

Chptire4 (6^{*}) : champ magnétique créé par un courant électrique (4h-6h*).

S.P: En 1814, le physicien Danois Oersted observe que le courant électrique produit par une pile et circulant dans un fil conducteur dévie l'aiguille d'une boussole dans une direction perpendiculaire à celle du courant, cette observation constitue une découverte de l'électro-aimant. Donc le courant électrique crée un champ magnétique dans l'espace qui l'entoure. **Quelles sont les caractéristiques de ce champ magnétique dans un conducteur (fil conducteur, bobine et solénoïde)?**

I. champ magnétique d'un conducteur rectiligne.

1. spectre du champ magnétique d'un conducteur rectiligne.

a. activité 1.

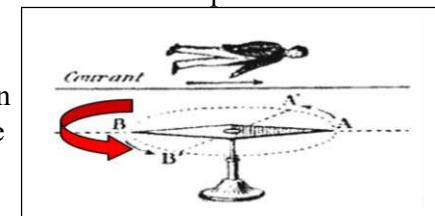
On réalise un circuit électrique constitué en série un fil conducteur très long, rhéostat, interrupteur et un générateur de courant continu. Sur une plaque de verre située perpendiculairement au fil on saupoudre de la limaille de fer et on ferme l'interrupteur.

1. décrire les lignes du champ magnétique créé par le courant dans le fil conducteur.
2. à l'aide d'une aiguille aimantée déterminer le sens et la direction du vecteur champ magnétique dans un point M_1 auprès du conducteur.
3. considérons un observateur observe le point M_1 , tel que le courant le traverse de ses pieds vers sa tête .vérifier que la main gauche d'observateur détermine le sens de .on appelle cette règle la règle d'Ampère. donner le texte de cette règle.



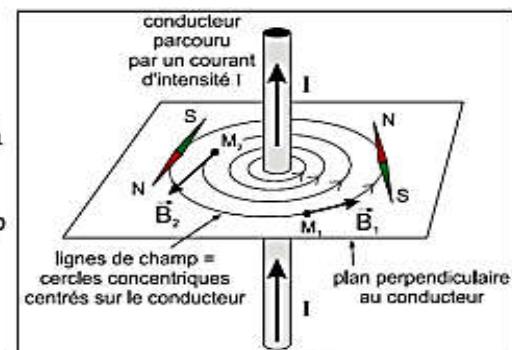
b. exploitation.

1. les lignes de champ sont des cercles concentriques centrés sur le fil et perpendiculaire à lui, l'ensemble de ses lignes constitue le spectre de champ.



2. et 3 Les caractéristiques du champ créé en un point M_1 appartenant au plan π sont les suivantes:

- Direction: celle de la tangente en M_1 à la ligne de champ
- Sens: son sens est donné par plusieurs règles parmi lesquelles le bonhomme d'Ampère (le bras gauche indique le sens de B) et la main droite (la paume tournée vers le point où on veut définir le champ, le pouce indique le sens de B).
- norme (intensité): voir paragraphe suivante.



2. intensité du champ magnétique d'un conducteur rectiligne.

on a montré qu'en se plaçant à la distance d d'un conducteur rectiligne parcouru par un

courant I , le champ magnétique vaut $B = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I}{d}$ ($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Si}$: perméabilité du vide)

soit : $B = 2 \cdot 10^{-7} \frac{I}{d}$

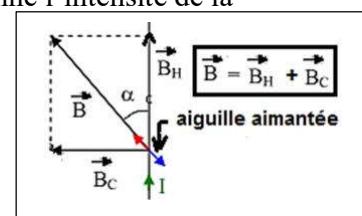
3. application.

On place une aiguille aimantée sous un conducteur rectiligne ; distant de lui par $d=2\text{cm}$. ce conducteur existe dans le plan du méridien magnétique (مستوى الزوال المغناطيسي). lorsqu'un courant traverse le conducteur, l'aiguille se dévie d'un angle $\alpha = 20^\circ$.

1. déterminer les caractéristiques du champ magnétique créé par le courant dans le conducteur.
2. en déduire le sens et l'intensité du courant I qui traverse le conducteur. On donne l'intensité de la composante verticale du champ magnétique terrestre : $B_h = 2 \cdot 10^{-5} T$

solution:

1. $B_C = B_h \tan \alpha = 7.3 \cdot 10^{-6} T$
2. $I = \frac{B_C \cdot d}{2 \cdot 10^{-7}} = 0.73 A$. Le sens du courant électrique est déterminera par la règle de bonhomme d'Ampère (voir figure).



II. champ magnétique d'une bobine plate circulaire.

1. définition.

Une bobine plate circulaire est constitué d'un fil conducteur enroulé autour d'une cylindre isolante, elle se caractérise par son nombre de spires N et son épaisseur e qui est très petit devant le rayon R de la bobine.

2. spectre du champ magnétique de la bobine.

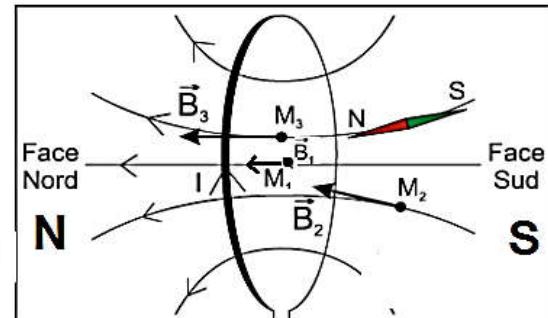
a. activité 2.

On réalise un circuit électrique constitué en série une bobine, rhéostat, interrupteur et un générateur de courant continu. Sur une plaque de verre transparente située perpendiculairement à la bobine on saupoudre de la limaille de fer et on ferme l'interrupteur.

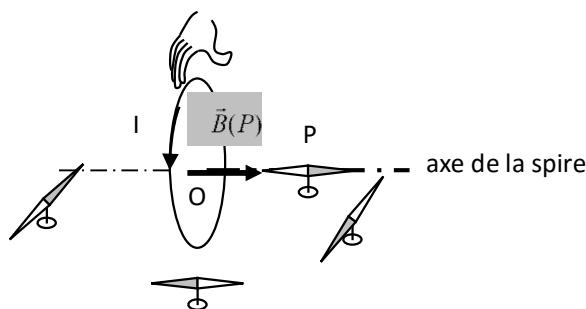
1. décrire les lignes du champ magnétique crée par le courant dans la bobine.
2. à l'aide d'une aiguille aimantée déterminer le sens et la direction du vecteur champ magnétique dans un point M_1 se situe au centre de la bobine.
3. vérifier le sens du vecteur champ magnétique en M_1 par les règles de bonhomme d'Ampère et la main droite.

b. exploitation.

- Les lignes de champ appartiennent au plan π perpendiculaire à la bobine.
- Le sens de \vec{B} est donné par la règle du bonhomme d'Ampère (un bonhomme d'Ampère placé sur la bobine, le courant entrant par ses pieds et sortant par sa tête, indique le sens du champ magnétique par son bras gauche lorsqu'il regarde le centre de la bobine M_1) ou de la main droite et on vérifiera les résultats avec une aiguille aimantée .



la règle de la main droite permet de trouver le sens de $\vec{B}(M)$ (déterminé par le pouce connaissant le sens du courant (autres doigts)).



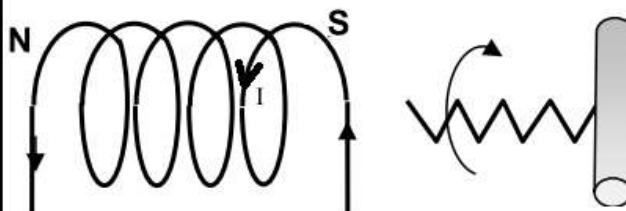
On ressemble une bobine (ou spire) à un aimant droit ; elle a donc deux faces Sud et Nord .comment déterminera les faces de la bobine ?

On détermine les noms des faces d'une bobine par les règles d'orientation selon le sens du courant.

<p><u>Le bonhomme d'Ampère</u></p> <p>Le bonhomme d'Ampère couché sur le fil regarde vers l'intérieur de la bobine. Le courant lui entre par les pieds et sort par la tête. Son bras gauche tendu indique la face Nord.</p>	<p><u>La main droite</u></p> <p>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.</p>
---	--

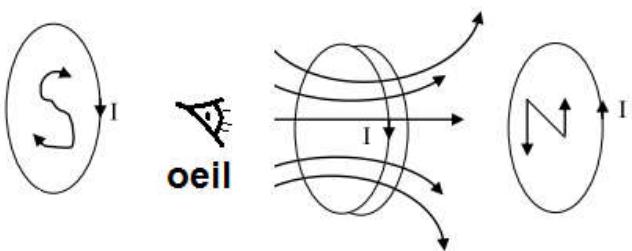
- Le tir bouchon

Lorsque le tir bouchon tourne dans le sens du courant, il progresse de la face Sud vers la face Nord à l'intérieur de la bobine.



règle des faces Nord et Sud

les lignes du champ entre de la face Sud et sort de la face Nord



3. intensité du champ magnétique au centre de la bobine.

Dans l'activité 2 on mesure l'intensité de \vec{B}_M à l'aide d'un télémètre et on montre que:

avec : R rayon de la bobine en (m) ; I l'intensité du courant en(A), n nombre de spires
et μ_0 perméabilité du milieu. dans le cas de l'air: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ (S.I)

$$B = \frac{\mu_0 n I}{2R}$$

III. champ magnétique d'un solénoïde.

1. définition.

Un solénoïde est une bobine longue dont sa longueur L est supérieure à dix fois son rayon R ($L > 10R$), il se caractérise par sa longueur L ; son rayon R et N son nombre de spires.

2. spectre du champ magnétique d'un solénoïde.

a. activité 3.

Sur une plaque de verre transparente constituant un plan de symétrie pour le solénoïde, on saupoudre de la limaille de fer et alimente le solénoïde par un courant continu.

1. décrire les lignes du champ magnétique à l'extérieur du solénoïde. Quel aimant a le même spectre.
2. quel est la nature du champ magnétique à l'intérieur du solénoïde. justifier.
3. schématiser un solénoïde ; et représenter le sens du vecteur champ magnétique en M_1 situé à l'intérieur du solénoïde. vérifier les règles qu'on vues précédemment.

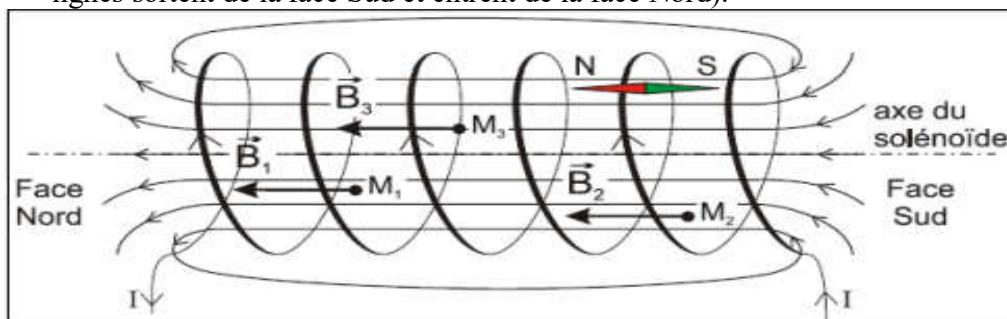
b. exploitation.

1. les lignes de champ à l'intérieur du solénoïde sont des droites parallèles ; tandis que à l'extérieur le spectre observé ressemble au spectre d'aimant droit.
2. à l'intérieur du solénoïde le champ magnétique est uniforme car les lignes du champ sont des droites parallèles.

definition :

Lorsque dans tout point de l'espace le vecteur champ magnétique garde les mêmes propriétés (sens, direction et intensité) on parle du champ magnétique uniforme.

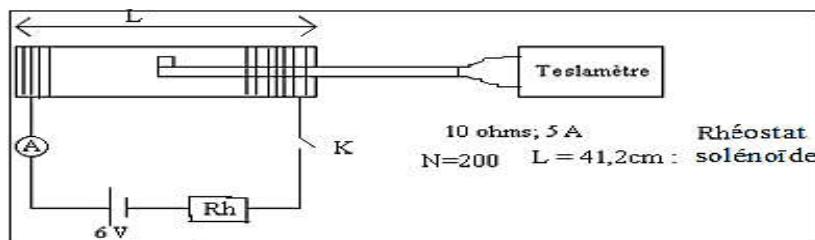
3. on détermine le sens du vecteur champ magnétique à l'aide d'une aiguille aimantée ou en utilisant les règles (bonhomme d'Ampère, main droite, règle des faces Nord et Sud tel que les lignes sortent de la face Sud et entrent de la face Nord).



3. intensité du champ magnétique à l'intérieur d'un solénoïde.

a. activité 4.

Réalisons le montage électrique suivant, et entrons le détecteur de Hall à l'intérieur du solénoïde. lorsque l'interrupteur K est ouvert le télémètre affiche B=0.



on fixe le nombre de spires par unité de longueur $n = \frac{N}{L} = 485$ spires/m et on mesure l'intensité du vecteur champ magnétique pour différents valeurs de courant électrique (voir tableau ci-dessous).

3.5	3	2.5	1.9	1.5	1	0.5	0	I(A)
2.1	1.8	1.5	1.21	0.85	0.6	0.3	0	B(mT)

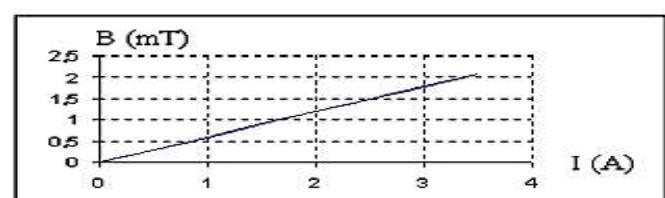
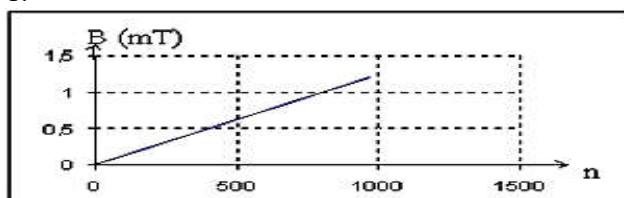
- on fixe l'intensité du courant électrique à la valeur $I=1A$ et on mesure l'intensité du vecteur champ magnétique pour différents nombres de spires par unité de longueur du solénoïde(voir tableau ci-dessous).

970	584	0	$n = \frac{N}{L} \text{ en } \frac{\text{spires}}{\text{m}}$
1.2	0.6	0	B(mT)

- tracer les courbes des fonctions : $B=f(I)$ et $B=g(n)$
- démontrer que $B=K.n.I$
- en déduire l'expression de B à l'intérieur du solénoïde en fonction de n, I et μ_0 .

b. exploitation.

1.



- du courbe $B=f(I)$ en déduit que $B=K_1 \cdot I$ et du courbe $B=g(n)$ en déduit que $B=K_2 \cdot n$ on a donc: $B=K \cdot n \cdot I$.

3. d'après la courbe 1 on a : $K_1 = \frac{\Delta B}{\Delta I} = 6 \cdot 10^{-4} (\text{S.I}) \Rightarrow B = \frac{K_1}{n} \cdot n \cdot I$ Or $n = 485$ donc $K = \frac{K_1}{n}$

$$\text{soit : } K = 1.23 \cdot 10^{-6} \text{ S.I}$$

on sait que $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} (\text{S.I}) = 1.25 \cdot 10^{-6} (\text{S.I})$ finalement $K = \mu_0$

en déduire l'expression de B à l'intérieur du solénoïde: $B = \mu_0 \cdot n \cdot I = \mu_0 \cdot \frac{N}{L} \cdot I$

avec **B:** 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: nombre de spires par mètre du solénoïde (spires.m⁻¹).
I: Intensité du courant circulant dans le solénoïde en ampères (A).

Exercice1:

Calculer l'intensité du courant qu'il faut faire circuler dans un fil de cuivre pour que le champ magnétique à 1cm du fil ait une intensité égale à 1mT.

Exercice2:

Une aiguille aimantée est disposée au point O à l'intérieur d'un solénoïde. En l'absence de courant électrique, la direction horizontale nord-sud de l'aiguille est perpendiculaire à l'axe xx' horizontal du solénoïde. L'aiguille tourne d'un angle $\alpha=30^\circ$ quand un courant d'intensité I circule dans le solénoïde.

1) Quelle est en O la direction du champ magnétique terrestre ?

2) Déterminer le champ magnétique \vec{B}_0 créé par le solénoïde et le champ magnétique résultant \vec{B} sachant que l'intensité du champ terrestre est de $2 \cdot 10^{-5} \text{ T}$

3) Déterminer le sens du courant électrique dans le solénoïde. Quelle est la face nord de ce dernier ?

4) Quelle est la nouvelle valeur de l'angle α quand $I=2I$?

