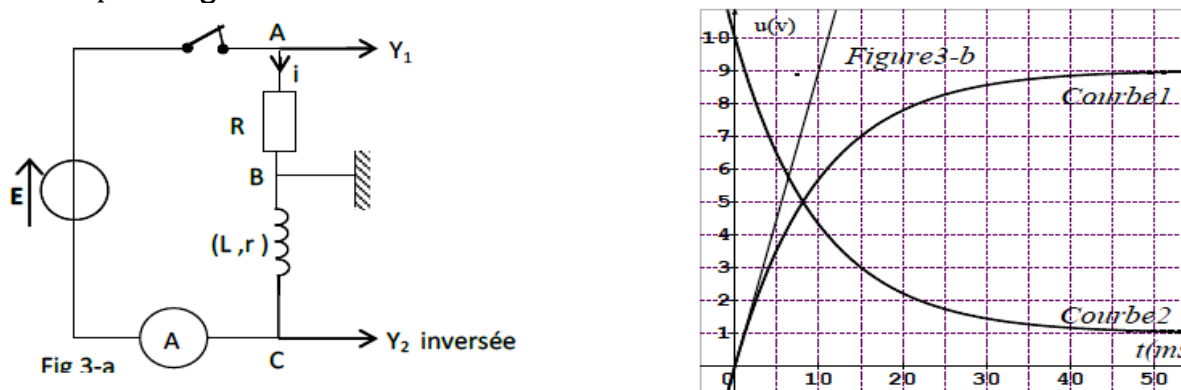
2/On réalise une deuxième expérience, en faisant varier l'une des caractéristiques du circuit **R** ou **L** et en changeant les branchements de l'oscilloscope. Le schéma du circuit (**figure 2-a**) et l'oscillogramme obtenu sur l'écran de l'oscilloscope (**figure 2-b**) sont donnés ci-après :



- Identifier les tensions visualisées sur l'écran de l'oscilloscope ?
- Déterminer graphiquement la nouvelle valeur de la constante de temps τ_2 .
- Montrer qu'en régime permanent $U_B = \frac{r}{R+r} E$
- Déduire que c'est la valeur de l'inductance de la bobine qui a changé. Déterminer la nouvelle valeur L_2 de l'inductance.

3/Au cours d'une troisième expérience, on fait varier les valeurs de deux parmi les trois grandeurs **R**, **L** et **E**. On change les branchements de l'oscilloscope.

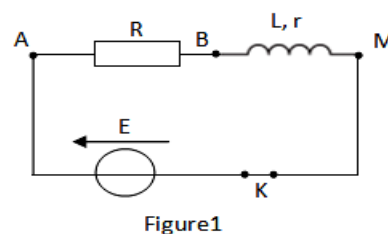
Le schéma du circuit est donné par la **figure 3-a** et l'oscillogramme obtenu sur l'écran de l'oscilloscope est donné par la **figure 3-b**.



- Identifier les courbes 1 et 2.
- Déterminer graphiquement et en le justifiant :
 - la valeur de la f.é.m **E** du générateur.
 - La valeur de la constante de temps τ_3 .
- *Montrer que le rapport $\frac{E}{U_{Rmax}} = (1 + \frac{r}{R})$.
 - *Comparer le rapport $\frac{E}{U_{Rmax}}$ dans la deuxième et la troisième expérience.
 - *Déduire la nouvelle valeur **R**₃ de la résistance.

Exercice n°6:

Lors d'une séance de travaux pratiques, on réalise le montage de la **figure 1** qui comporte en série : un générateur idéal de tension contenue de f.é.m **E**, un interrupteur **K**, une bobine d'inductance **L=0,15H** et de résistance **r** et un conducteur ohmique de résistance **R**.



A fin de visualiser simultanément l'évolution temporelle des tensions $u_{AB}(t)$ et $u_{BM}(t)$ respectivement au voie Y_1 et au voie Y_2 d'un oscilloscope à mémoire, on ferme l'interrupteur K , on appuie sur le bouton inverse de la voie Y_2 , on obtient sur l'écran de l'oscilloscope les courbes (1) et (2) de la **figure 2**.

1/a-Justifier l'inversion faite sur la **voie 2** de l'oscilloscope.

b-Reproduire le schéma de la **figure 1** et indiquer les connexions de l'oscilloscope.

2/a-Etablir l'équation différentielle régissant les variations de l'intensité i du courant qui circule dans le circuit.

b-Que devient cette équation différentielle en régime permanent.

c-En déduire l'expression de l'intensité I_0 à ce régime en fonction de E , R et r .

3/a-Montrer que l'équation différentielle régissant

l'évolution de la tension $u_{BM} = u_b$ aux bornes de la bobine s'écrit : $\frac{du_{BM}(t)}{dt} + \frac{1}{\tau} u_{BM}(t) = \frac{r}{L} E$ avec $\tau = \frac{L}{R+r}$

b-La solution de cette équation différentielle s'écrit

sous la forme : $u_B(t) = Ae^{-\frac{t}{\tau}} + B$

Exprimer A et B puis vérifier que $u_B(t) = I_0 \cdot (r + Re^{-\frac{t}{\tau}})$

c-Déduire l'expression de $u_{AB}(t)$, la tension aux bornes de R .

d-Identifier parmi les courbes (1) et (2) de la **figure 2**, le chronogramme de $u_{AB}(t)$.

4/En utilisant les courbes (1) et (2) de la **figure 2** :

a-Déterminer E .

b-Déterminer la valeur de τ .

c-Montrer que $R=4r$.

d-Déterminer la valeur de r . En déduire celle de R .

Exercice n°7:

On réalise le montage électrique schématisé dans la figure suivante.

Il comporte :

-Deux dipôles (D_1) et (D_2) dont l'un peut être un condensateur de capacité $C=20\mu F$, alors que l'autre peut être une bobine d'inductance L et de résistance r ou bien un résistor de résistance r ;

-un générateur de force électromotrice (**fem**) E et de résistance interne nulle ;

-un résistor de résistance $R=90\Omega$;

-deux ampèremètres (A_1) et (A_2) ;

-un voltmètre (V)

-trois interrupteurs (K), (K_1) et (K_3).

I)Le condensateur ne portant initialement aucune charge électrique, on ferme les interrupteurs (K_1) et (K_2), puis (K). En régime permanent, le voltmètre indique une tension $U=0,6V$, l'ampèremètre (A_1) indique un courant nul tandis que l'ampèremètre (A_2) indique un courant d'intensité $I=60mA$.

1/Montrer que :

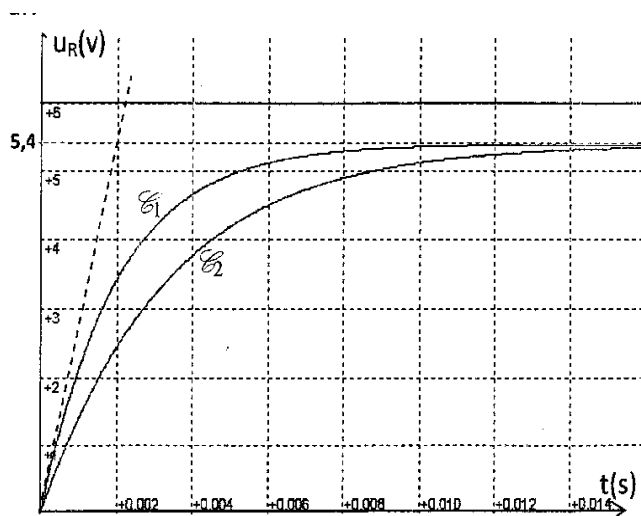
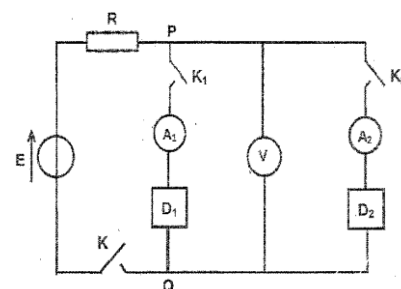
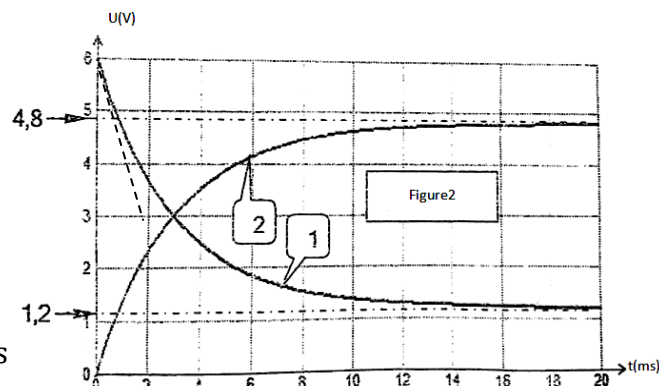
a-Le dipôle (D_1) est le condensateur de capacité C .

b-On ne peut pas trancher quant à la nature exacte du dipôle (D_2) et calculer la valeur de r .

2/Déterminer la valeur de la fem E du générateur.

II)On maintient (K) fermé puis on ouvre (K_1) et (K_2). A $t=0s$, on ferme l'interrupteur (K_2). On visualise à l'aide d'un oscilloscope à mémoire la tension u_R aux bornes du résistor. On obtient alors le chronogramme C_1 de la figure ci-contre. Montrer que le dipôle D_2 est une bobine.

2/a-Etablir l'équation différentielle permettant de déduire l'expression de $i = f(t)$.



b-Montrer que l'intensité de courant i s'écrit $i(t) = \frac{E}{R+r} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$.

c-Déterminer graphiquement la constante du temps τ et l'intensité du courant I_0 en régime permanent.

Déduire la valeur de l'inductance L de la bobine.

d-Etablir la tension $u_B(t)$ aux bornes de la bobine et la représenter.

3/Dans ce circuit, on modifie l'une des grandeurs caractéristiques du circuit (L ou bien R).

Le nouveau chronogramme de la tension u_R est la courbe C_2 de la figure ci-dessous.

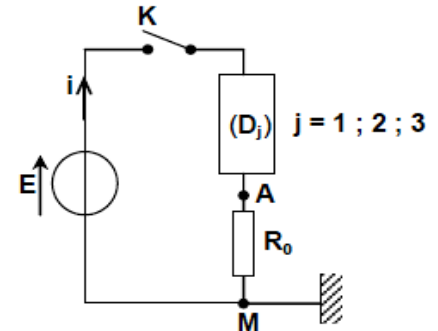
Identifier la grandeur dont la valeur a été modifiée et comparer sa nouvelle valeur à sa valeur initiale.

Exercice n°8:

On considère trois dipôles (D_1), (D_2) et (D_3) dont l'un est un condensateur déchargé de capacité C , l'autre est une bobine d'inductance L et de résistance interne r et un dernier est un conducteur ohmique de résistance R .

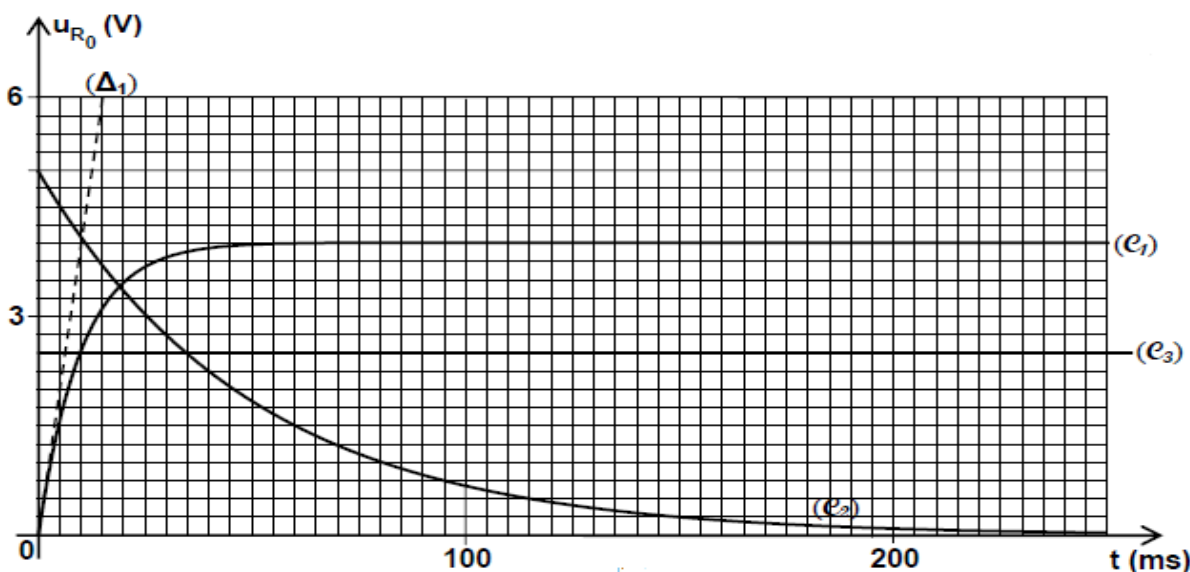
On se propose d'identifier la nature de chacun de ces dipôles et de déterminer ses grandeurs caractéristiques. Pour ce faire, on réalise le circuit de la **figure-1**, constitué par l'association en série d'un générateur de tension supposé idéal de force électromotrice $E=5V$, d'un conducteur ohmique de résistance $R_0=80\Omega$, d'un interrupteur K et successivement de l'un des dipôles précédents.

Le sens positif choisi de l'intensité i du courant est indiqué sur le schéma du circuit.



Pour chaque dipôle, on ferme l'interrupteur K à l'instant $t=0$ et on enregistre l'évolution en fonction du temps de la tension $u_{R_0}(t) = u_{AM}(t) = R_0 i(t)$. On obtient alors les chronogrammes (C_1), (C_2) et (C_3) correspondant respectivement aux dipôles (D_1), (D_2) et (D_3).

On reproduit ces chronogrammes sur le même système d'axes de la figure-2. On trace également la tangente (Δ_1) au chronogramme (C_1) à l'instant $t=0$



Répondre aux questions suivantes à partir de l'exploitation des chronogrammes de la **figure-2**

1/a-Justifier que le dipôle (D_3) est le conducteur ohmique de résistance R .

b-Déterminer la valeur de R .

2/a-Indiquer parmi les dipôles (D_1) et (D_2), celui qui correspond au condensateur. Justifier.

b-Etablir l'équation différentielle régissant l'évolution temporelle de la tension u_{R_0} dans le circuit comportant le condensateur.

c-La solution de l'équation différentielle précédente est de la forme : $u_{R_0}(t) = E e^{-\frac{t}{\tau}}$; avec $\tau = R_0 C$ la constante de temps du circuit. On appelle t_d la durée de temps de descente de la tension $u_{R_0}(t)$ dans le circuit et on définit par : $t_d = t_2 - t_1$; où t_1 et t_2 représentent les instants au bout desquels la tension u_{R_0} atteint respectivement 90,0% et 10,0% de sa valeur maximale.

c1-Montrer que : $t_d \cong 2,2\tau$.

c2-Déterminer graphiquement t_d .

c3-Déduire la valeur de τ et celle de la capacité C du condensateur.

3/On envisage maintenant le circuit comportant la bobine. Dans ce cas, l'expression de la tension $u_{R_0}(t)$ peut s'écrire sous la forme : $u_{R_0}(t) = \frac{R_0 E}{R_0 + r} (1 - e^{-\frac{t}{\tau'}})$; avec $\tau' = \frac{L}{R_0 + r}$ est la constante de temps du circuit.

a-Nommer le phénomène physique qui se manifeste dans la bobine à la fermeture de l'interrupteur K.

b-En exploitant le chronogramme correspondant au circuit envisagé :

b1-relever la valeur de τ' en décrivant la méthode utilisée ;

b2-déterminer la valeur de la résistance interne r de la bobine ;

b3-déduire la valeur de l'inductance L de la bobine.

c-En se servant de l'expression de u_{R_0} donnée dans 3/, déterminer l'instant t_3 pour lequel l'énergie emmagasinée par la bobine est égale à 90,3% de l'énergie maximale qu'elle peut emmagasiner.

Exercice n°9:

On réalise le circuit de la **figure** ci-contre comportant en série :

♦ Un générateur idéal de tension de fem E .

♦ Deux résistors de résistances R_1 et R_2 .

♦ Une bobine idéale d'inductance L .

♦ Un interrupteur K.

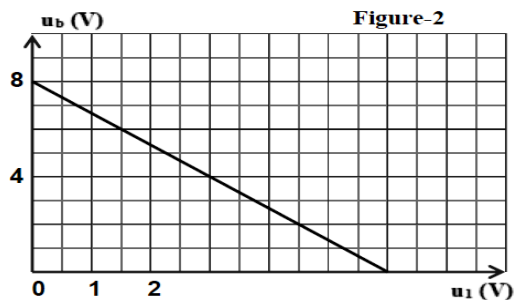
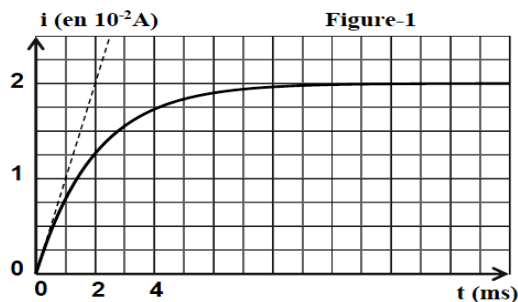
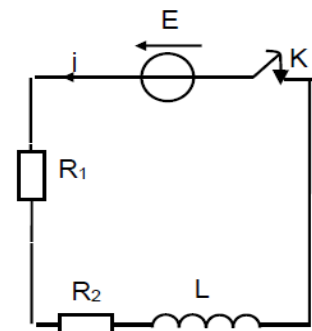
A l'instant $t=0s$, on ferme l'interrupteur K. soient u_1 et u_2 , les tensions respectives aux bornes de R_1 et R_2 .

1/ a-Montrer que l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_1(t)$ aux bornes du résistor R_1 s'écrit : $\frac{du_1(t)}{dt} + \frac{R_1 + R_2}{L} u_1(t) = \frac{R_1}{L} E$.

b-Montrer que $u_1(t) = A(e^{-\frac{t}{\tau}} - 1)$ est une solution de cette équation pour des valeurs de A et τ que l'on exprimera en fonction de R_1 , R_2 , E et L .

c-Montrer que la tension $u_B(t)$ aux bornes de la bobine s'écrit sous la forme $u_B(t) = B.u_1(t) + E$ avec B une constante que l'on exprimera en fonction de R_1 et R_2 .

2/Par un système d'acquisition adéquat, on trace la courbe d'évolution de l'intensité $i(t)$ du courant qui circule dans le circuit (**Figure-1**) et la courbe de variation de la tension u_B aux bornes de la bobine en fonction de la tension u_1 aux bornes du résistor R_1 . (**Figure-2**).



a-Distinguer les régimes de l'établissement du courant électrique et préciser le rôle joué par la bobine dans chaque régime.

b-Déterminer la fem E du générateur et la tension U_{1P} aux bornes de R_1 , en régime permanent.

c-Déterminer la résistance R_1 et déduire, par deux méthodes que la résistance $R_2 = 100 \Omega$.

d-Déterminer la constante de temps τ du dipôle ($R_1 + R_2$, L) et préciser la méthode utilisée.

e-Montrer, par deux méthodes, que l'inductance de la bobine est $L = 0,8 H$.

3/Déterminer l'énergie de la bobine lorsque la fem d'auto-induction est $e = -4 V$.

4/a-Tracer, en le justifiant, l'allure de $i = f(t)$ (**figure-1**, feuille annexe) et celle de $u_B = f(u_1)$ (**figure-2**, feuille annexe) si on remplace la bobine idéale par une bobine de même inductance L et de résistance interne **non nulle** (au stylo bleu).

b-Tracer, en le justifiant, l'allure de la courbe de $u_B = f(u_1)$ (**figure-2**), si on garde la bobine idéale et on augmente la valeur de R_1 (au stylo vert)