

Physique chimie terminale S
Alternateur

Objectif d'apprentissage	Contenus
<p>L'apprenant doit être capable de (d') :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Expliquer l'importance d'un alternateur pour transformer l'énergie produite dans une centrale éolienne ou hydraulique en courant électrique utilisable dans la vie quotidienne • Expliquer le principe de fonctionnement d'un alternateur (ou quelques appareils courants) • Expliquer l'analogie entre un aimant et une bobine parcourue par un courant 	<ul style="list-style-type: none"> • Constituant et rôle d'un alternateur (rotor et stator) • Mise en évidence de l'existence d'un champ créé par un courant et l'interaction électromagnétique entre les bobines parcourues par un courant • Représentation et caractéristique du vecteur champ magnétique uniforme créé par un courant circulant dans une bobine • Notion d'induction électromagnétique • Etude du fonctionnement d'un alternateur : la rotation du rotor (électroaimant ou aimant) provoque la variation du flux magnétique à travers le stator (la bobine) et crée : <ul style="list-style-type: none"> - un courant induit dont le sens est déterminé par la loi de Lenz , - une force électromotrice (f.é.m.) d'induction $e = - d\Phi / dt$

Alternateur

I.	Etude de fonctionnement d'un alternateur :	4
1.	Rôle et composantes d'un alternateur :	4
a)	Rôle d'un alternateur :	4
b)	Composantes d'un alternateur :	4
II.	Champ magnétique :	5
1.	Interaction magnétique :	5
c)	Pôles d'un aimant et faces d'une bobine :	5
d)	Mise en évidence d'interaction magnétique :	6
2.	Champ magnétique créé par un aimant :	7
a)	Espace champ magnétique :	7
b)	Caractéristiques du vecteur champ magnétique :	7
c)	Spectre magnétique :	8
3.	Champ magnétique créé par un courant rectiligne :	8
a)	Spectre magnétique :	8
b)	Caractéristique du vecteur champ magnétique :	8
4.	Champ magnétique créé par une bobine et solénoïde :	9
a)	Bobine plate parcouru par un courant :	9
b)	Solénoïde parcouru par un courant :	9
III.	Induction électromagnétique :	11
1.	Vecteur surface, flux magnétique Φ et induction électromagnétique :	11
a)	Vecteur surface :	11
b)	flux magnétique Φ à travers une surface fermé :	11
c)	L'induction électromagnétique :	12
2.	Loi de Lenz et sens du courant induit :	13
3.	Force électromotrice d'induction (f.é.m. induite e) et courant induit i :	13
a)	Force électromotrice d'induction : f.é.m induite e :	13
b)	courant induit i :	14
IV.	Exercices :	15

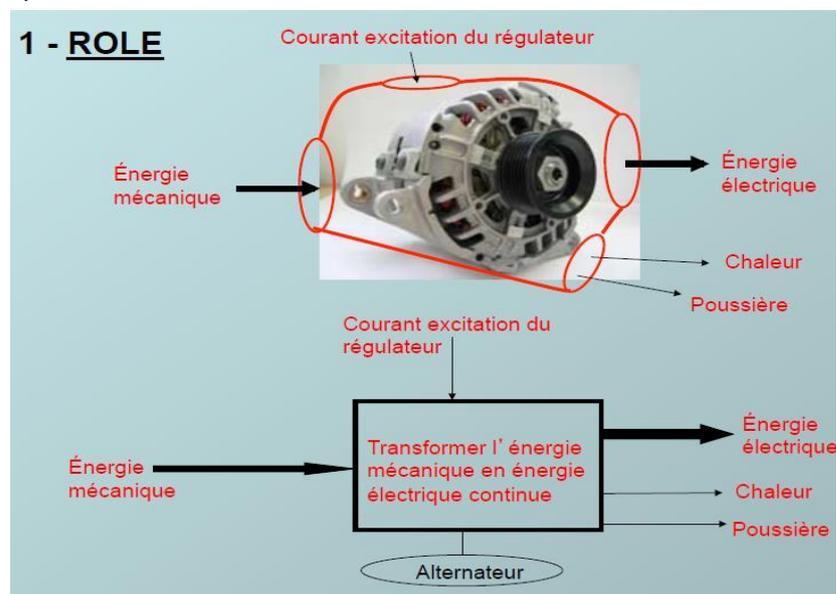
Chapitre I : Alternateur

I. Etude de fonctionnement d'un alternateur :

1. Rôle et composantes d'un alternateur :

a) Rôle d'un alternateur :

Un alternateur est un appareil qui a pour rôle de transformer l'énergie mécanique en énergie électrique par *le phénomène d'induction électrique*. Tous les types de centrales, qui produisent de l'électricité, utilisent tous de l'alternateur pour produire de l'électricité. (centrale hydraulique, centrale éolienne, centrale thermique, centrale nucléaire, etc



b) Composantes d'un alternateur :

Un alternateur est toujours constitué de deux éléments essentiels:

- Une **bobine fixe** ce qu'on appelle aussi **stator**
- Une **source de champ magnétique rotative** (aimant ou un électroaimant) ce qu'on appelle **rotor**

Ce sont les bornes de la bobine fixe qui fournissent une tension alternative lorsque l'aimant ou l'électroaimant tourne.

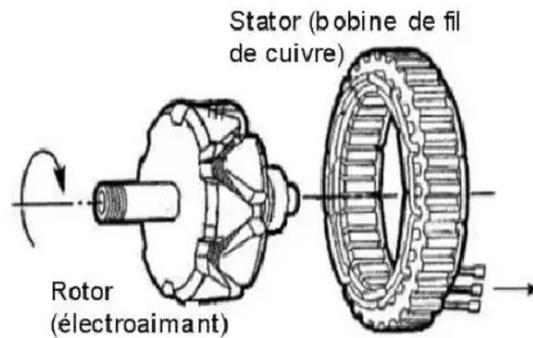


Schéma d'un alternateur

Le rotor : c'est la partie en rotation qui génère le champ magnétique via une bobine dite d'excitation alimentée par des balais. Il est composé de deux coquilles emboîtées l'une dans l'autre, formant un assemblage de trois électroaimants.

Le stator est une cage fixe composée de trois enroulements en fil de cuivre décalés de 120°.

Application : compléter les pointillés par les mots suivants : **rotor, stator, mécanique, électrique, courant induit**

Un alternateur électrique est constitué d'une partie mobile, le, et d'une partie fixe, le..... . C'est un convertisseur d'énergie en énergie

Le rotor est constitué d'un aimant. Son mouvement de rotation, à l'origine du phénomène d'induction électromagnétique, provoque l'apparition d'un..... dans la bobine fixe, le stator.

II. Champ magnétique :

1. Interaction magnétique :

c) Pôles d'un aimant et faces d'une bobine :

Aimant : c'est un minéral (magnétite) qui attire naturellement le fer ou l'acier. Elle a deux pôles, un pôle Nord et un pôle Sud



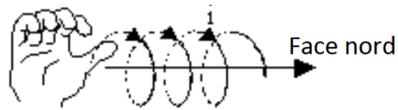
Aimant droit



aimant en U

Bobine : une bobine qui est parcourue par un courant se comporte comme un aimant. Elle a une face Nord et une face Sud

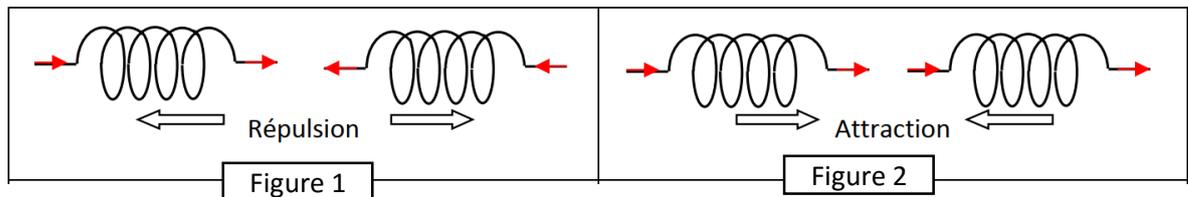
La face d'une bobine peut être trouvée par la règle de la main droite



d) Mise en évidence d'interaction magnétique

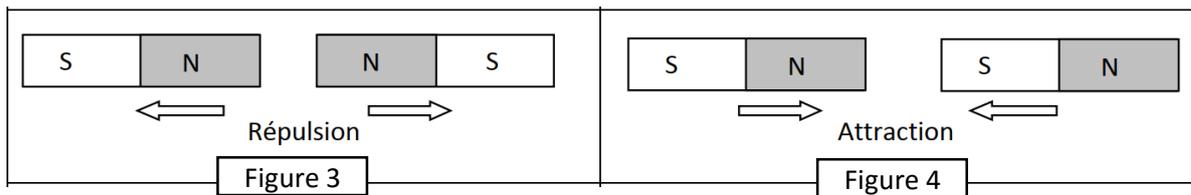
Expérience 1 :

- Dans la figure 1, les bobines sont parcourues par de courant de sens différent.
- Dans la figure 2, les bobines sont parcourues par de courant de même sens.



Expérience 2 :

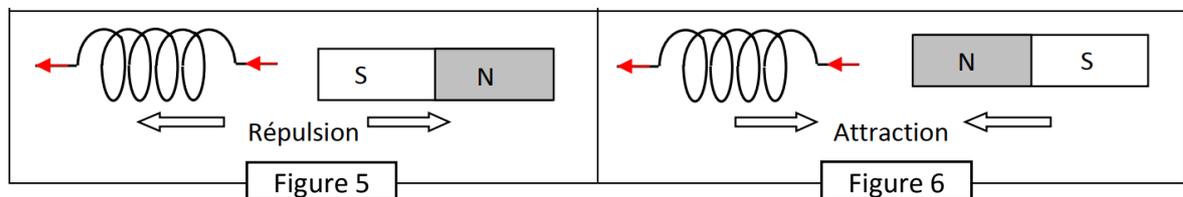
- Dans la figure 3, on rapproche les faces nord des deux aimants
- Dans la figure 4, on rapproche les faces nord et sud des aimants



Expérience 3 :

Dans la figure 5, on rapproche le pôle sud d'un aimant sur la face d'une bobine parcourue par un courant.

Dans la figure 6, on rapproche le pôle nord d'un aimant sur la même face de bobine parcourue par un courant



Résultats :

- Les pôles de mêmes noms de deux aimants se repoussent
- Les pôles de noms différents de deux aimants s'attirent.

- Les faces de mêmes noms de deux bobines se repoussent
- Les faces de noms différents de deux bobines s'attirent

Interprétation et conclusion :

Une bobine parcourue par un courant électrique se comporte comme un aimant droit

Les faces nord et sud d'une bobine parcourue par un courant dépendent du sens de courant qui traverse la bobine.

Remarque :

La présence d'un aimant ou d'une bobine parcourue par un courant électrique en un lieu modifie les propriétés de ce lieu. On dit qu'il y règne un champ magnétique

Application :

- a. Indiquer les pôles de l'aimant B, en tenant compte des sens de déplacement des deux aimants A et B



- b. Indiquer les faces des bobines, en tenant compte du sens du courant, en déduire l'interaction des deux bobines (s'attirer ou se repousser)



2. Champ magnétique créé par un aimant :

a) Espace champ magnétique

Un espace champ magnétique est une région de l'espace dont les propriétés sont modifiées par la présence d'un aimant

b) Caractéristiques du vecteur champ magnétique :

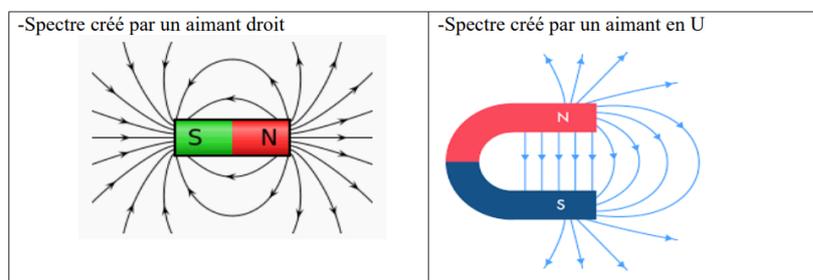
En tout point de l'espace champ magnétique, le champ magnétique est caractérisé par un vecteur appelé vecteur champ magnétique. Il est noté \vec{B}

- **Point d'application** : tout point M de l'espace où règne le champ ;
- **Direction** : celle de l'axe d'une aiguille aimantée placée au point M considéré
- **Sens** : du pôle sud vers le pôle nord de l'aiguille aimantée ;
- **Valeur** : mesurée en Tesla (T) à l'aide d'un Tesla mètre.

c) Spectre magnétique :

Une ligne de champ est une courbe tangente, en chacun de ses points, au vecteur champ magnétique \vec{B} et orientée dans le même sens que \vec{B} .

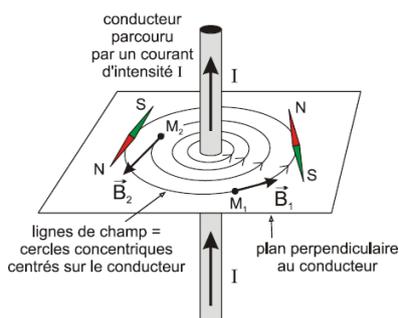
Un spectre magnétique est un ensemble de lignes de champ.



3. Champ magnétique créé par un courant rectiligne :

a) Spectre magnétique :

Les lignes de champ sont des cercles concentriques perpendiculaires au conducteur :



b) Caractéristique du vecteur champ magnétique :

-Les caractéristiques du champ créé en un point M_1 appartenant au plan sont les suivantes :

- **Direction** : celle de la tangente en M_1 à la ligne de champ
- **Sens** : donné par règle de la main droite (le pouce indique le sens de I , la paume tournée vers le point où on veut définir le champ \vec{B})
- **Norme** : en se plaçant à la distance d d'un conducteur rectiligne parcouru par un courant I , le champ magnétique vaut

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi d}$$

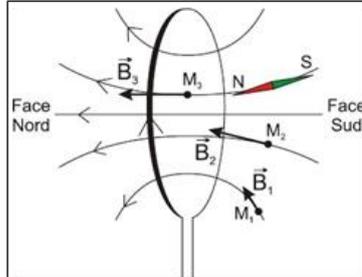
($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ SI: perméabilité du vide)

4. Champ magnétique créé par une bobine et solénoïde :

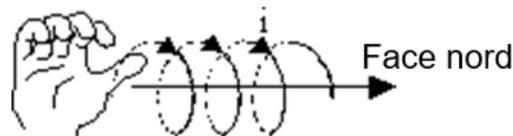
a) Bobine plate parcouru par un courant

i. Spectre magnétique :

Les lignes de champ appartiennent au plan perpendiculaire à la bobine



Les faces **nord** et **sud** de la bobine sont déterminées par la règle de ma main droite (La main droite disposée dans le sens du courant, la paume tournée vers l'intérieur de la bobine et la face Nord est indiquée par le pouce.)



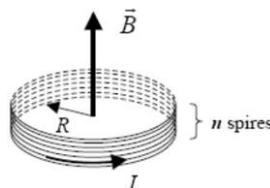
ii. Caractéristique du vecteur champ magnétique :

Direction: celle de la tangente en M_1 à la ligne de champ

Sens: donné par règle de la main droite (la paume tournée vers le sens du courant I , le pouce indique le sens de B)

Norme : Au centre de la bobine, l'intensité de B est égale à: $B = \frac{\mu_0 I}{2R}$

Remarque : si la bobine comprend n spires (enroulements) $B = \frac{\mu_0 n I}{2R}$



b) Solénoïde parcouru par un courant

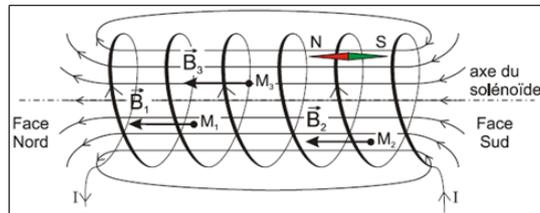
Un solénoïde est une bobine longue dont sa longueur L est supérieure à dix fois son

rayon r ($L > 10.r$).

i. Spectre magnétique :

A l'extérieur du solénoïde les lignes de champ quittent la face nord du solénoïde et convergent vers la face sud.

A l'intérieur du solénoïde, les lignes de champ sont parallèles



ii. Caractéristique du vecteur champ magnétique :

Direction : à l'intérieur du solénoïde, les vecteurs champs \vec{B} sont colinéaires

Sens: donné par règle de la main droite (la paume tournée vers le sens du courant I , le pouce indique le sens de B). A l'intérieur du solénoïde les vecteurs champs \vec{B} ont même sens

Norme : A l'intensité I et au centre du solénoïde de N spires, de longueur L parcourue par un courant I , le champ magnétique B vaut :

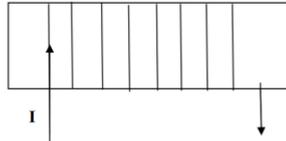
$$B = \mu_0 \cdot n \cdot I \quad \text{avec} \quad \left\{ \begin{array}{l} B: \text{Champ magnétique à l'intérieur du solénoïde en teslas (T).} \\ \mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{S.I (perméabilité magnétique du vide)} \\ n: \text{nombre de spires par mètre du solénoïde (spires.m}^{-1}\text{).} \\ I: \text{Intensité du courant circulant dans le solénoïde en ampères (A).} \end{array} \right.$$

$$\text{On pose } n = \frac{N}{L}$$

Application :

Un solénoïde comporte $n= 1000$ spires par mètre. Elle est parcourue par un courant d'intensité $I=2.0A$.

1. Représente les lignes de champ à l'intérieur du solénoïde ci-dessous.
2. Détermine les caractéristiques du champ magnétique \vec{B} à l'intérieur du solénoïde.



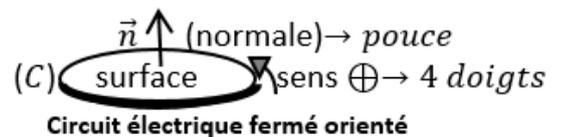
III. Induction électromagnétique :

1. Vecteur surface, flux magnétique Φ et induction électromagnétique :

a) Vecteur surface

Soit un circuit fermé plan situé dans une région où règne un champ magnétique uniforme. 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 la main droite ou tout autre règle équivalent.



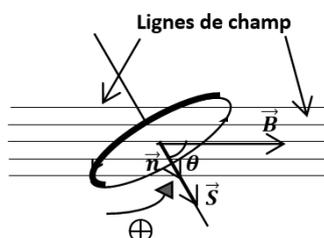
Remarque : Si le circuit est parcouru par un courant électrique, le sens positif est celui du courant électrique.

b) flux magnétique Φ à travers une surface fermé

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 :

$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S} = \vec{B} \cdot S \cdot \vec{n} = S \cdot \vec{B} \cdot \vec{n} = S \cdot \|\vec{B}\| \cdot \|\vec{n}\| \cdot \cos(\vec{B}; \vec{n})$$

$$\text{D'où : } \Phi = S \cdot B \cdot \cos\theta, \text{ avec : } S \text{ en } m^2 ; B \text{ en } T ; \Phi \text{ en Weber (Wb)} ; \theta = (\vec{B}; \vec{n})$$



c) L'induction électromagnétique :

Expériences et observation :

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

- Le déplacement de l'aimant dans la figure 1 ou de la bobine parcourue par un courant, au voisinage de la bobine provoque l'apparition d'un courant électrique appelé courant induit.
- L'aimant ou la bobine qui crée le champ est *l'inducteur*.
- La bobine, siège du courant induit est le circuit induit ou *l'induit*.

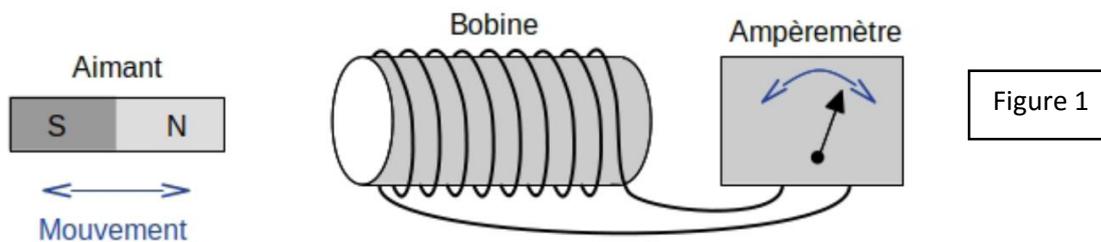


Figure 1

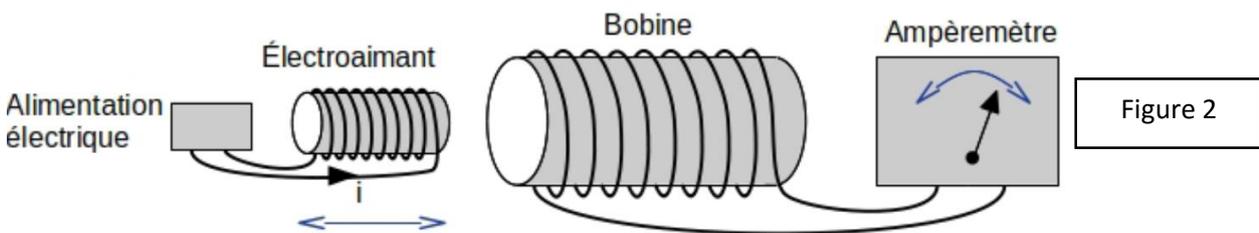


Figure 2

Interprétation et conclusion :

L'apparition du courant électrique dans la bobine est due à la variation du flux magnétique à travers la bobine : c'est **le phénomène d'induction électromagnétique**.

Cette variation de flux peut être obtenue en variant le champ magnétique à travers la surface de la bobine ou en variant la surface de la bobine où traverse le champ magnétique.

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.

2. Loi de Lenz et sens du courant induit :

Le sens du courant induit est donné par la loi de Lenz.

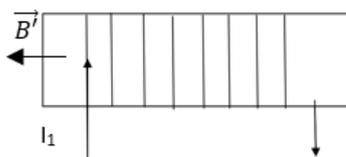
Loi de Lenz :

Au cours d'une induction électromagnétique, les effets du courant induit (force magnétique, champ magnétique) s'opposent aux causes qui lui donnent naissance.

* Lorsqu'on approche l'aimant, le champ magnétique inducteur \vec{B} augmente à travers les spires de la bobine.

Le sens du courant induit i_1 dans la bobine est tel que :

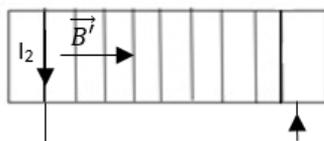
→ il crée un champ induit \vec{B}' qui s'oppose à cette augmentation. Le sens de \vec{B}' est contraire à celui de \vec{B} . On obtient le sens de i_1 en appliquant la règle de la main droite en utilisant le champ magnétique \vec{B}'



* Lorsqu'on éloigne l'aimant, le champ magnétique inducteur \vec{B} diminue à travers les spires de la bobine.

Le sens du courant induit i_2 dans la bobine est tel que :

→ il crée un champ induit \vec{B}' qui s'oppose à cette diminution. Le sens de \vec{B}' est le même que \vec{B} . On obtient le sens de i_2 en appliquant la règle de la main droite en utilisant le champ magnétique \vec{B}'



3. Force électromotrice d'induction (f.é.m. induite e) et courant induit i

a) Force électromotrice d'induction : f.é.m induite e .

Pour qu'un courant induit parcoure un circuit fermé, il faut que ce circuit se comporte comme un dipôle actif fonctionnant en générateur caractérisé par sa force électromotrice induite e .

Expression :

f.é.m induite e moyenne : $e = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ Φ en Wb ; t en s ; e en Volts (V).

f.é.m induite e instantanée : $e = -\frac{d\Phi}{dt}$

si $e > 0$, le courant induit circule dans le sens \oplus choisi.

si $e < 0$, le courant induit a le sens opposé au sens \oplus choisi.

b) courant induit i :

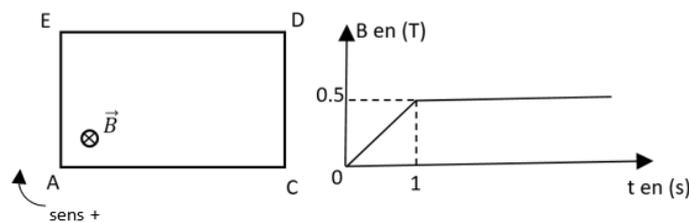
Si R est la résistance du circuit fermé, la f.é.m induite est $e = R \cdot i$

On a : $i = \frac{e}{R} = -\frac{1}{R} \cdot \frac{d\Phi}{dt}$ avec : i est le courant induit en A ; R en Ω ; e en V .

Application :

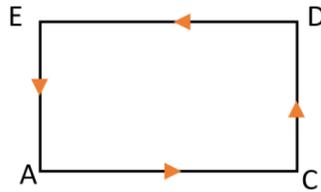
La spire rectangle ACDE est placée dans un champ magnétique \vec{B} dont la valeur varie comme indique la figure ci-dessous.

1. Préciser dans quel intervalle de temps a-t-on le phénomène d'induction
2. Indiquer le sens du courant induit i apparu dans la spire rectangle.
3. Exprimer la f.é.m. induite e , l'intensité algébrique i du courant induit sachant que la résistance de la spire est de $R = 0,1\Omega$ et la longueur de la spire est 10cm et la largeur 5cm .



Solution:

1. Le phénomène d'induction se produit dans l'intervalle $[0, 1]$ s car dans cette intervalle qu'il y a une variation de champ magnétique.
2. Sens du courant induit :
D'après la loi de Lenz, le courant induit crée un champ magnétique qui s'oppose au champ inducteur.
Donc le courant circule dans le sens ACDE



3. Expression de la f.é.m. induite e et l'intensité du courant induit i

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

$$\Phi = B \cdot S$$

Pour $t \in [0, 1]$, $B = 0.5t$ et la $S = L \times l = 5 \times 10 = 50 \text{ cm} = 5 \cdot 10^{-1} \text{ m}$

$$\Phi = (5 \cdot 10^{-1} t) \times (5 \cdot 10^{-1}) = 25 \cdot 10^{-2} t$$

$$e = -\frac{d(25 \cdot 10^{-2} t)}{dt} = -25 \cdot 10^{-2} \text{ V}$$

$$e = -25 \cdot 10^{-2} \text{ V}$$

$$i = \frac{e}{R} = \frac{-2,5 \cdot 10^{-2}}{10^{-1}} = -25 \cdot 10^{-1} \text{ A}$$

$$i = -25 \cdot 10^{-1} \text{ A}$$

La signe négatif (-) indique que le sens du courant est contraire au sens positif choisi

IV. Exercices :

Exercice 1 :

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) d'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

Exercice 2 :

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 S aient le même sens.

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

a) $\alpha = \pi$ rad

b) $\alpha = 0$ rad

c) $\alpha = \frac{\pi}{2}$ rad

2- L'expression du flux est :

a) $\Phi = 10 B \cdot S$

b) $\Phi = 100 B \cdot S$

c) $\Phi = 150 B \cdot S$

3- Le flux magnétique à travers la bobine est :

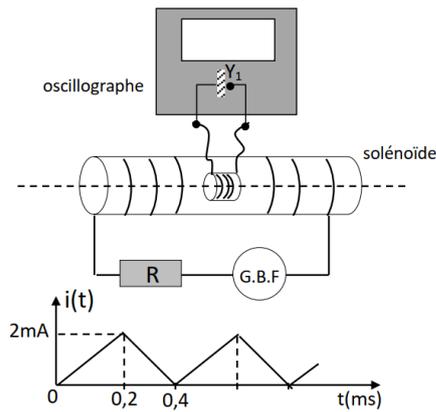
a) $\Phi = 0.47$ Wb ;

b) $\Phi = 4,71$ Wb

c) $\Phi = 0.31$ Wb

Exercice 3 :

Un solénoïde parcouru par un courant d'intensité i est placé dans un champ magnétique uniforme \vec{B} , de norme $B = k \cdot i$ (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.

Données $k = 10^{-2}$; $S = 5 \text{ cm}^2$; $N = 1000$

Solution :

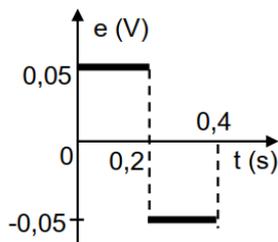
1. $\phi = N \cdot B \cdot S = N \cdot S \cdot k \cdot i$

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

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

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

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. Représentation



Exercice 4 :

Une éolienne est un dispositif qui utilise le vent pour produire de l'électricité. On a relevé les valeurs annuelles en MWh des énergies qui interviennent dans la chaîne énergétique d'une éolienne.

Energie mécanique fournie aux pales par le vent : 7 713 MWh

Energie mécanique transmise à l'alternateur : 4 250 MWh

Energie électrique obtenue : 4 030 MWh

Calculer le rendement de l'alternateur de l'éolienne