



THEME : ELECTROMAGNETISME

TITRE DE LA LEÇON : INDUCTION ELECTROMAGNETIQUE

I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

Des élèves en classe de Terminale C au Lycée Moderne de Séguéla ont découvert dans une revue scientifique, l'information suivante : « la génératrice de bicyclette est un appareil très simple : une bobine de fil conducteur et un aimant. La rotation de l'aimant devant la bobine crée un courant électrique induit : c'est l'induction électromagnétique ». Afin de s'approprier cette information, avec leurs camarades de classe ils veulent expliquer le phénomène d'induction électromagnétique, comprendre les lois de l'induction électromagnétique et appliquer la loi de Lenz à un circuit soumis à une variation de flux magnétique.

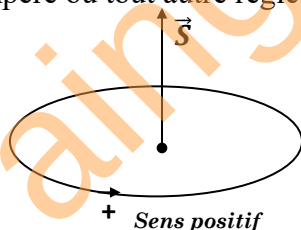
II. CONTENU DE LA LEÇON

1. Notion de flux magnétique

1.1 Vecteur surface

Soit un circuit fermé plan situé dans une région où règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$. Ce circuit limite une surface plane S.

On appelle vecteur-surface $\vec{S}$ du circuit, le vecteur normal au plan du circuit dont le sens est déterminé par la règle de l'observateur d'Ampère ou tout autre règle équivalent.

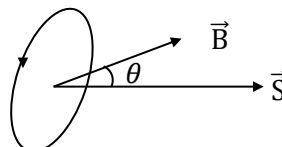


Remarque : Si le circuit est parcouru par un courant électrique, le sens positif est celui du courant électrique.

1.2 Flux magnétique

Soit un circuit fermé, plongé dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$, on appelle flux magnétique du champ $\vec{B}$, à travers cet circuit, la grandeur algébrique définie par :

$$\phi = \vec{B} \cdot \vec{S} = B \cdot S \cdot \cos\theta$$



Remarque :

- L'unité légale du flux magnétique est le Weber (Wb).
- Le flux magnétique se mesure à l'aide d'un fluxmètre.
- Pour N spires, $\phi = N B S \cos\theta$.

Activité d'application

Une bobine plate de rayon moyen $r = 2,5 \text{ cm}$ et comportant $N = 50$ spires est plongée dans un champ magnétique uniforme de valeur $B = 0,02 \text{ T}$.

Calculer le flux magnétique à travers la bobine.

Solution

La solution dépend de l'orientation de la bobine	
1 ^{er} Cas	2 ^e Cas
Représentons $\vec{S}$	
$\phi = N B S \cos(\frac{\pi}{2} - \theta)$	$\phi = N B S \cos(\frac{\pi}{2} + \theta)$
$\phi = N B \pi r^2 \sin \theta$	$\phi = - N B \pi r^2 \sin \theta$
$\Delta \phi = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}$	$\phi = - 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}$

1.3 Règle du flux maximal

Un circuit fermé, parcouru par un courant électrique continu, mobile dans un champ magnétique uniforme, s'oriente de telle sorte que le flux magnétique, soit maximal dans sa position d'équilibre, le sens positif étant celui du courant électrique.

$$\phi = N B S$$

2. Mise en évidence de l'induction électromagnétique

2.1 Expériences et observations

2.1.1 Mouvement relatif d'un aimant et d'une bobine

Soit le circuit ci-contre ne comportant pas de générateur.

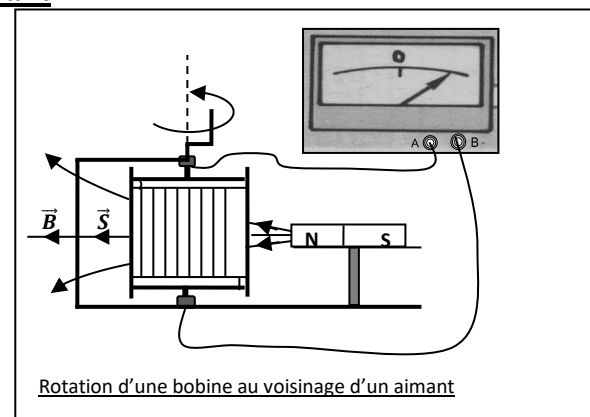
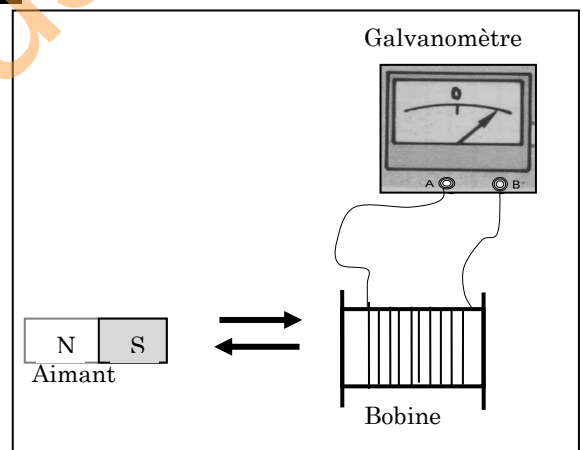
- Le déplacement de l'aimant au voisinage de la bobine provoque l'apparition d'un courant électrique appelé **courant induit**.
- L'aimant qui crée le champ est **l'inducteur**.
- La bobine, siège du courant induit est le **circuit induit** ou **l'induit**.
- Le phénomène qui engendre le courant induit est appelé **induction électromagnétique**

Remarque :

- L'intensité du courant induit augmente avec la vitesse de déplacement de l'aimant.
- Le sens du courant induit dépend du sens du déplacement et de la nature du pôle le plus proche.
- Le courant induit s'annule lorsque le déplacement cesse.

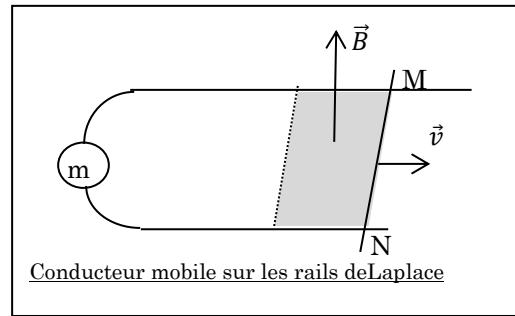
2.1.2 Rotation d'un circuit fermé à proximité d'un aimant

La variation de l'angle entre le champ magnétique et le vecteur surface fait apparaître un courant induit dans la bobine.



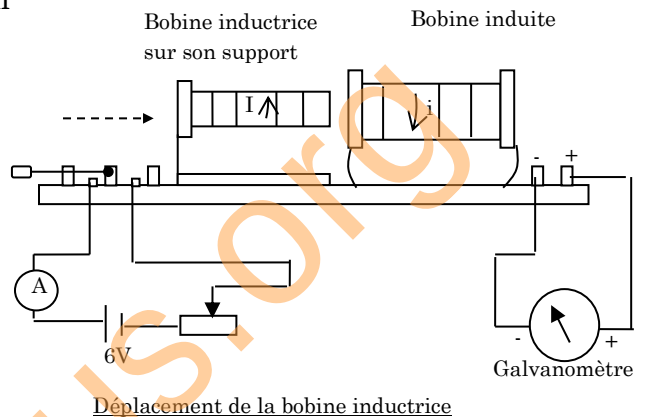
2.1.3 Variation de la surface du circuit induit

La variation de la surface du circuit plongé dans le champ magnétique donne naissance à un courant induit.



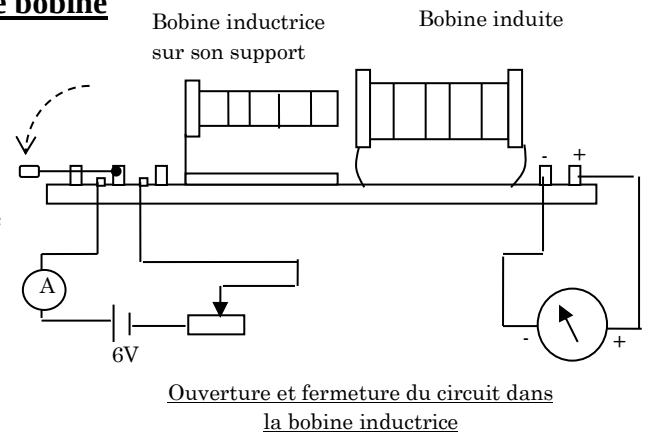
2.1.4 Déplacement d'une bobine inductrice

- En approchant la bobine mobile de la bobine fixe, il naît dans cette dernière un courant induit i de sens différent de I . Le flux croît.
- En éloignant la bobine inductrice, il naît dans la bobine induite un courant i de même sens que I (le flux décroît).



2.1.5 Ouverture et fermeture du circuit dans une bobine

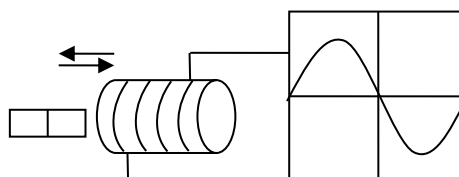
- Fermeture
Le flux croît d'où la naissance dans la bobine induite d'un courant i de sens contraire à I .
- Ouverture
Le flux décroît d'où la naissance dans la bobine induite d'un courant induit i .



2.2 Conclusion

Un courant induit est créé dans un circuit fermé, chaque fois qu'il y a une variation du flux magnétique dans le circuit. Ce courant induit ne dure que le temps de la variation du flux.

2.3. Visualisation du courant induit i à l'oscilloscope



3. Lois de l'induction électromagnétique

3.1 Loi de Lenz

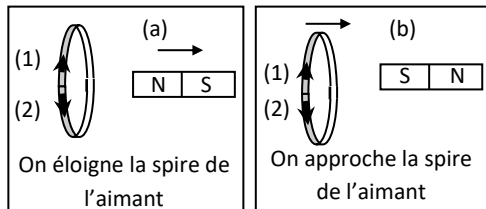
Le sens du courant induit est tel que par ses effets, il s'oppose à la cause qui lui donne naissance.

Remarque :

La loi de Lenz permet de prévoir le sens du courant induit.

Activité d'application

1. Cite deux manières différentes de faire varier un champ magnétique en un point de l'espace.
2. En appliquant la loi de Lenz, prévois le sens du courant induit dans les cas suivants :



corrigé

1. On peut faire bouger un aimant ou bien une bobine parcourue par un courant par rapport au lieu choisi. On peut faire varier l'intensité du courant dans un conducteur placé à proximité du lieu choisi.
2. (a) Sens 1. (b) Sens 1.

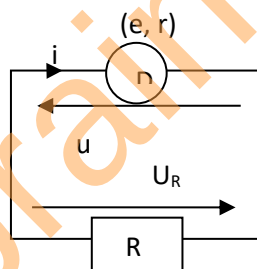
3.2 Loi de Faraday

Tout circuit électrique, soumis à une variation de flux magnétique est le siège d'une force électromotrice (f.é.m.) induite e donnée par la relation :

$$e = - \frac{d\phi}{dt}$$

4. Courant induit et force électromotrice induite.

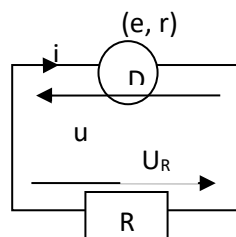
4.1. Intensité du courant induit



Loi des mailles : $u = - U_R$

$$ri - e = Ri \rightarrow i = \frac{e}{R+r} = - \frac{1}{R+r} \frac{d\phi}{dt}$$

4.2. Tensions aux bornes du circuit induit



$$u = ri - e \text{ et } i = \frac{e}{R+r}$$
$$u = e \left(\frac{r}{R+r} - 1 \right) = - \frac{R}{R+r} e$$

Lorsque le circuit est ouvert $i = 0$, $u = - e = \frac{d\phi}{dt}$.

4.3. Quantité d'électricité induite

$$i = \frac{dq}{dt} = -\frac{1}{R+r} \frac{d\phi}{dt} \rightarrow dq = -\frac{1}{R+r} d\phi \text{ et par intégration } Q = -\frac{1}{R+r} (\phi_f - \phi_i) \quad \begin{cases} \phi_f : \text{flux final} \\ \phi_i : \text{flux initial} \end{cases}$$

4.4. Sens du courant induit.

4.4.1. Par la loi de Lenz.



4.4.2. Par la loi de Faraday.

On choisit un sens positif qui donne le vecteur surface S .

Pour N spires, le flux est : $\phi = N\vec{B} \cdot \vec{S}$ soit $\phi = NBS \cos\theta$

D'après la loi de Faraday $e = -\frac{d\phi}{dt}$

- La loi de Faraday permet de déterminer le sens et l'intensité du courant induit.
- Si $e > 0$ alors le courant induit circule dans le sens positif choisi.
- Si $e < 0$ alors le courant circule dans le sens opposé au sens positif.
- $e = -\frac{d\phi}{dt}$: le signe $(-)$ traduit la loi de Lenz compte tenu des conventions de signe adoptées.
- Si le circuit est fermé, il y a apparition d'un courant induit ; s'il est ouvert, on n'aura pas de courant induit mais la f.é.m. existe toujours.

Activité d'application

Une bobine comporte $N=100$ spires de rayon moyen $r = 4$ cm. Elle est placée dans un champ magnétique parallèle à son axe et qui varie linéairement de $0,04$ T à $0,00$ T en $0,1$ s (voir figure).

Calculer la f.é.m. d'induction qui apparaît aux bornes de la bobine.

Solution

Calculons la f.é.m. d'induction qui apparaît aux bornes de la bobine :

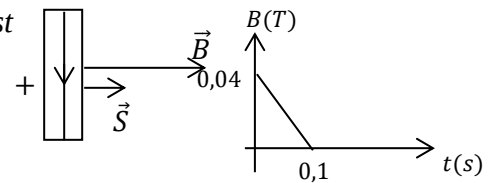
$$\phi = NBS \text{ avec } B = a.t + b$$

$$\text{Or } e = -\frac{d\phi}{dt} = -N S \frac{dB}{dt} = -N \cdot S \cdot a$$

$$\text{De plus : } a = \frac{\Delta B}{\Delta t} = -0,4 \text{ T} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\text{D'où : } e = -N \cdot \pi r^2 a = 0,2 \text{ V}$$

Remarque: $e > 0$ donc le courant induit circule dans le sens positif.



Méthode de résolution :

Pour résoudre un problème portant sur les courants induits, on oriente arbitrairement le circuit. Cette orientation donne le sens de $\vec{S}$ et détermine le signe de ϕ .

3.3.f.é.m. induite moyenne

$$e_{\text{moy}} = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

5. APPLICATIONS DE L'INDUCTION ELECTROMAGNETIQUE

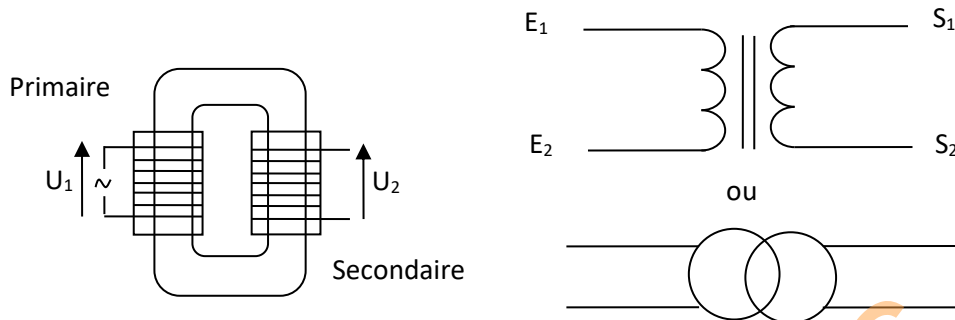
5.1 Les transformateurs

5.1.1 Généralités

Un transformateur est constitué de deux bobines placées face à face sur un circuit magnétique.

- L'une des bobines est branchée à une source alternative de courant : c'est le circuit primaire ; elle constitue l'inducteur.
- Les variations alternatives du flux magnétique engendré par le primaire créent un champ magnétique dans l'autre bobine et donnent naissance à une f.é.m. induite alternative : cette bobine est le secondaire ou l'induit.

Les transformateurs ne fonctionnent pas en courant continu.



5.1.2 Relation entre tensions aux bornes du primaire et du secondaire

Soient N_1 et N_2 , les nombres de spires du primaire et du secondaire.

Soient U_1 et U_2 les tensions efficaces correspondantes.

$U_1 = 6 \text{ V}$	$U_2 = 3 \text{ V}$	$N_1 = 66 \text{ spires}$	$N_2 = 33 \text{ spires}$
$\frac{U_2}{U_1} = 0,5$		$\frac{N_2}{N_1} = 0,5$	

On a : $\frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1}$: C'est le rapport de transformation

Remarque :

- Si $\frac{N_2}{N_1} < 1$ alors $U_2 < U_1$: le transformateur est dit abaisseur de tension.
- Si $\frac{N_2}{N_1} > 1$ alors $U_2 > U_1$: le transformateur est dit élévateur de tension
- Si $\frac{N_2}{N_1} = 1$ alors $U_2 = U_1$: on a un transformateur d'isolement.

Activité d'application

Les valeurs efficaces des tensions primaire et secondaire d'un transformateur parfait sont : $U_1 = 220 \text{ V}$ et $U_2 = 24 \text{ V}$.

1. Détermine le rapport de transformation et le nombre de spires du secondaire, si le primaire en compte 1000.
2. Le primaire est alimenté en courant alternatif sinusoïdal d'intensité efficace $I_1 = 0,5 \text{ A}$. Calcule la valeur efficace d'intensité du courant secondaire.

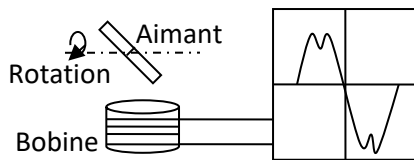
corrigé

1. $k = \frac{N_2}{N_1} = \frac{U_2}{U_1}$; A.N : $k = 0,109$
2. $k = \frac{N_2}{N_1} \Rightarrow N_2 = kN_1$; A. N : $N_2 = 109 \text{ spires}$

$$k = \frac{I_1}{I_2} \Rightarrow I_2 = \frac{I_1}{k} ; I_2 = 4,58 \text{ A}$$

5.2 Les alternateurs

Ils servent à produire des tensions alternatives, en convertissant l'énergie mécanique en énergie électrique. En effet lorsqu'on fait tourner un aimant devant une bobine, une f.é.m. induite apparaît aux bornes de la bobine qui devient ainsi génératrice de courant. Dans la production industrielle, l'aimant est remplacé par plusieurs électroaimants (rotor) et l'induit fixe (stator) est constitué de plusieurs bobines montées en série.



5.3 Les courants de Foucault

Ce sont des courants qui apparaissent dans la masse de tout matériau conducteur en mouvement dans un champ magnétique ou dans tout matériau conducteur placé dans un champ magnétique variable.

Applications :

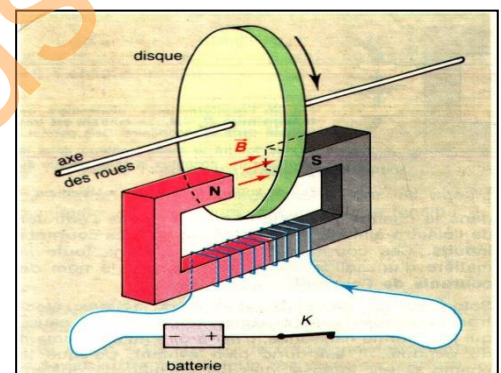
- Freinage des véhicules lourds : les courants de Foucault qui apparaissent dans le disque donne naissance à des forces de Laplace qui s'opposent au mouvement du disque.

Exemples :

- les freinages des véhicules lourds



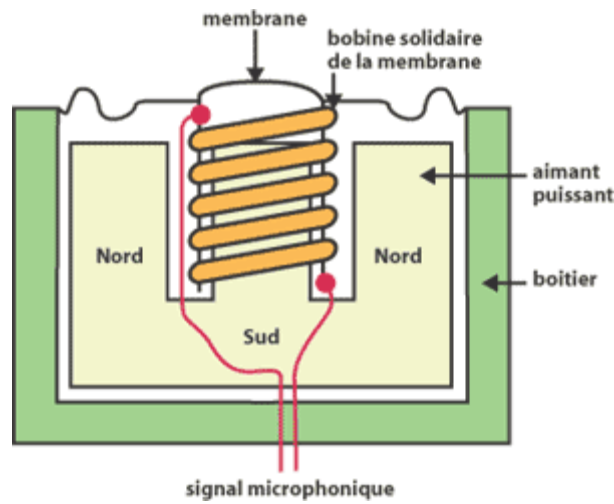
- les fours à induction



5.4. Le microphone électrodynamique à bobine mobile

Il utilise une bobine de cuivre et une source magnétique (aimant).

La bobine, solidaire de la membrane, est placée dans le champ magnétique de l'aimant. Chaque mouvement mécanique de la membrane est traduit en tension électrique. Ce microphone a l'avantage d'être robuste et de supporter de très hauts niveaux de pression acoustique. Il est peu sensible au vent ou à l'humidité, mais sensible aux champs magnétiques. On note en revanche une perte de définition dans les fréquences aiguës (à partir de 15 kHz).



Utilisation :

ce micro trouvera sa place sur scène où la qualité du son est moins importante qu'en studio. Les micros adaptés à la voix ont une courbe de réponse remontée vers 5 000 Hz pour donner une meilleure intelligibilité et proposent généralement un filtre antivent et pop (atténuation des plosives et des sifflantes).

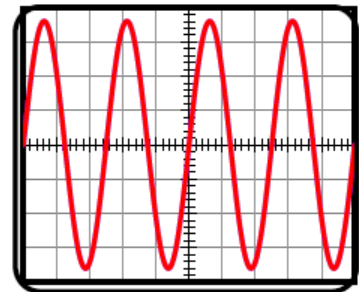
6. Production de l'électricité par les alternateurs

L'alternateur est constitué d'une bobine fixe devant laquelle un aimant est animé d'un mouvement de rotation (θ varie) alors une f.e.m. induite apparaît aux bornes de la bobine qui devient une génératrice de tension alternative.

On sait que $\phi = NBS \cos \theta$. Si $\theta = \omega t$ alors $\phi = NBS \cos \omega t$

En plus $e = -\frac{d\phi}{dt}$ d'où $e = NBS\omega \sin \omega t$

e est une tension alternative sinusoïdale



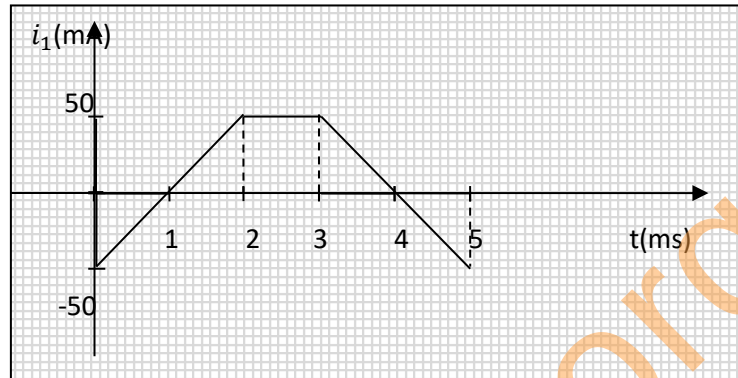
SITUATION D'ÉVALUATION

Dans le cadre des travaux dirigés, le professeur de physique-chimie veut vérifier la connaissance des élèves dans la représentation graphique de la force électromotrice induite après avoir déterminé sa valeur pour une variation du temps.

Dans cette épreuve, un solénoïde possède deux enroulements entrelacés de rayon $r = 2.5 \text{ cm}$ et de longueur $l = 41.2 \text{ cm}$. Le premier enroulement comporte $N_1 = 200$ spires et le deuxième enroulement $N_2 = 100$ spires.

L'enroulement (1) est parcouru par un courant d'intensité i_1 variable. (voir figure)

On donne : $\mu_0 = 4\pi 10^{-7} \text{ SI}$



1- Donne l'expression

1.1- de la valeur du champ magnétique $\vec{B}_1$ créé par l'enroulement (1) en fonction de μ_0, N_1, l et i_1 .

1.2- du flux magnétique à travers l'enroulement (2) en fonction de μ_0, N_1, l, i_1, N_2 et r .

2- Détermine la force électromotrice induite e_2 pour l'intervalle $t \in [0; 5] \text{ ms}$.

3- Représente graphiquement $e_2(t)$.

$1 \text{ cm} \leftrightarrow 2 \text{ mV}$

Echelle :

$1 \text{ cm} \leftrightarrow 1 \text{ ms}$

Solution

1-Expression

1.1- Valeur de $B_1 = \mu_0 \frac{N_1}{l} i_1$

1.2- Du flux magnétique à travers l'enroulement (2) $\Phi = N_2 B_1 S$ or $S = \pi r^2$

donc l'expression du flux créé par l'enroulement (1) à travers l'enroulement (2) est

$$\Phi = N_2 \mu_0 \frac{N_1}{l} i_1 \times \pi r^2 \text{ soit } \Phi = \mu_0 \frac{\pi N_1 N_2}{l} r^2 i_1$$

2- Déterminons la f.é.m. induite e_2 sur $t \in [0; 5 \text{ ms}]$

On sait que $e_2 = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d(\mu_0 \frac{\pi N_1 N_2}{l} r^2 i_1)}{dt} = -k \frac{di_1}{dt}$ avec $k = \mu_0 \frac{\pi N_1 N_2}{l} r^2 = \text{constante}$

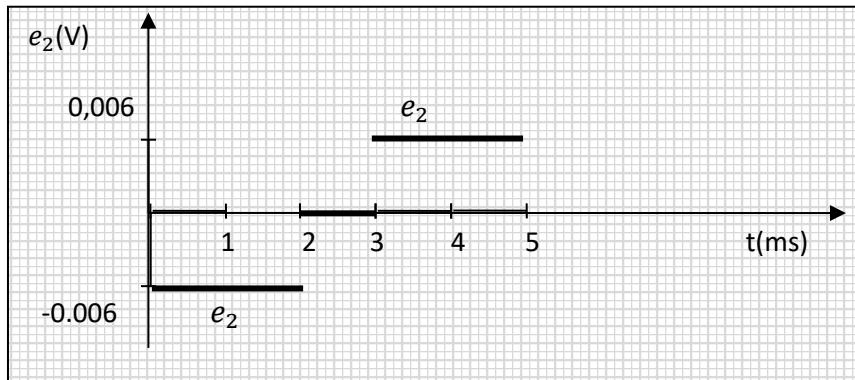
Soit $k = 1,2 \cdot 10^{-4}$, donc $e_2 = -1,2 \cdot 10^{-4} \frac{di_1}{dt}$

$$\text{*Pour } t \in [0; 2 \text{ ms}]; \frac{di_1}{dt} = \frac{0,05 - (-0,05)}{0,002 - 0} = 50 \text{ A/s} \Rightarrow e_2 = -1,2 \cdot 10^{-4} \times 50 = -0,006 \text{ V}$$

$$\text{*Pour } t \in [2; 3 \text{ ms}]; \frac{di_1}{dt} = 0 \text{ donc } e_2 = 0 \text{ V}$$

$$\text{*Pour } t \in [3; 5 \text{ ms}]; \frac{di_1}{dt} = \frac{-0,05 - 0,05}{0,005 - 0,003} = -50 \text{ A/s} \Rightarrow e_2 = -1,2 \cdot 10^{-4} \times (-50) = 0,006 \text{ V}$$

3 - Représentation graphique de $e_2(t)$



III. EXERCICES

Exercise 1

Une bobine, comportant $N = 150$ spires, de rayon $r = 10$ cm, plongée dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$, parallèle à son axe, de valeur $B = 0,1$ T. La bobine est orientée de telle sorte que $\vec{B}$ et $\vec{S}$ aient le même sens.

1- L'angle α entre $\vec{B}$ et $\vec{S}$ vaut :

- a) $\alpha = \pi \text{ rad}$, b) $\alpha = 0 \text{ rad}$; c) $\alpha = \frac{\pi}{2} \text{ rad}$

2- L'expression du flux est :

- a) $\Phi = 10 \text{ B.S}$; b) $\Phi = 100 \text{ B.S}$ c) $\Phi = 150 \text{ B.S}$

3- Le flux magnétique à travers la bobine est :

- a) $\Phi = 0.47 \text{ Wb}$; b) $\Phi = 4,71 \text{ Wb}$ c) $\Phi = 0.31 \text{ Wb}$

Solution

1-b ; 2-c ; 3-a

Exercise 2

1. Dans le phénomène d'induction, la source de champ magnétique se nomme :

- a) l'induit ;
b) l'inducteur ;
c) l'inductance.

2. Dans le phénomène d'induction, le circuit où apparaît la tension se nomme

- a) l'induit ;
b) l'inducteur ;
c) l'inductance.

3. Une tension induite apparaîtra aux bornes d'un circuit plongé dans un champ magnétique :

- a) de faible intensité ;
b) de forte intensité ;
c) intensité variable.

4. Une bobine est soumise à un champ magnétique uniforme et constant. Pour qu'il y ait induction, il faut que :

- a) la bobine possède un nombre élevé de spires ;

- b) l'axe de la bobine soit de même direction que le champ magnétique ;
- c) la bobine se déplace perpendiculairement au champ magnétique.

5. La loi de Lenz nous dit, entre autre, que le courant induit produit à son tour un champ magnétique qui s'oppose :

- a) au champ magnétique inducteur ;
- b) à la variation du champ magnétique ;
- c) à la variation de la tension.

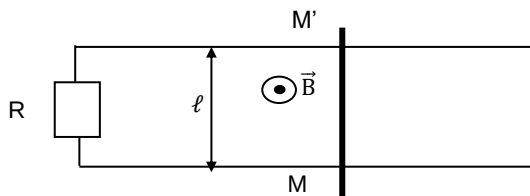
Recopie le numéro de la proposition suivi de la lettre qui correspond à la bonne réponse dans chaque cas.

Solution :

1. b) ; 2. a) ; 3. c) ; 4. c) ; 5. b)

Exercice 3

Ce dispositif est constitué de deux rails conducteurs parallèles, de résistance négligeable séparés par une distance $\ell = 25 \text{ cm}$ et placés dans un plan horizontal.



Une tige métallique rigide, de masse négligeable, perpendiculaire aux rails se déplace sans frottement dans une direction parallèle aux rails, à la vitesse constante $v = 10 \text{ m.s}^{-1}$ de gauche à droite.

La résistance de la tige de longueur ℓ est $r = 0,5 \Omega$.

Les deux rails sont reliés par un conducteur ohmique de résistance $R = 0,5 \Omega$.

L'ensemble du dispositif est placé dans un champ magnétique $\vec{B}$, d'intensité $B = 1 \text{ T}$, perpendiculaire au plan des rails.

Votre professeur vous demande d'exploiter le phénomène résultant de ce dispositif.

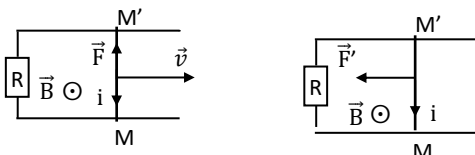
1. Sens du courant induit.
 - 1.1 Rappelle la loi de Lenz.
 - 1.2 Précise et justifie le sens du courant induit dans le dispositif.
2. Exprime le flux du champ magnétique lors du déplacement de la tige dans le dispositif en fonction de B , ℓ , v et de la date t .
3. Calcule la force électromagnétique d'induction et l'intensité du courant induit.

corrigé

1.1

1.2 Lors du déplacement de la tige $M'M$, chaque électron de $M'M$

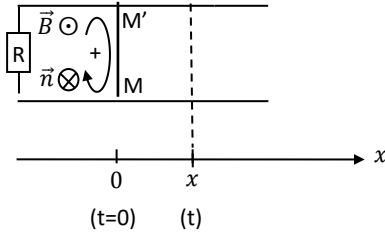
est entraîné à la vitesse $\vec{v}$. Il est donc soumis à la force de Lorentz $\vec{F} = -e\vec{v} \wedge \vec{B}$ dirigée de M vers M' . Le courant induit circule dans le sens contraire de celui des électrons. C'est-à-dire de M' vers M .



OU

D'après la loi de Lenz, le courant induit par son sens s'oppose à la cause qui lui a donné naissance. Ici, le courant induit est dû au déplacement de la tige de la gauche vers la droite. Le courant induit sera donc à l'origine d'une force électromagnétique $\vec{F}' = i \cdot \vec{\ell} \wedge \vec{B}$ qui va s'opposer à ce mouvement donc qui sera dirigé de la droite vers la gauche. $\vec{B}$ étant orienté vers le haut, pour que $\vec{F}'$ soit dirigé vers la gauche, i doit circuler de M' vers M (règle de l'observateur d'Ampère)

2.



A $t = 0$, la surface du circuit est S_0 .

A la date t , la surface du circuit est : $S = S_0 + \ell x = S_0 + \ell v t$.

Le flux au travers du circuit est $\phi = \vec{B} \cdot \vec{S} = S \vec{B} \cdot \vec{n}$

$$\phi = -BS = -B(S_0 + \ell vt)$$

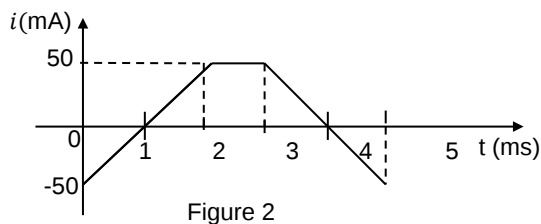
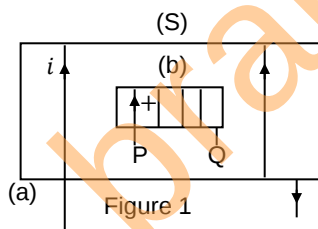
3. $e = -\frac{d\phi}{dt} = B\ell v$; $e = 2,5 \text{ V}$

$$i = \frac{B \cdot \ell \cdot v}{R+r} = 2,5 \text{ A (sens arbitraire de M vers N).}$$

Exercice 4

Au cours d'une séance de travaux dirigés, le Professeur de Physique-Chimie utilise dans un montage, un solénoïde (a) et une bobine et (b). La bobine comportant $N_2 = 100$ spires est placée à l'intérieur du solénoïde (de rayon $r = 2,5 \text{ cm}$, de longueur $\ell = 41,2 \text{ cm}$ et comportant $N_1 = 200$ spires. Le solénoïde et la bobine ont le même axe médian. (voir figure 1)

Le solénoïde est parcouru par un courant électrique d'intensité variable i comme l'indique la représentation de la de la figure 2.



Le professeur demande à ses élèves de déterminer et de représenter la f.é.m. induite dans la bobine (b).

Tu es élève de la classe et ta production est attendue.

1. Donne l'expression de l'intensité B du champ magnétique créé par le solénoïde en fonction de μ_0 ; N_1 ; r ; ℓ et i_1 .
2. Exprime le flux magnétique à travers la bobine en fonction de μ_0 , N_1 , N_2 , r , ℓ et i_1 .
3. Détermine la f.é.m. induite e_2 lorsque $0 < t < 2\text{ms}$; $2\text{ms} < t < 3\text{ms}$; $3\text{ms} < t < 5\text{ms}$.
4. représenter $e_2(t)$ sur le même graphique.

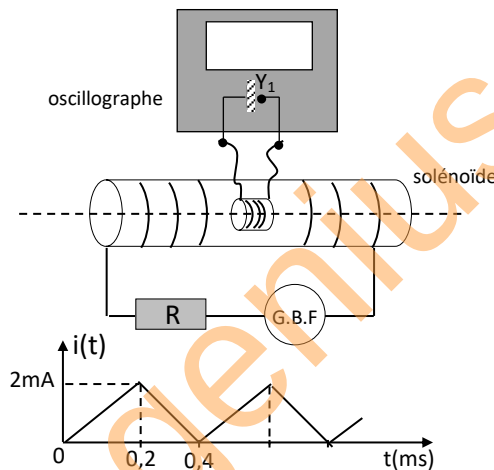
corrigé

$$1. B = \frac{\mu_0 N_1 i_1}{\ell} ; 2. \phi = \mu_0 \cdot N_1 \cdot N_2 \cdot \pi r^2 \frac{i_1}{\ell}$$

$$3. 0 < t < 2\text{ms} : e = -6\text{mV} ; 2\text{ms} < t < 3\text{ms} : e = 0\text{mV} ; 3\text{ms} < t < 5\text{ms} : e = 6\text{mV}$$

Exercice 5

Un solénoïde parcouru par un courant d'intensité i est placé dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$, de norme $B = ki$ (figure). On met à l'intérieur du solénoïde une bobine plate à N spires d'aire S . La normale au plan de la bobine est parallèle à l'axe du solénoïde; on oriente cette normale dans le sens de $\vec{B}$. Le courant $i(t)$ a la forme représentée sur la figure.



1. Calculer le flux du champ magnétique $\vec{B}$ à travers la bobine plate.
2. Calculer la f. e. m. induite dans cette bobine.
3. On branche un oscilloscope aux bornes de cette bobine. Montrer que la tension observée sur l'écran est soit U , soit $-U$.
4. Représenter ce que l'on peut observer sur cet écran.
Application numérique $k = 10^{-2}$; $S = 5 \text{ cm}^2$; $N = 1000$.

corrigé

$$1. \phi = N \cdot B \cdot S = N \cdot S \cdot k \cdot i$$

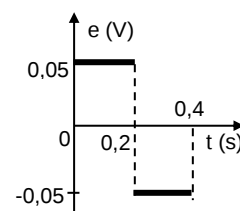
$$2. e = - \frac{d\phi}{dt} = -N \cdot S \cdot k \frac{di}{dt} \Rightarrow e = -5 \cdot 10^{-3} \frac{di}{dt} ?$$

$$0 < t < 0,2\text{ms}, \frac{di}{dt} = 10\text{A/s} \Rightarrow e = -0,05\text{V}.$$

$$0,2\text{ms} < t < 0,4\text{ms}, \frac{di}{dt} = -10\text{A/s} \Rightarrow e = 0,05\text{V}.$$

3. L'oscilloscope ne se laisse pas traverser par le courant électrique, par conséquent, la tension observée est soit $0,05\text{V}$ soit $-0,05\text{V}$.

4. Voir graphique ci-dessus.



IV. DOCUMENTATION

Les disques durs

Le stockage de l'information se fait en utilisant l'orientation de domaines magnétiques d'un film fin ferromagnétique déposé sur un disque. La taille de ces derniers est de l'ordre de 20nm. Sur un même bras mécanique sont disposées la tête de lecture et la tête d'écriture. Cela permet à ces dernières de se positionner à n'importe quel endroit du disque en rotation pour qu'elles réalisent leurs actions.

La tête de lecture la plus basique est une tête inductive constituée d'un électroaimant. Lorsqu'une zone magnétique passe à proximité de l'électroaimant, un courant électrique se forme dans le bobinage. Suivant la succession des régions magnétiques, le champ créé est plus ou moins intense, tout comme le courant induit (voir schéma ci-contre).

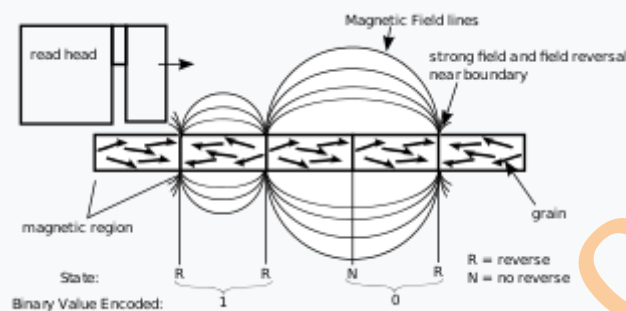


Schéma de fonctionnement d'une tête de lecture

Les têtes de lecture les plus récentes sont constituées de capteurs GMR et TMR, exploitant respectivement les effets de magnétorésistance géante et de magnétorésistance à effet tunnel. La variation du champ magnétique dans le disque influe sur la résistance électrique du matériau composant la tête de lecture. Ces têtes de lectures ont l'avantage, par rapport aux têtes inductives, d'être plus petites. Néanmoins, il est nécessaire d'effectuer un blindage magnétique autour du matériau magnéto résistif afin que seules les variations de champ magnétique du disque l'influencent. Avec cette méthode, la résolution entre deux pistes est limitée par la taille de l'élément magnéto résistif dans la tête de lecture.

La tête d'écriture est le plus souvent inductive. Constituée d'un électroaimant, cette dernière peut, suivant le sens du courant dans la bobine, appliquer aux différents domaines du disque des champs magnétiques opposés. L'objectif étant d'appliquer un champ magnétique assez fort pour dépasser l'aimantation rémanente du matériau ferromagnétique et ainsi permettre au domaine magnétique de garder son aimantation en absence de champ magnétique.

Des recherches sont effectuées depuis les années 90 sur des molécules ayant leur propre aimantation : les aimants moléculaires. A basse température, ces molécules ont des propriétés similaires à celles des aimants et peuvent ainsi être considérées comme des particules magnétiques de très petite taille, idéales pour mettre en place de meilleurs dispositifs de stockage d'informations.

Sources : https://fr.wikipedia.org/wiki/Applications_du_magn%C3%A9tisme

Pour des exercices de renforcement, vous pouvez consulter les sites et ouvrages suivants :

<https://docplayer.fr/67511041-Applications-de-l-induction-electromagnetique.html>

http://www.tunischool.com/sites/default/files/documents/physique/4eme/physique/exerc_corriges/induction_magn.pdf

<http://physik.diekirch.org/2e/Ex2eElectromagnetisme13.pdf>

Physique Terminales CDE Arex

Physique Terminale C Eurin-Gié