

Auto-induction dipôle

1. ÉNONCÉ

Au cours d'une séance de travaux pratiques, on a enregistré l'intensité au cours de l'établissement du courant dans un circuit (L, R) en fonction du temps t .

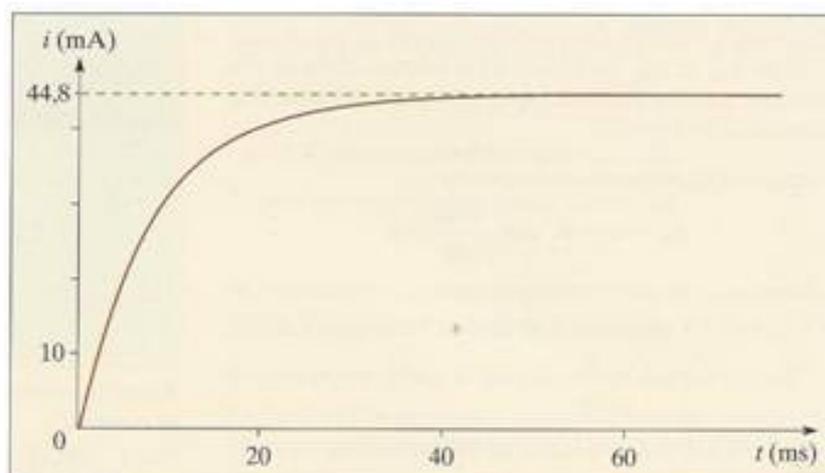
- 1) Faire un schéma d'un montage expérimental qui permettrait de réaliser cette expérience.
- 2) Tracer la tangente à la courbe à l'instant $t = 0$.

En déduire la constante de temps du circuit.

3) Indiquer la durée $11t$ au bout de laquelle l'intensité a atteint 63% de sa valeur maximale. La comparer à la valeur de T .

4) Le générateur délivrait une tension constante $E = 5,10$ V lors de cet essai. Déterminer la résistance R du circuit.

5) En déduire la valeur de l'inductance L .



2. CONSEILS

Ne pas oublier de placer une diode pour éviter tout problème de surtension lorsque l'on ouvre l'interrupteur

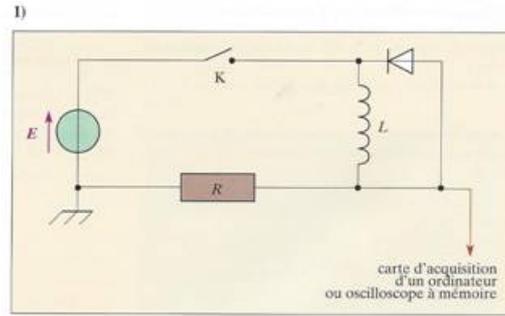
Retenir que pour $t = T$ l'intensité a atteint 63% de sa valeur limite.

La résistance que l'on calcule est la

SOLUTION

résistance totale du circuit, c'est-à-dire, la résistance du conducteur ohmique, augmentée de la résistance de la bobine.

Attention aux unités.



2) La tangente à la courbe à l'instant $t = 0$, coupe l'asymptote $i_0 = 44,8 \text{ mA}$ à l'instant $t = r$. Graphiquement: $r = 8,5 \text{ ms}$.

3) Pratiquement, on trouve $Dt = T$.

4) Lorsque le courant est établi dans le circuit, l'intensité limite du courant qui circule dans la

bobine est égale à $i_0 = \frac{E}{R}$

Nous en déduisons $R = \frac{5,1}{44,8 \cdot 10^{-3}} = 114 \Omega$

5) La constante de temps du circuit est: $T = \frac{L}{R}$

d'où $L = R \cdot T$.

AN: $L = 114 \times 8,5 \cdot 10^{-3} = 0,97$; $L = 1 \text{ H}$.

CONNAISSANCES ESSENTIELLES DU COURS

1/ Auto-induction

Définir, en quelques lignes, le phénomène d'auto-induction dans une bobine.

2/ Force électromotrice d'induction

1) Écrire l'expression de la f.e.m. d'auto-induction dans le cas d'une bobine sans fer.

2) Quelle est l'unité d'inductance?

3/ Schéma équivalent

Soit une bobine (L, r) de bornes A et B orientée de A vers B et parcourue par un courant d'intensité $i(t)$.

- 1) Donner le schéma électrique équivalent à une telle bobine.
- 2) Donner la relation entre la tension U_{AB} aux bornes de la bobine et l'intensité $i(t)$ qui la parcourt.

4/ Constante de temps

Un circuit électrique de résistance totale R comporte une bobine d'inductance L .

- 1) Définir la constante de temps τ de ce circuit.
- 2) Quelle est l'influence de la constante de temps τ sur l'établissement ou la disparition du courant dans le circuit?

5/ Énergie emmagasinée dans une bobine

Donner l'expression de l'énergie emmagasinée dans une bobine parcourue par un courant d'intensité i .

6/ Vrai ou faux

Certaines propositions sont fausses. Donner alors la proposition correcte.

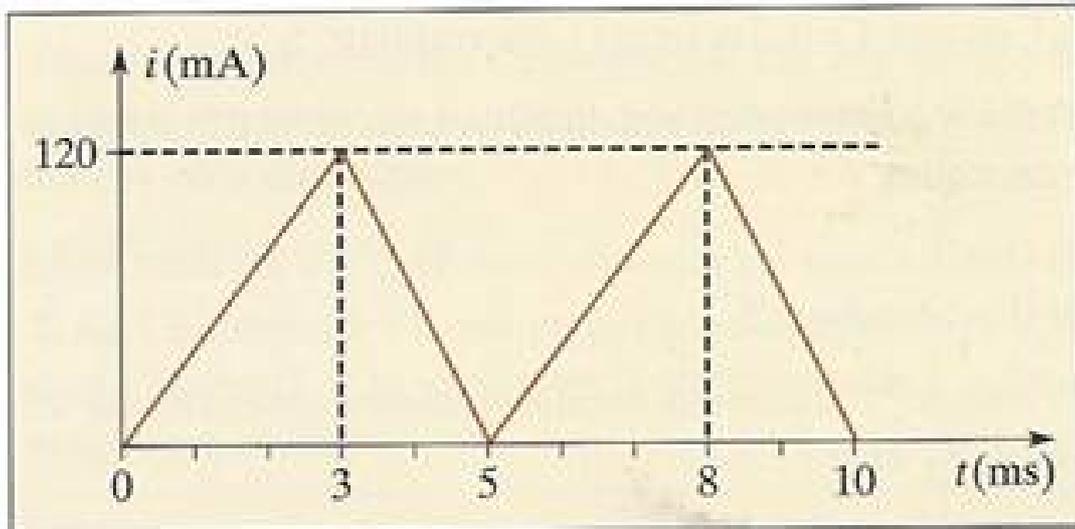
- 1) L'inductance d'une petite bobine sans noyau de fer est de quelques dizaines de henry.
- 2) L'inductance d'une bobine sans noyau de fer ne dépend pas de l'intensité qui la traverse.
- 363) L'introduction d'un noyau de fer dans une bobine diminue l'inductance de la bobine.
- 4) L'intensité du courant dans une bobine ne peut pas subir de brusque variation.

APPLICATIONS DIRECTES DU COURS

Loi de Lenz-Faraday (Ex. 7 et 8)

7/

L'intensité du courant dans une bobine d'inductance $L = 0,1 \text{ H}$ varie en fonction du temps selon la loi indiquée par le graphique ci-dessous.

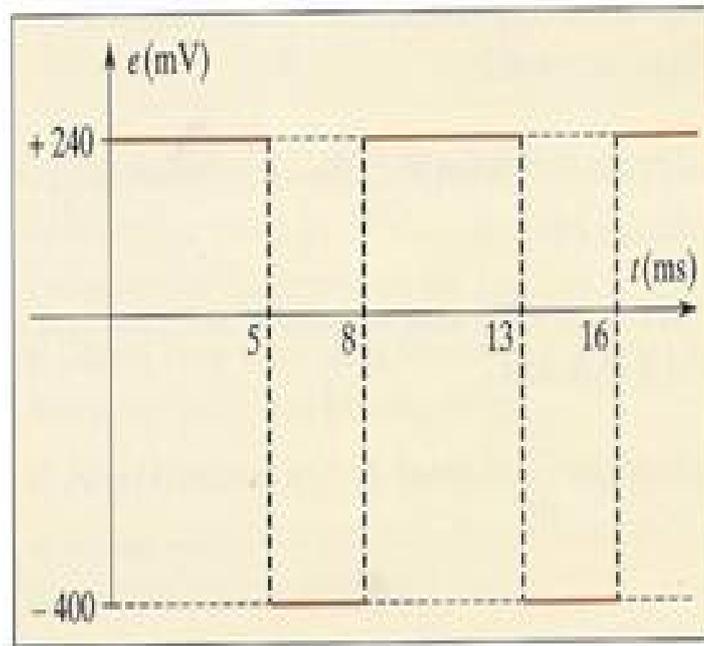


- 1) Ecrire l'expression de la f.e.m. d'auto- induction e .
- 2) Calculer la f.e.m. e dans les différents intervalles de temps.
- 3) Représenter graphiquement la variation de e au cours du temps.

8/

La f.e.m. d'auto-induction ϵ créée par une bobine d'inductance $L = 40 \text{ mH}$, varie au cours du temps selon la loi représentée par la courbe ci-dessous

- 1) Exprimer le taux de variation $\frac{di}{dt}$ en fonction de ϵ et L .
- 2) Calculer $\frac{di}{dt}$ dans chacun des intervalles de temps.
- 3) Représenter graphiquement i en fonction de t sachant qu'à l'instant $t = 5 \text{ ms}$, $i = 0$.



9/ Inductance d'une bobine sans fer.

L'inductance d'un solénoïde long est donnée par l'expression approchée:

$$L = \mu_0 \cdot N^2 \cdot \frac{S}{l} \quad \text{avec } N: \text{ nombre de spires, } l: \text{ longueur, en mètre, du solénoïde, } S: \text{ surface d'une spire et}$$

$$\mu_0 = 4 \pi \cdot 10^{-7} \text{ S.I}$$

- 1) Un solénoïde de 50 cm de longueur, de 6 cm de diamètre, comporte 1 000 spires. Calculer son inductance L .
- 2) Quelle est la f.e.m. d'auto-induction qui apparaît dans la bobine lorsque l'intensité du courant qui la traverse a un taux de variation de $200 \text{ A} \cdot \text{s}^{-1}$?
- 3) On introduit dans la bobine un noyau de fer doux. Le taux de variation de i est le même. La valeur de la f.e.m. d'induction augmente-t-elle ou diminue-t-elle ?

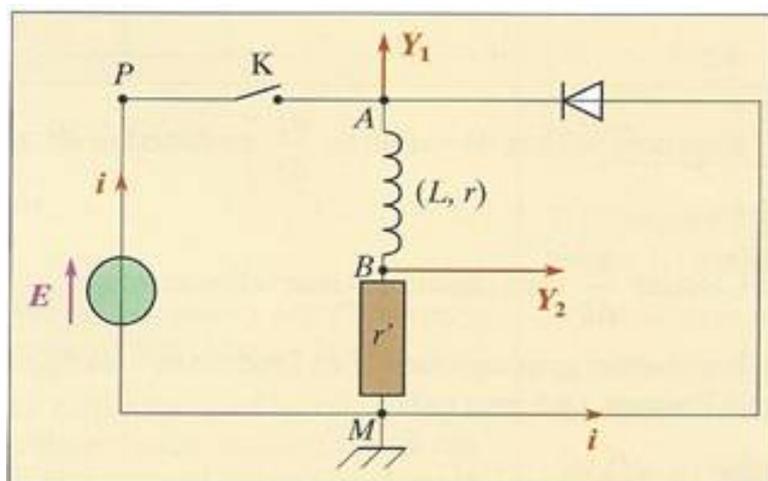
Dipôle (R, L) (Ex. 10 à 12)

10/

On a réalisé le circuit schématisé sur le document ci-dessous. Y_1 et Y_2 sont les deux voies d'un oscilloscope à mémoire. D est une diode idéale (lorsqu'elle conduit, la tension entre ses bornes est nulle).

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

- 1) Dans quelles branches du circuit circulent des courants transitoires ?
- 2) Quelles sont les tensions observées sur les deux voies de l'oscilloscope?
- 3) Donner l'allure des oscillogrammes observés sur les voies Y_1 et Y_2 .
- 4) a) Exprimer la loi d'Ohm aux bornes de la bobine, puis aux bornes de la résistance r'
- b) En déduire une relation entre $R = r + r'$, L , i , $\frac{di}{dt}$ à l'instant $t = 0$
- c) Quelle est l'expression i_0 de l'intensité du courant en régime permanent?
- d) Donner, en fonction de E et L , l'expression de $\frac{di}{dt}$ à l'instant $t = 0$.
- 5) a) Définir la constante de temps τ du circuit contenant le générateur.
- b) Exprimer à l'instant $t=0$ en fonction de i_0 et T .



11/

On reprend le montage précédent.

- 1) Le régime permanent est établi dans le circuit comprenant l'interrupteur.
Quelle est l'expression de l'intensité i_0 du courant permanent?

2) On ouvre K à un instant pris comme origine des temps.

a) À l'instant $t = 0$, quelle est l'expression de l'intensité i du courant dans la bobine?

b) Quel est le rôle de la diode?

c) Donner l'allure de l'oscillogramme observé en Y_2 .

d) Établir la relation entre i , L , $\frac{di}{dt}$ et $R = r + r'$

3) a) Avec quelle constante de temps l'intensité tend- elle vers zéro dans la maille comprenant la diode supposée idéale?

b) Déterminer la relation donnant, à l'instant $t = 0$, $\frac{di}{dt}$ en fonction de i_0 et T .

12/

Aux bornes d'un générateur de tension continue de 6V, on branche une bobine ($L = 11\text{mH}$; résistance négligeable) et un conducteur ohmique ($R = 1\text{k}\Omega$)

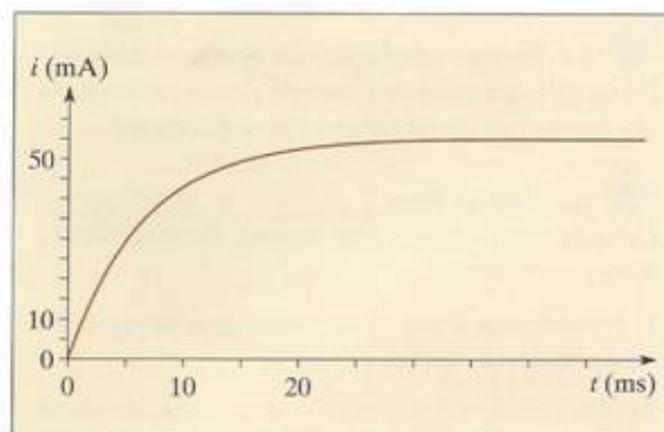
1) Calculer la valeur de l'intensité du courant en régime permanent.

2) Calculer la constante de temps T caractéristique de l'établissement du courant dans le circuit.

3) Calculer la valeur de $\frac{di}{dt}$ à l'instant $t = 0$

13/ Constante de temps

Dans un circuit (L, R), on a relevé la valeur de l'intensité i du courant en fonction du temps :



1) Quelle est la valeur de l'intensité en régime permanent?

2) On désire déterminer, à partir du graphique, la constante de temps T par trois méthodes.

a) Tracer la tangente à la courbe à l'instant $t = 0$. A partir du point d'intersection avec l'asymptote horizontale de la courbe, déduire la valeur de T .

b) Au bout d'une durée T après l'établissement du courant, l'intensité est égale à 63% de sa valeur maximale.

À l'aide du graphique en déduire T .

c) L'intensité passe d'une valeur égale à 10% de sa valeur maximale à une valeur égale à 90 % de sa valeur maximale sur une durée $\Delta t = 2,2 \text{ t}$

À l'aide du graphique en déduire T.

d) Comparer les valeurs de T obtenues par les trois méthodes.

3) Calculer la valeur de l'inductance L si la résistance R totale du circuit est égale à 11W.

4) Déterminer à l'instant $t = 0$ la valeur :

a) de $\frac{di}{dt}$;

b) de la f.e.m. d'induction dans la bobine.

14/ Annulation du courant dans une bobine

Lors de l'annulation du courant dans un dipôle (L,R) , on a observé la courbe de décroissance de l'intensité du courant (cf graphe suivant).

1) Déterminer la valeur de l'intensité à l'instant initial.

2) Pour déterminer la constante de temps du dipôle (L,R), on peut utiliser deux méthodes.

a) Tracer la tangente à la courbe à l'instant $t = 0$. En déduire la constante de temps T sachant que cette tangente coupe l'axe des temps pour cette valeur T.

b) Au bout d'une durée égale à T, l'intensité vaut 37% de sa valeur initiale. En déduire T.

c) Comparer les deux valeurs obtenues.

3) La valeur de la résistance est égale à $R = 52 \Omega$.

Calculer la valeur de l'inductance.

4) À l'instant $t = 0$:

a) déterminer la valeur de $\frac{di}{dt}$

b) calculer la valeur de la f.e.m. d'induction e;

c) justifier le signe de e.

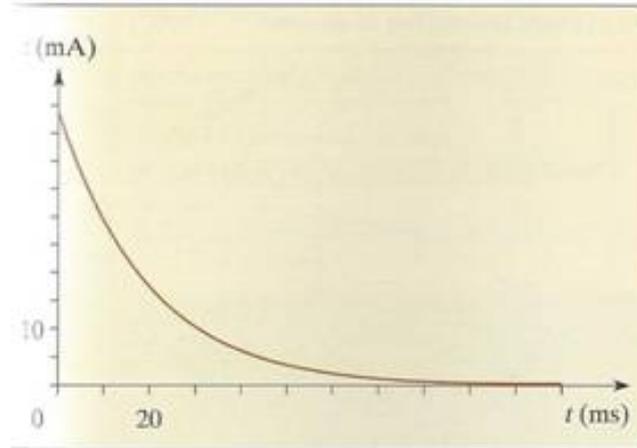
15/ Énergie emmagasinée

1) Donner l'expression de l'énergie emmagasinée par une bobine d'inductance L parcourue par un courant d'intensité i .

2) Une bobine a une inductance $L = 0,8 \text{ H}$. Elle est parcourue par un courant constant d'intensité $I = 40 \text{ mA}$

Calculer l'énergie emmagasinée par cette bobine.

3) Que devient cette énergie lors de l'ouverture du circuit ?



UTILISATION DES ACQUIS

16/ Inductance d'une bobine

Soit un solénoïde (A, C) de résistance négligeable, de longueur $l = 1\text{ m}$. Il comporte $N = 1\ 000$ spires circulaires, de rayon $r = 5\text{ cm}$. Le sens de l'orientation pour l'intensité i est choisie de A vers C dans le solénoïde.

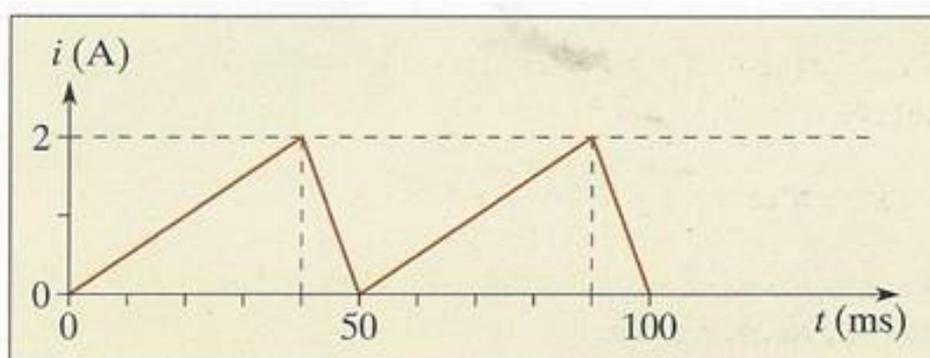
1) Il est parcouru par un courant d'intensité $i = 5\text{ A}$.

a) Schématiser l'enroulement du solénoïde.

b) Donner les caractéristiques du champ magnétique créé dans la région centrale du solénoïde par le passage du courant. Proposer des expériences permettant de déterminer ces caractéristiques.

c) Calculer la valeur de L .

2) Ce solénoïde est maintenant parcouru par un courant dont l'intensité $i(t)$ varie avec le temps comme l'indique la figure ci-dessous.



Un phénomène d'auto-induction prend naissance dans le solénoïde dont les bornes A et C sont reliées à un oscilloscope afin de visualiser la tension u_{AC} .

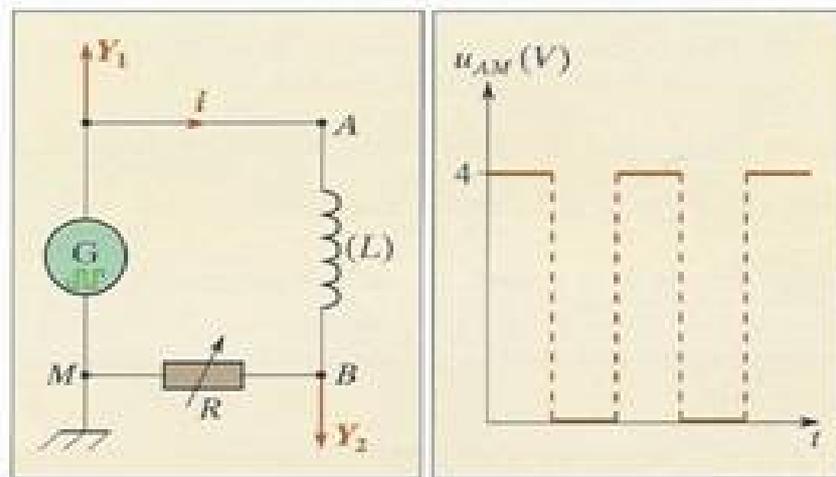
a) Donner l'expression de la tension u_{AC} au cours des deux phases pour t variant de 0 à 50 ms.

b) Tracer la courbe $u_{AC}(t)$ visualisée à l'oscilloscope sachant que la base de temps est réglée sur $10 \text{ ms} \cdot \text{div}^{-1}$ et la sensibilité verticale est de $0,5 \text{ V} \cdot \text{div}^{-1}$.

17/ Réponse d'un circuit (L, R) à une tension en créneaux

Un générateur G.B.F. délivre une tension en créneaux aux bornes d'un dipôle (R, L) (cf schéma).

L'inductance d'une bobine longue est donnée par la formule: $L = 4 \pi \cdot 10^{-7} \cdot N^2 \cdot \frac{S}{l}$



Lorsque la tension à ses bornes est e_0 , il est équivalent à un générateur de tension idéal de f.e.m. e_0 .

Lorsque la tension est nulle, cela équivaut à court-circuiter les deux bornes A et M.

La fréquence de la tension délivrée par le générateur est de 2000 Hz . La bobine a une inductance de 10 mH et une résistance négligeable. La résistance R est réglable.

1) R est fixée à 100 W .

a) Calculer la constante τ du dipôle (R, L).

b) Donner l'allure de la tension détectée en Y_2 .

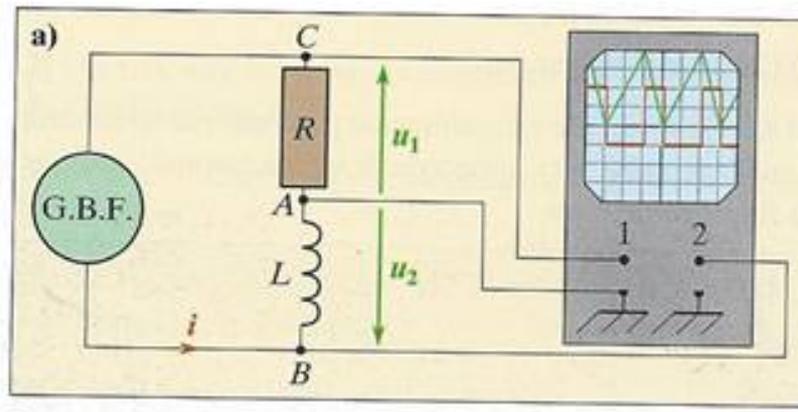
2) R est fixée à 20 W .

Donner l'allure de la tension détectée en Y_2 .

18/ Vérification de la loi de Lenz-Faraday

On branche en série aux bornes d'un générateur un conducteur ohmique de résistance $R = 100 \text{ W}$ et une bobine d'inductance L et de résistance négligeable (cf schéma).

Les tensions $U_1 = U_{CA}$ et $U_2 = U_{BA}$ sont appliquées aux deux voies d'un oscilloscope. On obtient sur l'écran les oscillogrammes suivants:

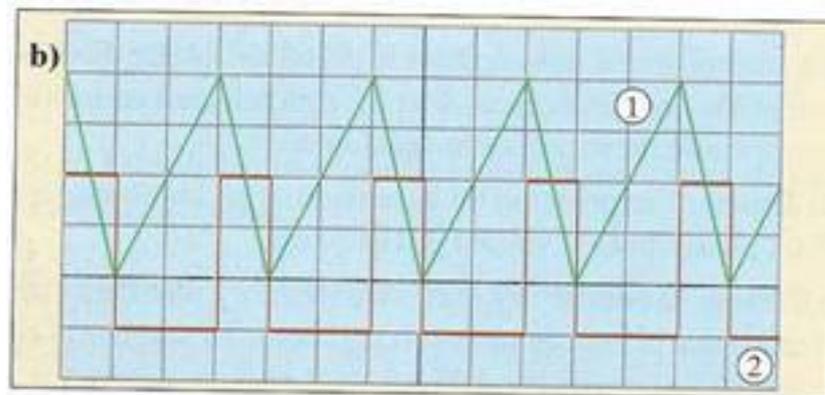


L'oscilloscope est réglé de la façon suivante:

- base de temps: $1 \text{ ms} \cdot \text{div}^{-1}$ (1 div « 1 carreau) ;
- voie 1: $1 \text{ V} \cdot \text{div}^{-1}$;
- voie 2: $0,5 \text{ V} \cdot \text{div}^{-1}$.

En l'absence de tension, les traces du spot sont confondues avec la ligne horizontale noire.

1) La tension U_1 détectée sur la voie 1 est-elle U_{CA} ou U_{AC} ? Exprimer U_1 en fonction de R et i .



2) La tension u_2 détectée sur la voie 2 est-elle U_{AB} ou U_{BA} ? Trouver une relation entre L , R , u_2 et $\frac{du_1}{dt}$

3) Pourquoi la tension U_2 est-elle rectangulaire avec deux créneaux non symétriques (de hauteurs différentes) ?

Pourquoi cette tension est-elle négative lorsque la tension U_1 croît ?

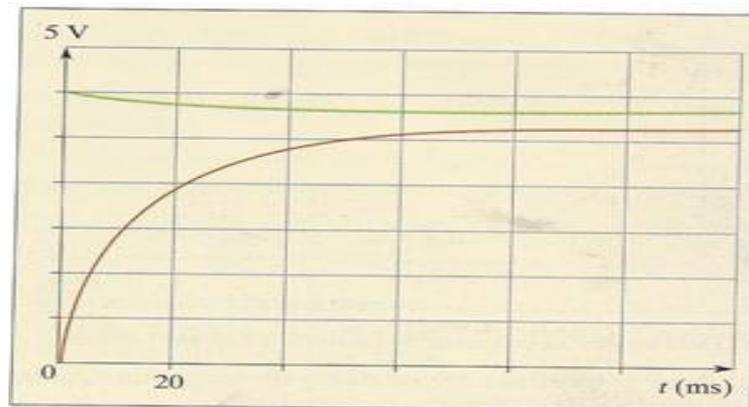
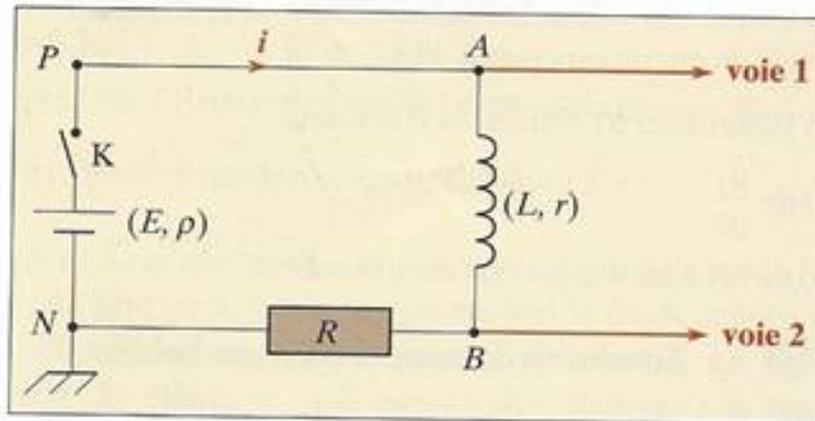
19/ Exploitation d'expérience

On a réalisé le montage du schéma suivant:

Calculer l'inductance L de la bobine.

À l'aide d'un ordinateur, on a enregistré la variation au cours du temps des tensions $u_{AN} = u_{PN}$

On a obtenu les courbes ci-dessous:



La résistance R vaut 100Ω . En utilisant les courbes obtenues, répondre aux questions suivantes:

- 1) Indiquer la valeur de la f.e.m. E de la pile.
- 2) Justifier graphiquement que la pile possède une résistance interne ρ ?
- 3) La bobine possède-t-elle une résistance propre r ? Justifier la réponse.
- 4) Lorsque le courant permanent est établi:
 - a) que vaut la f.e.m. d'auto-induction e ?
 - b) écrire la loi d'Ohm pour chaque dipôle;
 - c) exprimer E en fonction de ρ , R , r et I .
- 5) Déterminer les valeurs de :
 - a) l'intensité I ;
 - b) la résistance interne ρ de la pile;
 - c) la résistance propre r de la bobine.
- 6) Évaluer:
 - a) la constante de temps τ du circuit ;
 - b) l'inductance L de la bobine;
 - c) l'énergie emmagasinée par la bobine en régime permanent.