

Activités préparatoires

A. Un composant électrique : la bobine

Joseph HENRY, physicien américain, mit en évidence les phénomènes liés à la présence des bobines dans un circuit électrique.

Il expérimenta et améliora l'électroaimant inventé en 1823 par l'Anglais William STURGEON. En 1831, il fabriqua le premier télégraphe électromagnétique, utilisant des relais. Il conçut et construisit également l'un des premiers moteurs électriques. En 1832, en son honneur, on attribua le nom de henry à l'unité d'inductance d'une bobine.

1. Quel est le composant commun à un électroaimant, un relais et un moteur électrique ?
2. Quelle est l'unité d'inductance d'une bobine ?

➤ Voir § 2.1 du cours, p. 158, et exercice 3, p. 170



▲ Joseph HENRY, ingénieur et physicien américain (1797-1878).



Diverses bobines. ➤

B. Étincelle de rupture

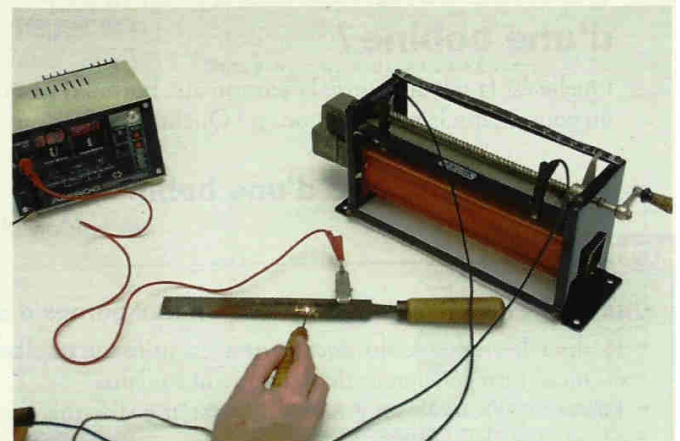
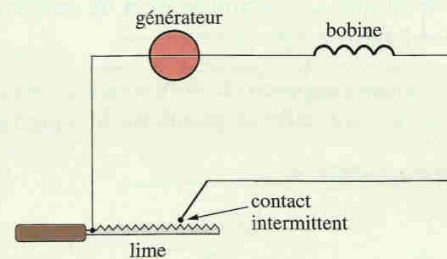
Le circuit schématisé ci-contre comporte un générateur, une bobine et une lime.

Lorsqu'on déplace une pointe métallique sur la lime, on produit une succession de fermetures et d'ouvertures du circuit : des étincelles apparaissent. Lorsqu'on ne déplace plus la pointe, les étincelles disparaissent.

Ces étincelles, observées et interprétées par J. HENRY, sont à l'origine de la détérioration des interrupteurs, des relais...

1. Pourquoi dit-on que ce phénomène s'observe en régime transitoire ?
2. À quelle condition une étincelle apparaît-elle entre deux conducteurs séparés par de l'air ?

➤ Voir § 2.2 du cours, p. 159, et exercice 8, p. 171



Quelle est l'influence d'une bobine dans un circuit électrique ?

Physique 7 : Le dipôle (R, L)

En classe de Première, nous avons utilisé des bobines **Doc. 1** parcourues par des courants pour produire des champs magnétiques. Les bobines peuvent avoir d'autres applications que nous étudions dans ce chapitre.

1. Quelle est l'influence d'une bobine dans un circuit électrique ?

Des bobines sont utilisées dans de nombreux circuits électroniques. Quelle est leur influence sur le courant ?



Doc. 1 Symbole d'une bobine.

Activité 1

Comment s'établit le courant dans un circuit comportant une bobine ?

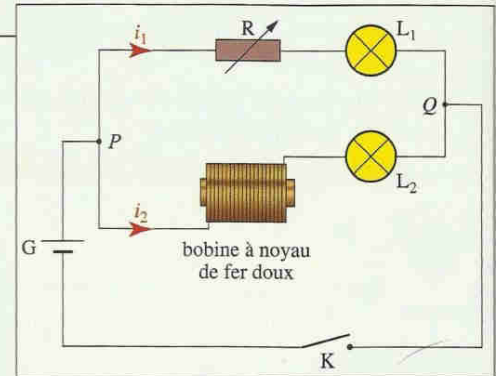
- Mesurer à l'ohmmètre la valeur de la résistance r de la bobine à noyau de fer.
 - Réaliser le montage du **document 2** ; ajuster la valeur de la résistance R pour qu'elle soit égale à r . Les lampes L_1 et L_2 sont identiques.
 - Fermer l'interrupteur K et observer l'éclat des lampes.
1. Les deux lampes brillent-elles instantanément ?
 2. Comparer leurs éclats au bout de quelques secondes.

> Observation et interprétation

La lampe L_1 brille aussitôt après la fermeture de l'interrupteur, alors qu'il faut quelques instants pour que la lampe L_2 brille normalement, avec le même éclat que L_1 . L'établissement du courant dans une branche comportant une bobine est progressif.

Une bobine s'oppose transitoirement à l'établissement du courant dans un circuit. Son effet se manifeste lorsque l'intensité du courant varie.

> Pour s'entraîner : ex. 1



Doc. 2 Schéma du montage de l'expérience permettant d'illustrer l'influence d'une bobine dans un circuit.

2. Quelles sont les caractéristiques d'une bobine ?

Quelle est la relation entre la tension aux bornes d'une bobine et l'intensité du courant qui la traverse **Doc. 3** ? Quelle grandeur caractérise une bobine ?

2.1 L'inductance d'une bobine



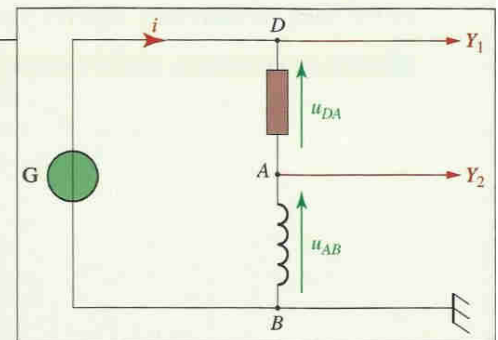
Doc. 3 Convention récepteur : les flèches associées à i et $u_L = u_{AB}$ sont en sens inverse.

Activité 2

Quelle est l'expression de la tension aux bornes d'une bobine ?

- Réaliser le montage du **document 4** en utilisant une bobine de très faible résistance et un générateur de signaux sinusoïdaux.
- Les voies Y_1 et Y_2 sont reliées au système d'acquisition d'un ordinateur. Réaliser l'acquisition.

1. Quelle est la tension détectée par la voie Y_1 ? détectée par la voie Y_2 ? en affichant $Y_1 - Y_2$?
2. Comment afficher la courbe représentant u_{AB} en fonction de $\frac{di}{dt}$? Afficher la courbe.
3. Quelle est la relation entre u_{AB} et $\frac{di}{dt}$?



Doc. 4 Schéma du montage de l'expérience.

➤ Observation

Le graphique représentant u_{AB} en fonction de $\frac{di}{dt}$ est une demi-droite passant par l'origine [Doc. 5].

➤ Interprétation

La tension u_{AB} aux bornes de la bobine de faible résistance est proportionnelle à la dérivée $\frac{di}{dt}$ de l'intensité i du courant qui la traverse.

Le coefficient de proportionnalité, positif, est appelé **inductance** de la bobine ; il est noté L .

Nous avons donc :

$$u_{AB} = L \cdot \frac{di}{dt}$$

Une bobine est caractérisée par son inductance L .

L'inductance L se mesure en **henry (H)** (voir l'activité préparatoire A, page 157), u_{AB} en volt (V) et $\frac{di}{dt}$ en ampère par seconde ($A \cdot s^{-1}$).

La valeur de l'inductance d'une bobine est souvent faible, inférieure à 1 H [Doc. 6]. Aussi, utilise-t-on très souvent le millihenry : $1 \text{ mH} = 10^{-3} \text{ H}$.

Un noyau de fer placé dans la bobine augmente considérablement l'inductance de la bobine.

2.2 Relation entre l'intensité et la tension

Généralement, une bobine possède une résistance r , non négligeable.

Dans ces conditions, une bobine est caractérisée par son inductance L et sa résistance r que l'on peut mesurer avec un ohmmètre.

On schématise une **bobine** (L, r) par l'association en série d'un conducteur ohmique de résistance r et d'une bobine, de résistance nulle et d'inductance L [Doc. 7].

D'après la loi d'additivité des tensions : $u_{AB} = u_{AC} + u_{CB} = r \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt}$.

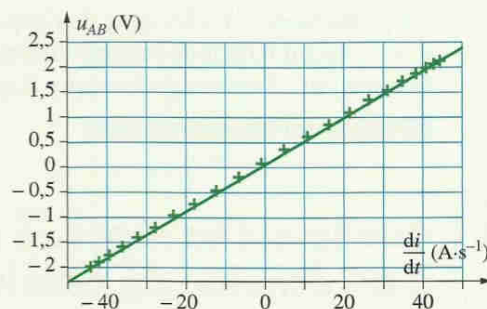
- La tension u_{AB} aux bornes d'une bobine (L, r), représentée par une flèche orientée de A vers B, est donnée par la relation :

$$u_{AB} = r \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt}$$

- Lorsque la bobine est parcourue par un courant d'intensité constante (régime permanent), $\frac{di}{dt} = 0$ et $u_{AB} = r \cdot i$: la bobine se comporte comme un conducteur ohmique de résistance r .

Lorsque l'intensité i du courant dans la bobine varie et lorsque le terme $r \cdot i$ est négligeable devant le terme $L \cdot \frac{di}{dt}$, alors $u_{AB} = L \cdot \frac{di}{dt}$.

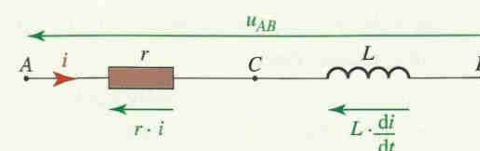
Si la variation de i est très rapide, $\frac{di}{dt}$ peut prendre une valeur très importante ; il en est de même de $L \cdot \frac{di}{dt}$: une tension importante peut alors apparaître aux bornes de la bobine. C'est le phénomène de **surtension** [Doc. 8].



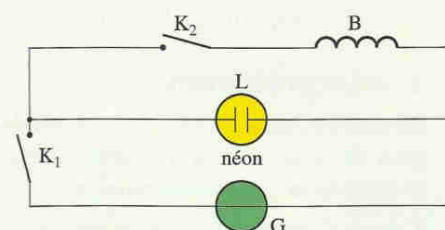
Doc. 5 u_{AB} est proportionnel à $\frac{di}{dt}$.

Exemple de bobine	Valeur de l'inductance
une spire de 1 m de diamètre	10^{-6} H
bobine de 1 000 spires sans noyau de fer	10^{-3} H
bobine de 1 000 spires avec noyau de fer	1 H
enroulements d'électroaimants	100 H

Doc. 6 Ordre de grandeur d'inductances.



Doc. 7 $u_{AB} = u_{AC} + u_{CB} = r \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt}$.



Doc. 8 Lorsque K_2 est ouvert, il est impossible d'allumer la lampe au néon en fermant K_1 : la tension de 6 V que délivre le générateur est insuffisante pour allumer la lampe au néon qui nécessite 60 V. Lorsque K_2 est fermé, la lampe est éteinte lorsque K_1 est fermé. Elle brille un court instant lorsque nous ouvrons K_2 . La rupture de courant dans la bobine provoque une surtension à ses bornes, qui fait briller transitoirement la lampe.

Ce phénomène est à l'origine de l'apparition d'une étincelle entre les lames d'un interrupteur lors de son ouverture dans un circuit comportant des bobines (voir l'activité préparatoire B, page 157, et le **document 9**).

➤ Pour s'entraîner : ex. 2, 4 et 6

3. Quelle est la réponse d'un dipôle (R, L) à un échelon de tension ?

L'activité 1, page 158, a montré que l'établissement du courant dans un circuit comportant une bobine s'effectue avec un certain retard. Étudions ce phénomène.

3.1 Étude expérimentale

Activité 3

Comment varie l'intensité du courant dans une bobine (L, r) soumise à un échelon de tension ?

- Réaliser le montage du **document 10** et fermer l'interrupteur.
 - Visualiser le courant en branchant, aux bornes d'un conducteur ohmique r' , un oscilloscope numérique ou la carte d'acquisition d'un ordinateur.
1. Que visualise-t-on sur la voie Y_1 ? Justifier le terme échelon de tension.
 2. Que visualise-t-on sur la voie Y_2 ? Comment varie i ?

➤ Observation

Sur la voie Y_1 , nous visualisons la tension u_{AM} aux bornes du générateur ; sa valeur passe brutalement de la valeur 0 à la valeur E : c'est un échelon de tension (**Doc. 11**).

Sur la voie Y_2 , nous visualisons la tension $u_{BM} = r' \cdot i$, qui varie comme l'intensité i (**Doc. 11**). Nous constatons que le courant ne s'établit pas instantanément dans le circuit.

La durée pendant laquelle le courant s'établit progressivement correspond au régime qualifié de transitoire. L'intensité i passe progressivement de la valeur nulle à la valeur I_p , intensité du courant en régime permanent : il n'y a pas discontinuité de l'intensité.

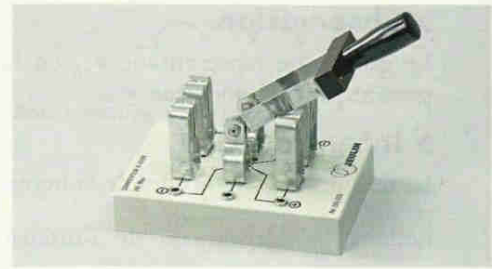
➤ Interprétation

La courbe $i(t)$ a une forme comparable à la courbe exponentielle de l'évolution de la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur d'un dipôle (R, C) soumis à un échelon de tension.

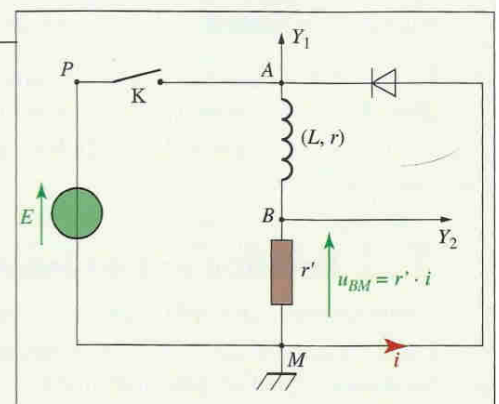
L'étude théorique (voir le paragraphe 3.3) confirmera que l'évolution de $i(t)$ est bien exponentielle.

Le phénomène, transitoire, est caractérisé par une constante de temps τ que l'on peut déterminer graphiquement à partir de la tangente à la courbe $i(t)$ à la date $t = 0$ (**Doc. 12**).

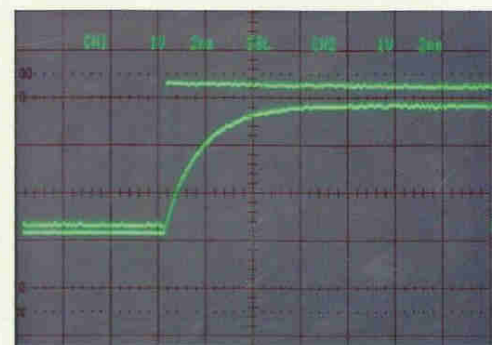
- Au bout d'une durée τ après la fermeture de l'interrupteur, l'intensité atteint 63 % de sa valeur limite I_p du régime permanent.
- Au bout de 5τ , l'intensité a quasiment atteint la valeur I_p .



Doc. 9 La détérioration des bornes d'un interrupteur est due à des étincelles de rupture.



Doc. 10 Montage expérimental. r' est un conducteur permettant de visualiser l'intensité du courant. La diode permet d'éviter une surtension entre A et M lorsque nous ouvrons K.



Doc. 11 Oscillogramme des voies Y_1 et Y_2 .

L'établissement du courant dans une bobine soumise à un échelon de tension est un phénomène transitoire caractérisé par une constante de temps τ .

La durée $t_{1/2}$, au bout de laquelle $i = 0,5 I_p$, est telle que $t_{1/2} = \tau \cdot \ln 2$.

3.2 La constante de temps

Une bobine d'inductance L et de résistance r , associée à un conducteur ohmique de résistance r' , constitue un dipôle (R, L) tel que $R = r + r'$.

Activité 4

Quelle est l'influence des caractéristiques du circuit sur la constante de temps τ ?

- Reprendre le montage du **document 10**.
- Observer l'influence :
 - de la f.é.m. E réglable du générateur de tension ;
 - de la résistance R , en modifiant la valeur de r' ;
 - de l'inductance L , en utilisant des bobines d'inductances différentes.

Déterminer la constante de temps τ pour chacun des dipôles (R, L) et

comparer sa valeur au quotient $\frac{L}{R}$.

➤ Observation

Lorsque nous augmentons E , l'intensité I_p du courant correspondant au régime permanent augmente, mais nous ne modifions pas la durée du régime transitoire (**Doc. 13**).

La constante de temps dépend de L et de R ; elle augmente avec L et diminue avec R .

➤ Interprétation

Nous montrons expérimentalement que τ et $\frac{L}{R}$ ont des valeurs numériques égales. Vérifions que $\frac{L}{R}$ est homogène à une durée.

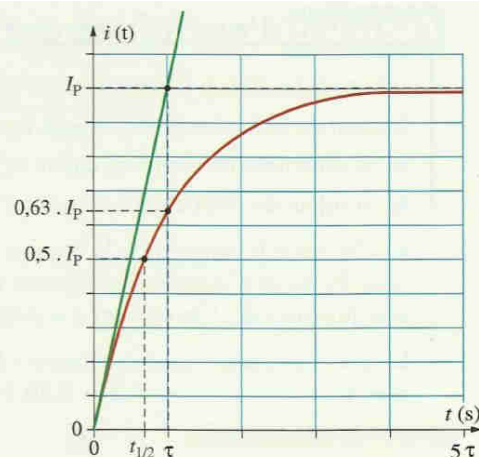
D'après la relation $u_{AB} = L \cdot \frac{di}{dt} + R \cdot i$, en considérant les unités, nous avons :

- $R = \frac{u}{i}$, exprimé en Ω ou en $V \cdot A^{-1}$;
- $L = \frac{u}{\frac{di}{dt}}$, exprimé en H ou $V \cdot A^{-1} \cdot s$;

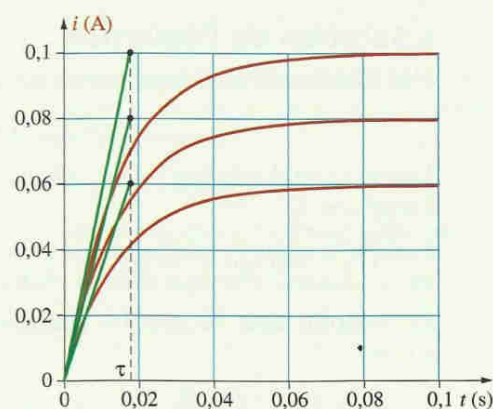
donc $\frac{L}{R}$, qui s'exprime en seconde, est homogène à une durée.

Le rapport $\frac{L}{R}$, homogène à un temps, est la constante de temps τ du dipôle (R, L) .

τ s'exprime en seconde (s), avec L en henry (H) et R en ohm (Ω).



Doc. 12 Pour $t = \tau$, $i = 0,63 \cdot I_p$.
Pour $t = 5\tau$, $i \approx I_p$.
La tangente à la courbe, à la date $t = 0$, coupe l'asymptote pour $t = \tau$.



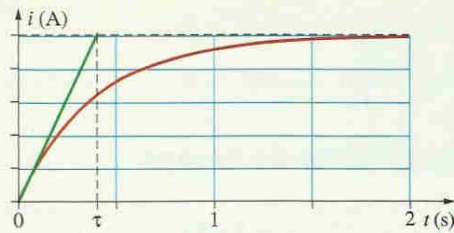
Doc. 13 Établissement du courant dans une bobine avec trois échelons de tension différents.

Exercice d'entraînement

Détermination d'une inductance

À partir de la courbe du **document 14**, déterminer :

- la constante de temps du dipôle (R, L) ;
- la valeur de l'inductance L , sachant que $R = 2,0 \, \Omega$.



Doc. 14 Mesure de la constante de temps τ du dipôle (R, L) .

> Pour s'entraîner : Ex. 7

3.3 Étude théorique

> Équation différentielle

Raisonnons sur le circuit du **document 15**.

À l'instant $t = 0$ (fermeture du circuit), l'intensité i du courant dans le circuit est nulle.

Pour $t > 0$, $u_{AM} = E$ et la loi d'additivité des tensions donne :

$$E = u_{AB} + u_{BM} = r \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt} + r' \cdot i.$$

Posons $R = r + r'$, résistance du dipôle (R, L) .

Nous avons alors : $E = L \cdot \frac{di}{dt} + R \cdot i$; soit :

$$\frac{E}{R} = \frac{L}{R} \cdot \frac{di}{dt} + i$$

Avec $\tau = \frac{L}{R}$ et $I_p = \frac{E}{R}$, l'intensité en régime permanent, nous obtenons :

$$I_p = \tau \cdot \frac{di}{dt} + i.$$

Cette équation différentielle régit l'évolution temporelle de l'intensité du courant dans le circuit lorsque nous fermons l'interrupteur K.

> Solution de l'équation

Une solution de cette équation est de la forme :

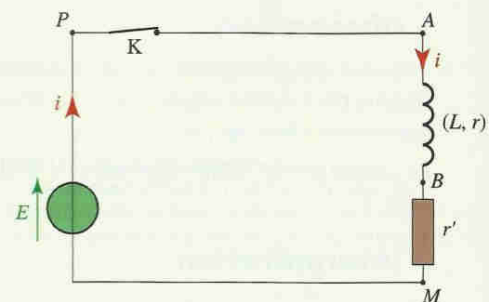
$$i = I_p \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}).$$

Lorsque t tend vers une valeur infinie, l'exponentielle $e^{-\frac{t}{\tau}}$ tend vers zéro et i tend vers I_p .

Lorsque le régime permanent est atteint, la bobine se comporte alors comme un conducteur ohmique dont la résistance est égale à celle de la bobine.

La solution doit vérifier les conditions initiales : à $t = 0$, nous avons $i(0) = 0$.

À l'instant $t = 0$, $\left(\frac{di}{dt}\right)_0 = \frac{I_p}{\tau}$: la tangente à la courbe, à l'origine O , coupe l'asymptote $i = I_p$ pour $t = \tau$.



Doc. 15 Schéma du montage permettant d'étudier l'établissement du courant dans un circuit comportant une bobine et un conducteur ohmique.

L'évolution de l'intensité i du courant dans une bobine soumise à un échelon de tension est donnée par l'équation différentielle :

$$I_p = \tau \cdot \frac{di}{dt} + i \text{ de solution } i = I_p \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

avec $\tau = \frac{L}{R}$ la constante de temps et $I_p = \frac{E}{R}$ l'intensité du courant en régime permanent.

> Pour s'entraîner : Ex. 6 et 10

4. Quelle est l'énergie stockée dans une bobine ?

L'expérience réalisée avec la lampe au néon montre qu'une bobine, après avoir été traversée par un courant, peut se comporter brièvement comme un générateur et fournir l'énergie nécessaire à l'éclairage momentané de la lampe.

Activité 5

Comment mettre en évidence qu'une bobine stocke de l'énergie magnétique ?

- Réaliser le montage du **document 16** ; il comporte un moteur et une bobine d'inductance importante.
- Fermer l'interrupteur K, puis l'ouvrir.
- Observer le moteur.

Pourquoi cette expérience montre-t-elle que la bobine peut emmagasiner de l'énergie ?

> Observation

Lorsque nous ouvrons l'interrupteur, le moteur tourne et fournit donc du travail. Cette énergie lui est fournie par la bobine.

> Interprétation

Le calcul du **document 17** montre que :

L'énergie magnétique E_m emmagasinée dans une bobine d'inductance L , parcourue par un courant d'intensité i , est égale à :

$$E_m = \frac{1}{2} \cdot L \cdot i^2$$

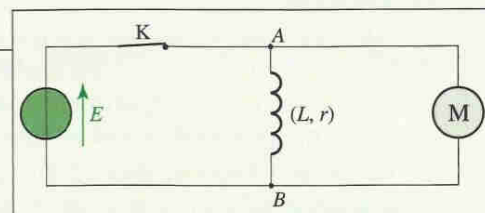
avec E_m en joule (J), L en henry (H) et I en ampère (A).

L'énergie E_m ne passe pas instantanément d'une valeur à une autre ; si c'était le cas, il y aurait transfert d'énergie en un intervalle de temps quasiment nul et la puissance transférée serait infinie, ce qui est inconcevable. Si E_m ne subit pas de discontinuité, l'intensité du courant dans la bobine n'en subit pas non plus.

L'intensité du courant dans une bobine ne subit pas de discontinuité.

C'est pour cette raison que l'on observe un étincelle de rupture qui prolonge la circulation du courant lors de l'ouverture d'un circuit comportant une bobine.

> Pour s'entraîner : Ex. 11



Doc. 16 Schéma du montage de l'expérience.

Bilan énergétique dans une bobine

Puissance électrique fournie à la bobine :

$$\mathcal{P}_e = u_{AB} \cdot i = r \cdot i^2 + L \cdot i \cdot \frac{di}{dt}$$

Énergie par effet Joule transférée à l'extérieur entre les instants 0 et t , sous forme de chaleur :

$$E_j = \int_0^t r \cdot i^2 \cdot dt$$

Énergie magnétique emmagasinée par la bobine entre les instants 0 et t :

$$E_m = \int_0^t L \cdot i \cdot \frac{di}{dt} \cdot dt = \int_0^i d\left(\frac{1}{2} \cdot L \cdot i^2\right)$$

$$E_m = \frac{1}{2} L \cdot i^2$$

Doc. 17

Applications directes

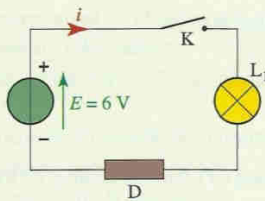
Étudier l'influence d'une bobine dans un circuit

(§ 1 du cours)

1. Comparer les effets d'une bobine et d'un conducteur ohmique

On réalise le circuit schématisé ci-contre. Le dipôle D peut être soit un conducteur ohmique de résistance $R = 47 \, \Omega$, soit une bobine de même résistance R .

Choisir les propositions correctes.



1. Lorsqu'on ferme l'interrupteur K, la lampe brille instantanément :
 - a. avec la bobine ;
 - b. avec le conducteur ohmique.
2. Le comportement de la bobine est toujours identique à celui du conducteur ohmique, car ils ont la même résistance.
3. La différence de comportement entre la bobine et le conducteur ohmique se manifeste juste après la fermeture de l'interrupteur K.
4. Quelques secondes après la fermeture de l'interrupteur K, la bobine se comporte comme le conducteur ohmique.
5. La résistance de la lampe en fonctionnement est égale à $13 \, \Omega$. En régime permanent, l'intensité du courant dans le circuit :
 - a. vaut $0,1 \, \text{A}$, si D est le conducteur ohmique ;
 - b. vaut $0,1 \, \text{A}$, si D est la bobine ;
 - c. vaut $0,13 \, \text{A}$, si D est la bobine ;
 - d. est nulle, si D est la bobine.

Connaître les caractéristiques d'une bobine

(§ 2 du cours)

2. Déterminer une inductance

Pour déterminer l'inductance L et la résistance r d'une bobine, un élève enregistre à l'aide d'un système d'acquisition la tension u_{AB} aux bornes de la bobine et l'intensité i du courant qui la traverse de A vers B.

1. Quelle est l'expression littérale de la tension u_{AB} aux bornes de la bobine (L, r) ?
2. Le tableau ci-dessous présente un extrait des mesures et des calculs réalisés.

$t \, (\text{s})$	0	0,005	0,01	0,03	0,05
$i \, (\text{A})$	0,000	0,190	0,291	0,391	0,399
$\frac{di}{dt} \, (\text{A} \cdot \text{s}^{-1})$		51,0	26,9	14,3	0,087
$u_{AB} \, (\text{V})$	5,99	5,07	4,56	4,05	4,00

- a. Quelles sont les valeurs de la tension u_{AB} et de l'intensité i lorsque le régime permanent est atteint ?
- b. En déduire la valeur de la résistance r de la bobine.
- c. Déduire de ces résultats la valeur de l'inductance L de la bobine.

3. Connaître les unités

(voir l'activité préparatoire A)

1. a. Rappeler le nom de l'unité d'inductance et son symbole.
- b. Quelle est l'origine de ce nom ?
2. Relier cette unité aux unités de tension, d'intensité et de temps.
3. Montrer que la constante de temps $\tau = \frac{L}{R}$ d'un dipôle (L, R) a la dimension d'un temps.

4. Calculer la tension aux bornes d'une bobine

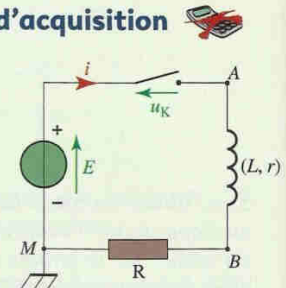
Un circuit électrique comporte une bobine d'inductance $L = 1,0 \, \text{H}$ et de résistance $r = 10 \, \Omega$.

1. Représenter cette bobine, de bornes C et D, orientée de C vers D. Flécher la tension u_L à ses bornes en convention récepteur.

2. Quelle est l'expression de la tension u_L en fonction de l'intensité i du courant ?
3. Quelle est la valeur de cette tension lorsque l'intensité i est :
 - constamment nulle ?
 - constante et égale à $50 \, \text{mA}$?
4. Durant $10 \, \text{ms}$, cette bobine est traversée par un courant variant dans le temps suivant l'équation $i(t) = 4,0t$, avec i en ampère et t en seconde.
 - a. Quelle est la valeur de l'intensité à la date $t = 5,0 \, \text{ms}$?
 - b. Quelle est la valeur de $\frac{di}{dt}$ à la date $t = 5,0 \, \text{ms}$? Préciser son unité.
 - c. Quelle sera la valeur de la tension u_L à cette date ?

5. Brancher un système d'acquisition

1. Reproduire le montage ci-contre et flécher les tensions u_{AB} et u_{BM} .
2. Quelle est la valeur de la tension u_K aux bornes de l'interrupteur lorsqu'il est :
 - fermé ?
 - ouvert depuis longtemps ?
3. a. Quelles sont les expressions littérales générales des tensions u_{AB} et u_{BM} ?
- b. Que deviennent ces expressions lorsque l'interrupteur K est :
 - ouvert depuis longtemps ?
 - fermé depuis longtemps ?
4. a. Représenter les branchements d'un système d'acquisition informatisé permettant de visualiser la tension u_{AM} sur la voie Y_1 et la tension u_{BM} sur la voie Y_2 .
- b. Quels sont les calculs à programmer pour obtenir la tension u_{AB} et l'intensité i du courant ?



Étudier la réponse d'une bobine à un échelon de tension

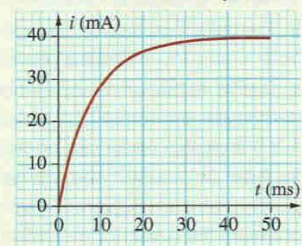
(§ 3 du cours)

7. Exploiter un graphique : établissement du courant

(voir l'exercice résolu 1)

Un circuit série comporte une bobine d'inductance L , un conducteur ohmique, un générateur de tension de f.é.m E et un interrupteur. La résistance totale du circuit est R .

On ferme le circuit et on relève les valeurs de l'intensité i du courant en fonction du temps (voir le graphique ci-contre).



1. Quelle est la valeur I_p de l'intensité du courant en régime permanent ?
2. Proposer deux méthodes, permettant, à partir du graphique, de déterminer la valeur de la constante de temps τ . Comparer les valeurs obtenues.
3. La valeur de la résistance du circuit, déterminée à l'ohmmètre, est $R = 32 \, \Omega$. En déduire la valeur de l'inductance de la bobine.

Connaître l'expression de l'énergie emmagasinée

(§ 4 du cours)

11. Calculer une énergie

Une bobine d'inductance $L = 0,45 \, \text{H}$ et de résistance $r = 75 \, \Omega$ est insérée dans un circuit.

1. Rappeler l'expression de l'énergie magnétique E_m emmagasinée dans une bobine. Préciser les unités.
2. Calculer l'énergie emmagasinée dans cette bobine lorsqu'elle est traversée par un courant d'intensité $i = 20 \, \text{mA}$.
3. Pour quelle valeur i' de l'intensité, l'énergie emmagasinée sera-t-elle égale à $3,2 \, \text{mJ}$?

Utilisation des acquis

17. Établissement du courant

On considère le circuit en série représenté ci-contre. Le conducteur ohmique a une résistance $r' = 100 \Omega$.

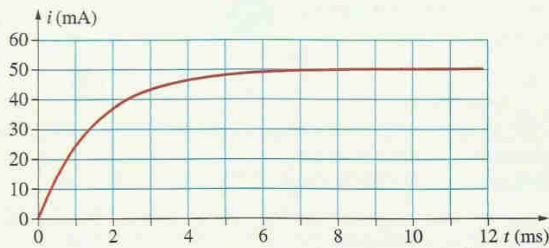
1. a. Établir l'équation différentielle traduisant l'évolution de l'intensité du courant $i(t)$ lors de la fermeture de l'interrupteur.

b. Une solution de cette équation différentielle est :

$$i(t) = I_p \cdot \left(1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)\right).$$

Établir les expressions littérales de τ et I_p . SOS

2. L'enregistrement de l'évolution de l'intensité du courant dans le circuit a donné la courbe ci-dessous.



a. Déterminer la valeur numérique de I_p . En déduire la valeur de la résistance r de la bobine.

b. Déterminer graphiquement, de deux façons différentes, la valeur numérique de τ . En déduire l'inductance de la bobine.

3. Déterminer, pour chacune des dates $t_1 = 0$ ms, $t_2 = 1$ ms et $t_3 = 10$ ms, la valeur de :

- l'intensité i ;
 - l'énergie E_m emmagasinée dans la bobine;
 - la tension u_{RN} aux bornes du conducteur ohmique;
 - la tension u_{PR} aux bornes de la bobine.
4. Tracer l'allure du graphique donnant l'évolution de u_{PR} en fonction de t .

5. La courbe traduisant l'évolution de l'intensité du courant au cours du temps a été obtenue à partir de l'enregistrement de u_{PN} .

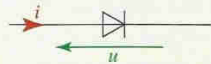
a. Recopier le schéma et représenter les branchements à réaliser pour visualiser cette tension.

b. Expliquer comment on peut obtenir la valeur de l'intensité i à partir de la valeur de la tension mesurée.

19. Diode de « roue libre »

On considère le montage ci-contre.

Le dipôle D est une diode idéale. En convention récepteur, on la représente comme sur le schéma ci-dessous.



On peut distinguer deux états de fonctionnement d'une diode idéale :

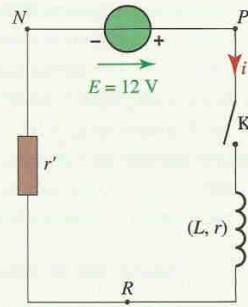
- lorsque la diode est passante, elle se comporte comme un interrupteur fermé; alors $u = 0$ et $i > 0$;
- lorsque la diode est bloquée, elle se comporte comme un interrupteur ouvert; alors $i = 0$ et $u < 0$.

1. Reproduire le schéma du montage et flécher les tensions u_{PS} et u_{ST} .

2. Établissement du courant

À la date $t = 0$, on ferme l'interrupteur.

- Est-ce qu'un courant électrique circule dans la diode?
- Établir l'expression de l'équation différentielle traduisant l'évolution de l'intensité du courant dans la bobine.



c. Vérifier que l'expression $i(t) = \frac{E}{r+r'} \left(1 - \exp\left(-\frac{t \cdot (r+r')}{L}\right)\right)$ est solution de l'équation différentielle.

d. Quelles sont les valeurs de l'intensité du courant dans la bobine et de la tension aux bornes de la bobine à la date $t = 0$ (début du régime transitoire), puis lorsque le régime permanent est atteint?

3. Rupture du courant

Une fois le régime permanent atteint, on ouvre l'interrupteur à une date choisie comme nouvelle origine des dates.

- Justifier le fait que, juste après l'ouverture, un courant circule dans la bobine et dans la diode. SOS
- Établir l'expression de l'équation différentielle traduisant l'évolution de l'intensité du courant dans la bobine.

c. Vérifier que l'expression $i(t) = \frac{E}{r+r'} \cdot \exp\left(-\frac{t \cdot (r+r')}{L}\right)$ est solution de l'équation différentielle.

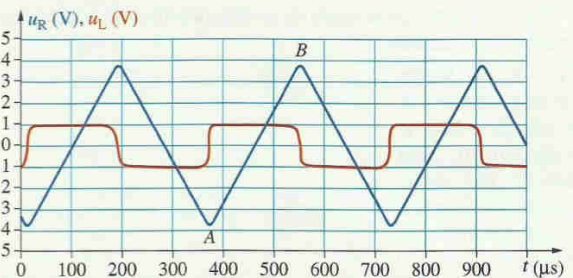
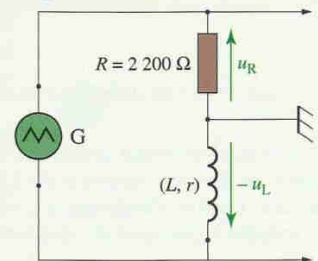
d. Quelles sont les valeurs de l'intensité du courant dans la bobine et de la tension à ses bornes à la date $t = 0$ (début du régime transitoire), puis lorsque le régime permanent est atteint?

4. Comparer les valeurs de l'intensité du courant juste avant et juste après l'ouverture de l'interrupteur.

22. Exploitation d'une expérience

On se propose de déterminer l'inductance d'une bobine de résistance connue $r = 4 \Omega$. Pour cela, on utilise le montage ci-contre, comportant un générateur délivrant une tension en « dents de scie ».

1. On enregistre les tensions u_R et $-u_L$ et l'on fait tracer u_R et u_B en fonction du temps. On obtient le graphique ci-dessous.



La courbe rouge correspond à $u_L(t)$ et la courbe bleue à $u_R(t)$.

a. Comment obtenir le graphique représentant l'intensité $i(t)$ du courant en fonction du temps?

b. Exprimer la tension aux bornes de la bobine en fonction de l'intensité du courant qui la traverse, de son inductance et de sa résistance.

c. Dans la suite de l'exercice, la résistance r de la bobine sera négligée. En déduire l'expression littérale de l'inductance de la bobine.

2. Les coordonnées des points A et B sont : A (375 μs, -3,7 V) et B (555 μs, 3,6 V).

a. Quelles sont les valeurs de l'intensité du courant aux dates $t_A = 375 \mu s$ et $t_B = 555 \mu s$?

b. Que pouvez-vous dire de la dérivée $\frac{di}{dt}$ entre les dates t_A et t_B ? Calculer sa valeur.

3. Pour la clarté du graphique, la tension $u_L(t)$ a été amplifiée 10 fois.

a. Quelle est la valeur de la tension $u_L(t)$ entre les dates t_A et t_B ?

b. Déterminer la valeur de l'inductance de la bobine.

c. Le fabricant indique une inductance $L = 5$ mH. La mesure effectuée est-elle en accord avec l'indication du fabricant?