



**SERIE D'EXERCICES SUR P8: INDUCTION MAGNETIQUE-ETUDE D'UN DIPOLE (R,L).**

**EXERCICE 1 :**

Des bobines sont souvent combinées avec d'autres composants électroniques dans une variété de dispositifs pour, entre autres usages, stocker de l'énergie et créer le pic de tension nécessaire pour allumer une lampe à décharge. On se propose d'étudier le champ magnétique à l'intérieur d'une bobine, de déterminer son inductance et l'énergie électromagnétique emmagasinée.

1/ Un solénoïde de longueur  $\ell = 30$  cm, d'inductance  $L$  comportant  $N = 500$  spires circulaires de rayon  $r = 2,5$  cm est parcouru par un courant d'intensité  $I = 25$  mA dont le sens est indiqué sur la figure 1.

**On donne : la perméabilité du vide  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  SI.**

a/ Reproduire la figure 1 puis représenter le vecteur champ magnétique  $\vec{B}$  au point O et préciser les faces Nord et Sud du solénoïde.

Calculer la valeur de l'intensité de  $\vec{B}$ .

b/ L'axe horizontal du solénoïde est perpendiculaire au plan du méridien magnétique.

On place une aiguille aimantée au point O en l'absence de courant électrique.

Ensuite on fait passer un courant électrique d'intensité  $I = 25$  mA dans le solénoïde.

L'aiguille tourne d'un angle  $\alpha$ .

Reproduire la figure précédente et représenter au point O la composante horizontale  $\vec{B}_H$  du champ magnétique terrestre. Déterminer la valeur de  $\alpha$ .

**On donne  $B_H = 2 \cdot 10^{-5}$  T.**

2/ Cette bobine d'inductance ( $L$ ) et de résistance négligeable est insérée en série dans un circuit comprenant un générateur de tension continue ( $E$ ) et un résistor de résistance ( $R$ ) (Figure 2).

**On donne  $E = 12$  V et  $R = 150 \Omega$ .**

a/ Etablir l'expression de l'inductance du solénoïde en fonction de  $N$ ,  $\ell$ ,  $r$  et  $\mu_0$ .

Calculer sa valeur.

b/ Etablir l'équation différentielle vérifiée par l'intensité du courant  $i(t)$ .

c/ Vérifier que  $i(t) = I_p \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$  est solution de cette équation différentielle. Où  $I_p$  et  $\tau$  sont des constantes qu'on exprimera en fonction de  $E$ ,  $R$  et  $L$ .

d/ Calculer l'énergie électromagnétique emmagasinée dans le solénoïde après une durée  $t = \tau$ .

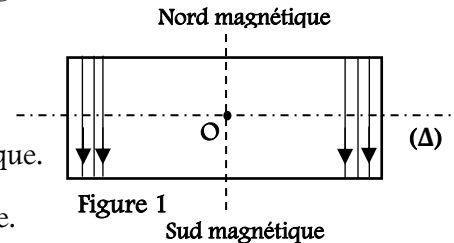


Figure 1

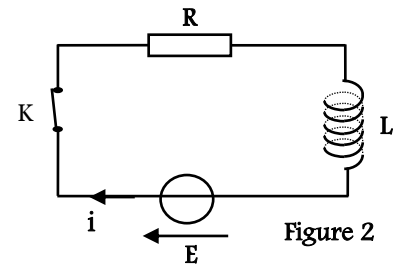


Figure 2

**EXERCICE 2 :**

Soit un circuit électrique comportant un interrupteur ( $K$ ) ; un générateur idéal de tension continue de f.e.m  $E$ , un résistor de résistance  $R$  et une bobine d'inductance  $L = 0,02$  H et de résistance interne  $r$ .

A l'instant  $t = 0$ s, on ferme l'interrupteur  $K$ , un oscilloscope à mémoire, permet de visualiser la tension aux bornes du générateur et du résistor. On obtient l'oscillogramme représenté ci-dessous.

1/ Faire le schéma du circuit électrique, en indiquant, les branchements à réaliser pour visualiser les tensions aux bornes du générateur et du résistor sur les voies respectives (I) et (II) de l'oscilloscope ?

2/ Le circuit électrique étudié peut être caractérisé par une constante de temps  $\tau$ , qui permet d'évaluer la durée nécessaire à l'établissement du régime permanent dans ce circuit.

a/ Etablir l'équation différentielle qui régit la tension aux bornes du résistor  $u_R$ .

b/ Vérifier que  $u_R(t) = A \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$  est solution de l'équation

différentielle, où  $A$  et  $\tau$  sont des constantes que vous exprimerez en fonction des grandeurs caractéristiques du circuit.

c/ A partir de l'oscillogramme représenté ci-contre, déterminer la valeur de la constante de temps  $\tau$ .

d/ A partir de l'oscillogramme représenté ci-contre et des questions précédentes, déduire les valeurs de la résistance interne  $r$  de la bobine et de la résistance  $R$  du résistor. Conclure.

3/ Déterminer la puissance dissipée par effet joule en régime permanent.

**EXERCICE 3 :**

On bascule à la date  $t = 0$ , l'interrupteur  $K$  à la position 1.

1/Orienter la branche contenant la bobine de sorte que l'intensité  $i$  du courant qui la traverse soit positive lorsque l'interrupteur est basculé en position 1.

Indiquer les tensions  $u_R$  de la résistance  $R$  et  $u_b$  de la bobine en respectant la convention récepteur.

2/ Indiquer, sur le schéma, les branchements à réaliser pour visualiser l'intensité  $i$  du courant.

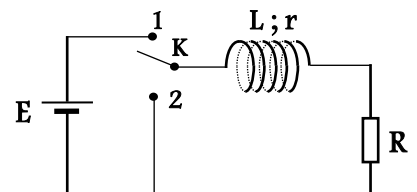
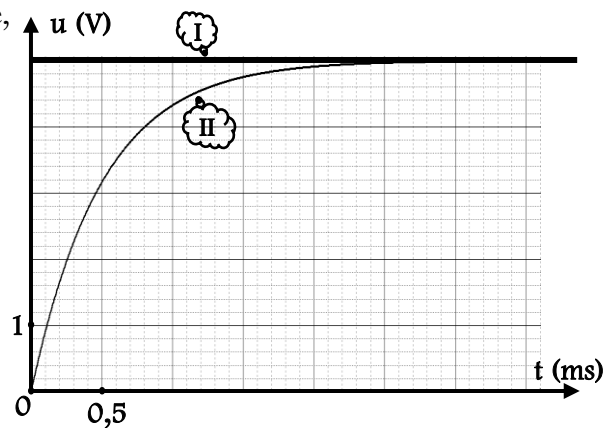


Figure 1

3/ Etablir l'équation différentielle satisfaite par l'intensité  $i$  du courant dans le circuit à partir de l'instant  $t = 0$  où l'on ferme l'interrupteur.

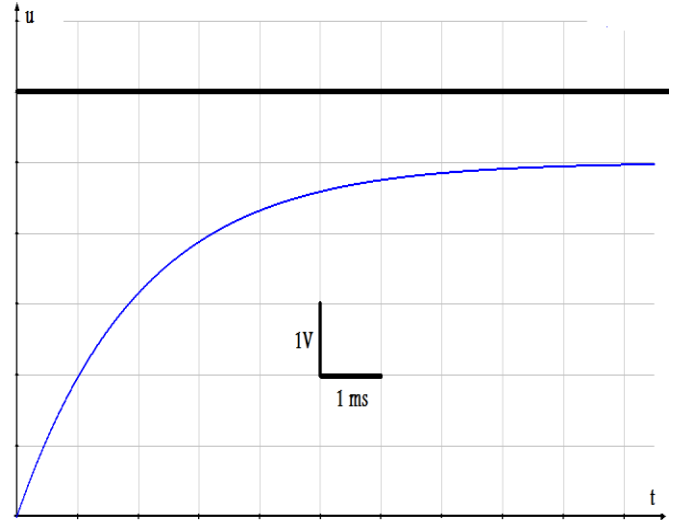
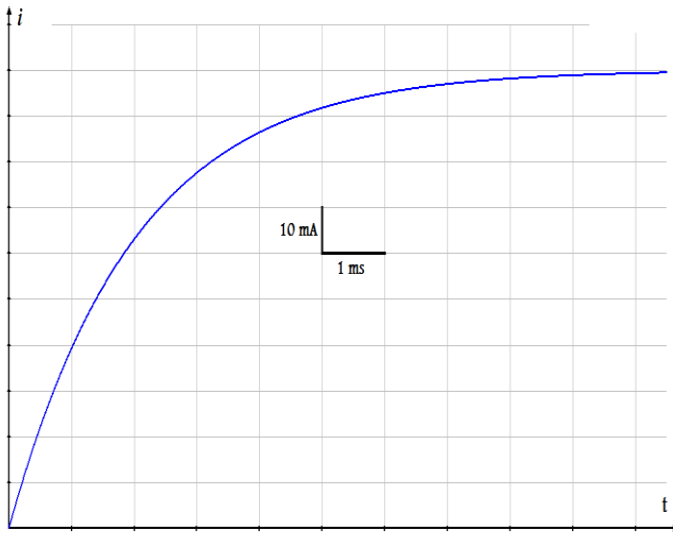
4/ Vérifier que  $i(t) = \frac{E}{R+r} \left( 1 - e^{-\frac{R+r}{L}t} \right)$  est solution de l'équation différentielle qui régit l'intensité du courant  $i$ ,

5/a/ Exprimer, en fonction de la constante de temps  $\tau$ , la date  $t_{1/2}$  au bout de laquelle l'intensité du courant est égale à la moitié de sa valeur en régime permanent.

b/ En déduire, à l'aide de la courbe de  $i(t)$ , la valeur de  $\tau$ .

6/ Déduire des représentations graphiques de  $i(t)$ ,  $E(t)$  et  $u_R(t)$  les valeurs de  $r$ ,  $R$  et  $L$ .

7/ On place maintenant l'interrupteur en position 2 à un instant pris comme nouvelle origine des dates. Représenter, sur le graphique comportant les courbes  $E(t)$  et  $u_R(t)$ , l'allure de la nouvelle courbe de  $u_R(t)$ .



**EXERCICE 4 :**

Un groupe d'élèves en classe de terminale S, sous la supervision de leur professeur, se propose d'étudier expérimentalement la réponse d'un dipôle ( $R ; L$ ) à un échelon de tension. Ils réalisent un circuit électrique en associant en série:

- ▶ Une bobine d'inductance  $L$  et de résistance  $r$  ;
- ▶ Un résistor de résistance  $R = 20 \Omega$  ;
- ▶ Un générateur de force électromotrice  $E$ .

1/ Faire un schéma du circuit électrique réalisé par ces élèves.

2/ Que peut-on dire de l'effet de la bobine sur l'établissement du courant ?

3/ Quel nom donne-t-on au régime lorsque le courant induit s'annule dans la bobine ?

4/ Enoncer la loi qui permet de déterminer le sens du courant induit. Quel nom donne-t-on à cette loi ?

5/ La courbe ci-contre représente l'évolution de la tension  $u_b(t)$  aux bornes de la bobine au cours du temps.

a/ Reprendre le schéma du circuit électrique de la question 1/ puis indiquer, les branchements à réaliser pour visualiser la tension aux bornes de la bobine sur la voie Y d'un oscilloscope ?

b/ L'équation différentielle à laquelle obéit l'intensité  $i$  du courant dans le circuit pendant cette phase est:

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

Vérifier que  $i(t) = I_0 \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$  est solution de cette équation différentielle avec  $I_0 = \frac{E}{R+r}$  et  $\tau = \frac{L}{R+r}$

c/ Montrer que  $u_b(t) = \frac{rE}{R+r} + \frac{RE}{R+r} e^{-\frac{t}{\tau}}$ .

d/ Déterminer graphiquement la force électromotrice  $E$ .

e/ Exprimer la tension  $u_b$  aux bornes de la bobine et  $u_R$  aux bornes du résistor en régime permanent en fonction de  $r$ ,  $R$  et  $E$ . Déduire du graphe leur valeur numérique.

f/ En utilisant la loi des mailles, montrer qu'à la date  $t = \tau$  la tension aux bornes de la bobine est  $u_b = 3,5 \text{ V}$ . En déduire graphiquement la valeur de  $\tau$ .

g/ Déduire des questions précédentes l'inductance  $L$  de la bobine et sa résistance interne  $r$ .

