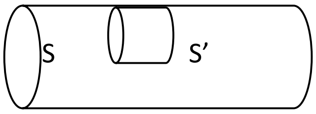
INSPECTION D'ACADEMIE DE TAMBACOUNDA — Avril 2023
CELLULE ACADEMIQUE DE SCIENCES PHYSIQUES — TERMINALE S_2

SERIE ACADEMIQUE SUR INDUCTION ET AUTO-INDUCTION

Exercice N°1

On réalise le dispositif ci-dessous (figure1). Une petite bobine b de surface S' = 10cm^2, comportant N' = 100 spires est placé à l'intérieur d'un solénoïde S comportant N = 1000 spires et de longueur l = 1,5m. La petite bobine b et le solénoïde sont orientés comme l'indique la figure1.

Figure 1



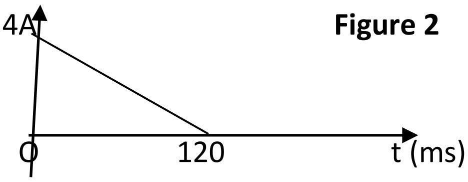


Figure 2

1- L'intensité du courant dans le solénoïde varie suivant la loi donnée par la figure2. En déduire :

1.1 Le champ magnétique B(t) à l'intérieur du solénoïde ;

1.2 L'expression du flux magnétique à travers la bobine b ;

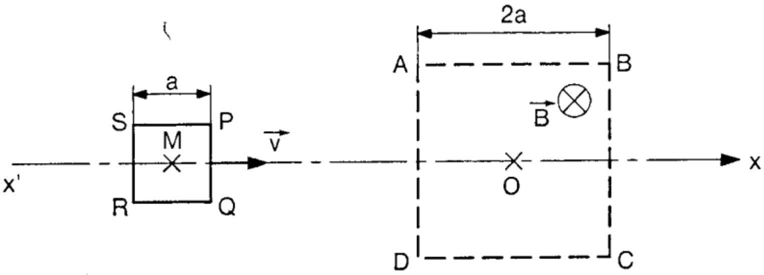
1.3 La force électromotrice d'induction dont la bobine b est le siège. Préciser sur un schéma, le sens de $\vec{B}$ et du courant qui traverserait la bobine b si on réunissait ses deux extrémités.

2- On rétablit dans le solénoïde une intensité constante de 4A. On imprime à la bobine b un mouvement de rotation uniforme autour d'un axe vertical passant par son centre. On branche un oscillographe aux bornes de b. Donner l'expression de la nouvelle f.e.m d'induction e'. En déduire l'allure de la courbe observée sur l'écran de l'oscilloscope (donner une représentation qualitative de cette courbe).

Exercice N°2

Une bobine de forme carrée, de côté a, et constituée de N spires, est déplacée à la vitesse $\vec{v}$, d'un mouvement de translation uniforme. Au cours de son mouvement, la spire traverse une région de l'espace dans laquelle règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ de direction verticale ; dans le plan de la spire le champ magnétique est délimité par un carré ABCD de centre O et de côté 2a. PQ et AD sont parallèles.

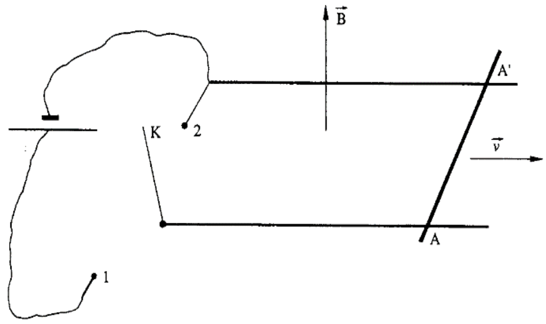
On repère la position de la bobine par l'abscisse x de son centre M sur l'axe x'x d'origine O, par rapport à (O,$\vec{i}$) et l'on pose OM = x. La tige se déplace du point d'abscisse –a au point d'abscisse + 4a, le côté PQ du cadre restant toujours parallèle à AD.



On repère la position de la spire conductrice par l'abscisse x de son centre M sur l'axe x'x d'origine O, O étant le centre du carré ABCD (voir figure).

Exprimer puis représenter graphiquement la f.é.m. induite e(t) dans la spire en fonction de x, pour x compris entre -2a et +2a. On considère comme positive une f. é. m. qui produit un courant dans le sens des aiguilles d'une montre.

Exercice N°3



On considère le système suivant : deux rails parallèles et horizontaux peuvent être, soit branchés sur un générateur de f.é.m. E = 2 volts (interrupteur K en position 1), soit mis en court-circuit (K en position 2). Les rails sont distants de l = 0,25 m et baignent dans un champ magnétique vertical B dirigé vers le haut et d'intensité B = 0,5T.

Une tige métallique AA', de masse m = 10 g peut glisser sans frottement sur les rails et sa résistance entre les deux rails vaut R = 0,5 ohm. Toutes les autres résistances sont négligeables. Il en est de même de l'auto-inductance du circuit.

1- Calculer l'intensité I du courant qui traverse AA', la d.d.p. e entre les points A et A', et l'intensité de la force électromagnétique qui s'exerce sur la tige métallique dans les deux cas suivants

1.1 K en position 1 et la tige est immobile.

1.2 K en position 2 et la tige se déplace avec la vitesse v = 10 $m.s^{-1}$.

2- L'interrupteur K étant en position 1, la tige AA' a une vitesse constante et imposée v (en $m.s^{-1}$), dont la direction et le sens sont indiqués sur la figure.

2.1 Déterminer la fonction I = f(v). Représenter le graphe de cette fonction.

2.2 Calculer I pour les valeurs, $v_1 = 10$ $m.s^{-1}$ et $V_2 = 22$ $m.s^{-1}$.

3- A la date t = 0, la tige est immobile et on ferme l'interrupteur en position 1.

3.1 En appliquant le théorème du centre d'inertie à la tige à une date t quelconque, montré que la vitesse v obéit à l'équation différentielle suivante : $\frac{dv}{dt} + \frac{\ell^2 B^2}{mR} v = \frac{E\ell B}{mR}$.

3.2 Vérifier que $v = \frac{E}{BI}\left[1 - exp\left(-\frac{\ell^2 B^2}{mR}\right) t\right]$ est solution de cette équation.

3.3 Calculer la vitesse limite V_L atteinte par la tige. Montrer que cette vitesse limite peut se déduire de la question 2).

Exercice N°4 :

On se propose d'étudier l'établissement du courant dans un dipôle série comportant une bobine d'inductance L et de résistance r et un conducteur ohmique de résistance R_0 =30 Ω. Lorsque celui-ci est soumis à un échelon de tension de valeur E délivrée par un générateur de tension idéal. Un oscilloscope à mémoire, est branché comme l'indique **la figure 1**, permet d'enregistrer au cours du temps les valeurs des tensions

4.1 . A l'instant t=0, on ferme l'interrupteur K, et on procède à l'enregistrement. On obtient les courbes $y_1 = f(t)$ et $y_2 = g(t)$ (figure ci-dessous)

4.1.1 Quelles sont les grandeurs électriques observées sur les voies **A** et **B** respectivement ? Identifier sur la figure1, les voies y_1 et y_2. Justifier la réponse.

4.1.2 Quelle est la courbe qui permet de déduire la variation de l'intensité du courant **i** au cours du temps? Explique brièvement le comportement électrique de la bobine.

4.1.3 Relever du graphe, la valeur de la force électromotrice du générateur.

4.1.4 Lorsque le régime permanent est établi, l'intensité **i** prend la valeur **Ip**, tandis que **y_2** prend la valeur **Yp.**

4.1.4.1 . Donner, dans ces conditions, les expressions littérales des tensions U_{AM}, U_{AB} et U_{BM}. Montrer, en utilisant les courbes de la figure 2, que la bobine a une résistance r non nulle.

4.1.4.2 Calculer l'intensité I_P et la résistance r de la bobine.

4.2 Le circuit étudié peut être caractérisé par une constante de temps nécessaire à l'établissement d'un régime permanent dans ce circuit.

4.2.1 On admet que i est l'intensité du courant dans le circuit à un instant t, alors : $i(t) = \boldsymbol{A}\left(\mathbf{1} - \boldsymbol{e}^{-\frac{t}{\tau}}\right)$ montrer que **A = I_P.**

4.2.2 Détermine graphiquement la constante de temps τ.

4.2.3 En déduire la valeur de l'inductance L de la bobine, et calculer l'énergie emmagasinée par celle-ci quand le régime permanent est établi.

4.2.4 Quelle est la durée du régime transitoire ?

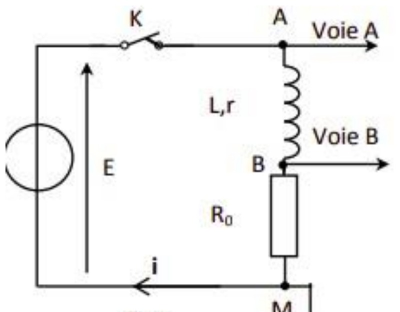
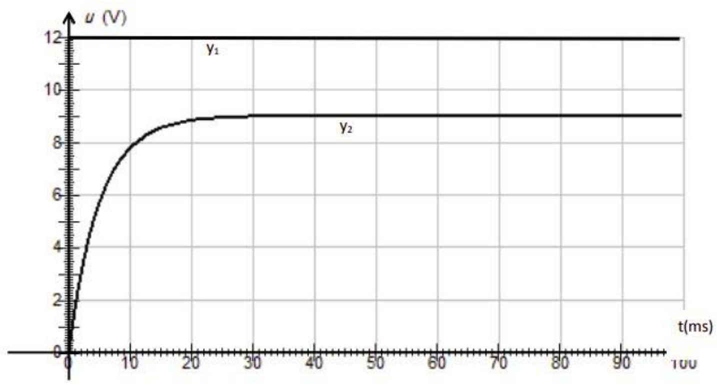


Fig 1



Exercice N°5

Un solénoïde de 50 cm de longueur et de 8 cm de diamètre est considéré comme infiniment long ; il comporte 2000 spires par mètre.

1- Donner les caractéristiques du vecteur champ magnétique $\vec{B}$ à l'intérieur du solénoïde quand il est parcouru par un courant.

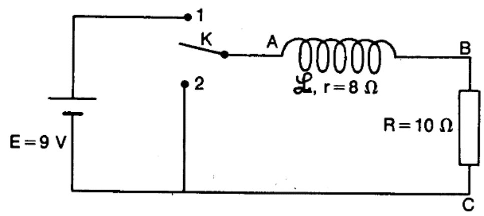
2- Calculer l'auto-inductance L de ce solénoïde.

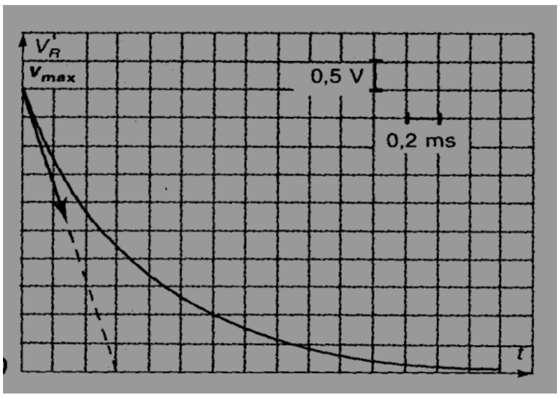
3- On réalise avec ce solénoïde le montage suivant (fig. La résistance interne du générateur est négligeable.

3.1 L'interrupteur K est dans la position 1.Quelle est en régime permanent l'intensité I_0 du courant dans le circuit ?

3.2 En un temps infiniment bref et à l'instant t = 0, l'interrupteur K passe de la position 1 à la position 2.Etablir l'équation différentielle à laquelle obéit l'intensité i du courant dans le circuit. Vérifier que la solution de cette équation est de la forme :

$i = I_0 \exp(-\frac{t}{\tau})$ avec $\tau = \frac{L}{R + r}$ constante de temps.





4- Soit V_R la tension aux bornes du dipôle BC. Soit t, le temps au bout duquel V_R atteint 90 % de sa valeur maximale. Soit t_2 le temps au bout duquel V_R atteint 10 % de sa valeur maximale.

4.1 .Exprimer $t_d = t_2 - t_1$ en fonction de τ. A partir de la courbe $V_R = f(t)$ représentée.

4.2 .Déterminer t_d et en déduire la valeur de τ.

Exercice N°6

On réalise le circuit comprenant une bobine d'inductance L et de résistance r = 11 Ω, un résistor de résistance $R_1 = 100\ \Omega$, un interrupteur, un ampèremètre et un générateur de tension continue dont la f.é.m est E_o et sa résistance interne est négligeable. (figure 1)

1- L'interrupteur est fermé, le régime permanent étant établi, l'ampèremètre indique I = 0,50 A. Avec un teslamètre, on mesure l'intensité du champ magnétique à au centre de la bobine. On trouve B = 0,31 mT. La longueur de la bobine est l = 40 cm et son diamètre est d = 5cm. Ces dimensions permettent de considérer la bobine comme un solénoïde.

2- Représenter sur une figure claire le champ magnétique au centre du solénoïde et préciser la nature de ses faces.

3- Calculer le nombre de spires N du solénoïde.

4- Le circuit précédent étant maintenu, on remplace le générateur de tension continue par un générateur basse fréquence de tension périodique qui varie entre 0 et 6V. (voir figure 3) On désire suivre l'évolution de la tension aux bornes du résistor par un oscilloscope à mémoire bicourbe.

4.1 Reproduire la figure 1 et indiquer les branchements à réaliser pour visualiser sur l'écran de l'oscilloscope la tension aux bornes du générateur à la voie A et la tension aux bornes du résistor à la voie B

4.2 Etablir l'équation différentielle régissant la variation de l'intensité du courant i lorsque $t \in \left[0; \frac{T}{2}\right]$,T étant la période de la tension délivrée par l'intensité du courant.

4.3 Vérifier que $E_1 [1 - \exp(-\frac{t}{\tau})]$ est une solution de cette équation où τ est une constante que l'on exprimera en fonction de R_1, r et L.

4.4 Que représente τ pour le circuit ? Déterminer à partir du graphe de la figure 4 ci-dessous sa valeur en explicitant la méthode utilisée.

4.5 En déduire la valeur de L.

4.6 A partir de cette valeur, vérifier la valeur du nombre de spires N trouvée à la question 3).

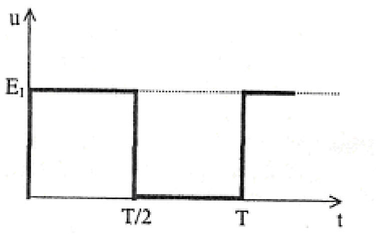
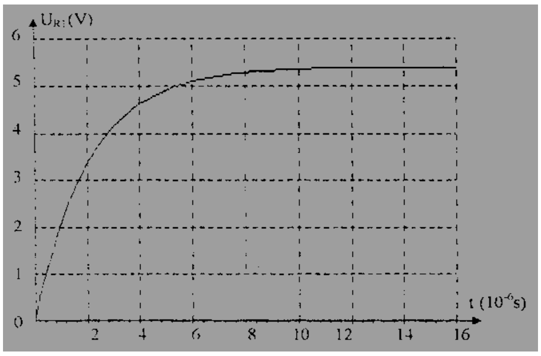


Figure 6



FIN DE SERIE