

Le champ magnétique créé par un courant

1biof/PC

1

Un champ magnétique se produit lorsque des charges électriques sont en mouvement. Autrement dit, seule l'électricité dynamique peut engendrer un champ magnétique; l'électricité statique en est incapable. De plus, ce champ magnétique n'existe que lorsque le courant circule. Dès que le courant cesse, le champ magnétique disparaît. Il existe donc un lien entre l'électricité et le magnétisme, ce que l'on appelle électromagnétisme.

I. Création d'un champ magnétique par un courant :

I. 1- Activité expérimentale : expérience d'Oersted

Histoire : *Grâce à la déviation de l'aiguille aimantée, il découvrit l'existence du champ magnétique créé par les courants (1820)*

a) **Manipulation :** <https://youtu.be/0jQHspTjaWI?t=68>

On place une aiguille aimantée NS à proximité d'un fil rectiligne orienté nord-sud ;

initialement alignée dans le champ magnétique terrestre horizontal.

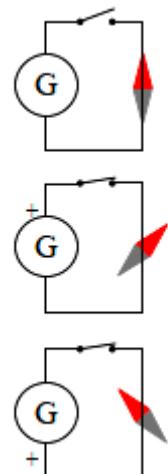
On ferme l'interrupteur ; pour faire circuler un courant continu dans le fil conducteur.

b) Observation :

- Le passage du courant fait pivoter l'aiguille sur son axe verticale.
- si on inverse le sens du courant, l'aiguille tourne de 180°
- Lorsqu'un courant électrique circule, l'aiguille tend à s'orienter perpendiculairement au conducteur .

c) Conclusion :

- Un courant électrique crée un champ magnétique au même titre qu'un aimant permanent.
- Le sens de déviation de l'aiguille aimantée dépend de sens de courant qui traverse le fil électrique.



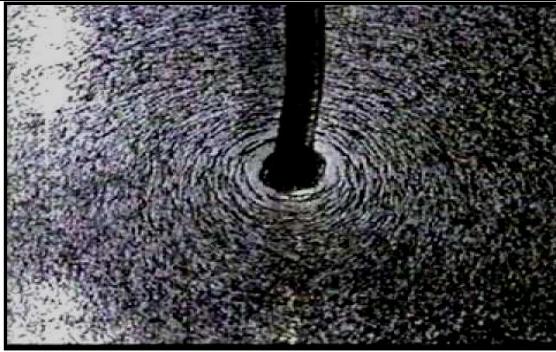
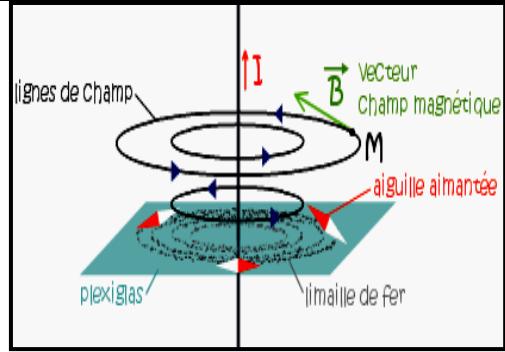
I. 2- spectre du champ magnétique d'un fil rectiligne :

a) Expérience :

Formons le spectre magnétique du champ créé par un fil rectiligne vertical parcouru par un courant. Saupoudrons de la limaille de fer dans un plan perpendiculaire au fil. Plaçons également quelques aiguilles aimantées au voisinage du fil.

b) Observation :

Le spectre magnétique fait apparaître des lignes de champ en forme de cercles centrés sur le fil. L'orientation des aiguilles aimantées s'inverse lorsque nous changeons le sens du courant .

 Spectre du champ magnétique	 Lignes du champ magnétique
--	--

1

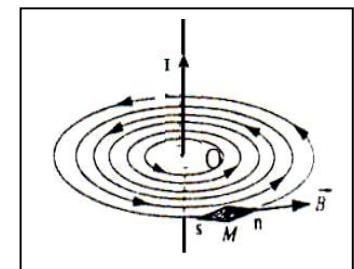
Le champ magnétique créé par un courant

c) Conclusion : Le sens du champ magnétique dépend du sens du courant.

I. 3) Caractéristiques du champ magnétique d'un fil rectiligne

Au voisinage d'un fil rectiligne électrique le vecteur champ magnétique existant dans un point M à pour caractéristiques :

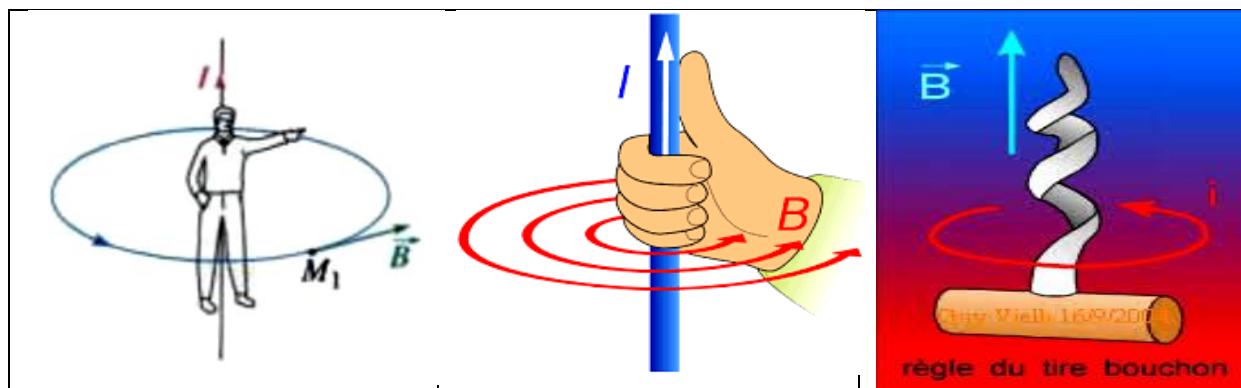
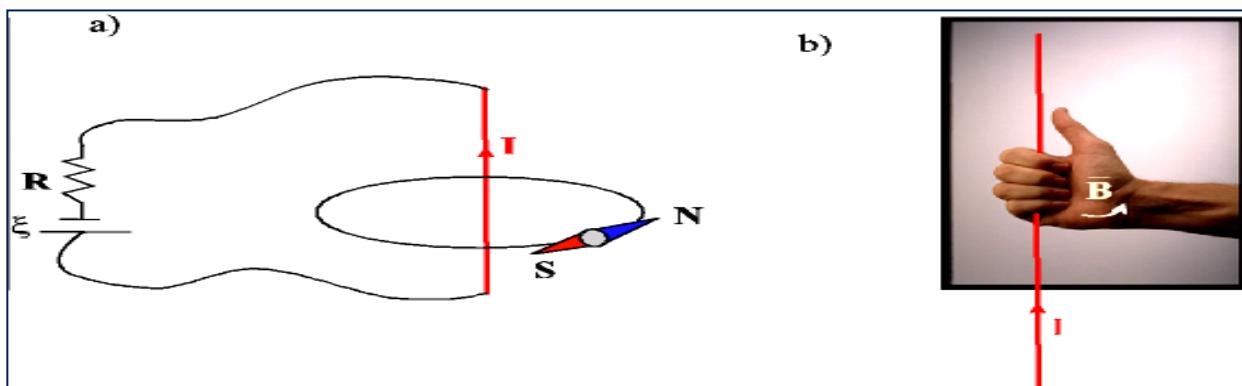
- P.A : le point M.
- L.A : tangente au cercle passante par le point M.
- Sens : Déterminer par l'une des règles suivantes :



- ✓ Règle du bonhomme d'Ampère : Un observateur est disposé le long du conducteur de façon que le courant électrique circule de ses pieds vers sa tête. Il regarde un point M de l'espace. En ce point le champ magnétique est orienté vers sa gauche.
- ✓ Règle de la main droite : Lorsque la paume de la main droite est tournée vers le point M, les doigts étant le long du fil et dans le sens du courant, le pouce indique le sens du champ magnétique.

Lorsque les doigts enroulent le fil dans le sens du champ magnétique, le pouce indique le sens du courant.

- ✓ Règle du tire-bouchon : Pour progresser dans le sens du courant, un tirebouchon doit tourner dans le sens du champ.



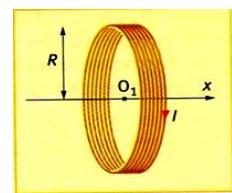
- Intensité : En un point M, le champ magnétique est proportionnel à l'intensité du courant qui le crée ; soit : $B_M = \frac{\mu_0 I}{2\pi d}$ avec $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ (SI) Permeabilité magnétique du vide

Le champ magnétique créé par un courant

II. Champ magnétique créé par une bobine plate :

1- Définition d'une bobine :

Une bobine est constituée d'un enroulement de fil conducteur sur un cylindre de rayon r .



Si L et r sont du même ordre de grandeur on a un solénoïde.

Si $L > 10r$ on a un solénoïde infini.

Si $r \gg L$ on a une bobine plate.

2-Etude de la bobine plate :

a) Expérience :

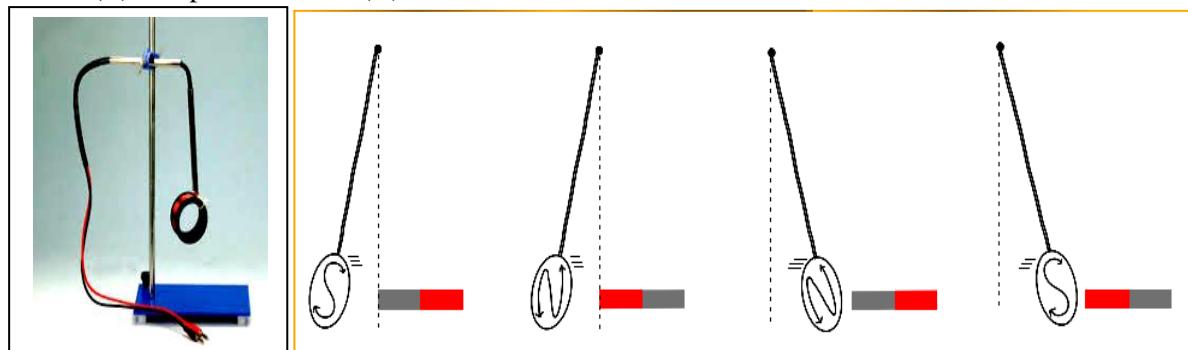
On suspend une bobine plate. On fait passer un courant dans la bobine :

On approche le pôle nord d'un aimant droit ; On constate

qu'il attire une face (A) de la bobine et repousse l'autre face (B).

On approche le pôle sud d'un aimant droit. On constate qu'il attire la face (B) de la bobine et repousse la face (A).

Si on change le sens du courant dans la bobine : le pôle nord attire la face (B) et repousse la face (A).



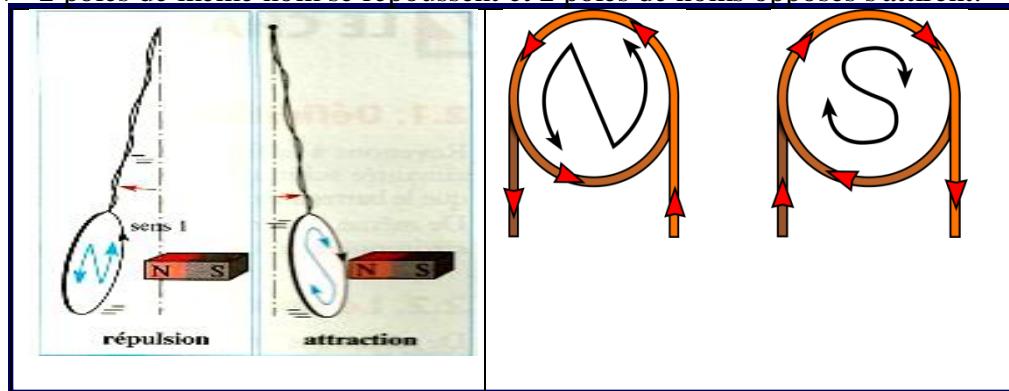
La face de la bobine attirée par le pôle nord est une face sud.

La face de la bobine attirée par le pôle sud est une face nord.

b) Conclusion :

Une bobine parcourue par un courant se comporte exactement comme un aimant dont le pôle sud serait sa face sud et le pôle nord sa face nord.

2 pôles de même nom se repoussent et 2 pôles de noms opposés s'attirent.

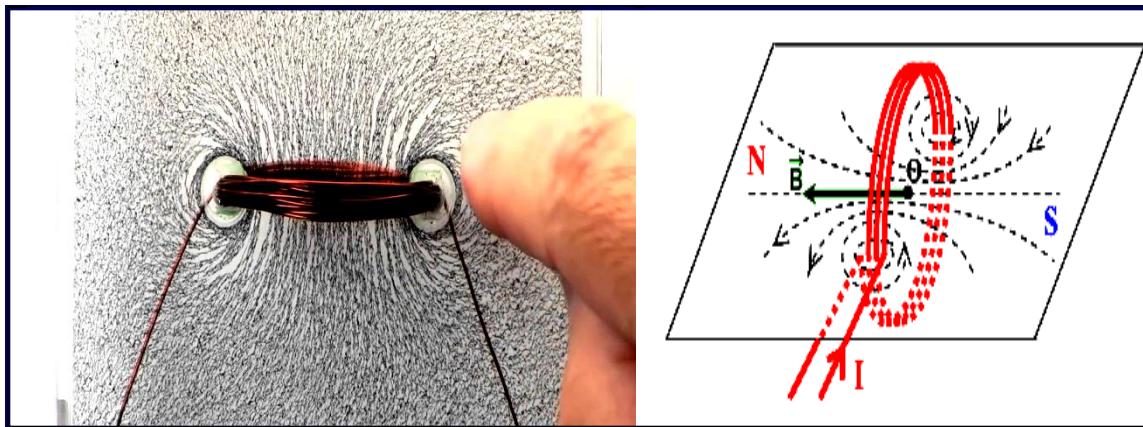


Le champ magnétique créé par un courant

II. Caractéristiques du Champ magnétique créé par une bobine plate :

1) Spectre magnétique d'une bobine parcourue par un courant :

A proximité d'une bobine plate , Le spectre magnétique peut être matérialisé dans un plan, par la limaille de fer saupoudrée sur une plaque :

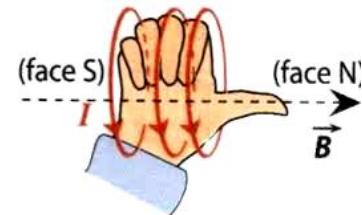


- En chaque point, il ne passe qu'une ligne de champ et le vecteur champ magnétique B est tangent à cette ligne de champ.
- Les lignes de champ sortent du solénoïde par sa face nord et y entrent par sa face sud.

II. 2) Caractéristiques du Champ magnétique créé par une bobine plate dans son centre :

Le vecteur champ magnétique à comme caractéristiques au centre d'une bobine plate de rayon R et de nombre de spires N :

- Origine : le point M centre de la bobine.
- Direction : axe de la bobine plate.
- Sens : indiquer par l'une des règles suivantes :
 - la règle de la main droite :
pouce → sens du champ magnétique index
→ s'appliquant sur les spires indique le sens du courant.
 - Règle du tire bouchon : Un tire bouchon qui tourne dans le sens du courant progresse de la face sud vers la face nord.
 - Règle de 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.
- Intensité : La valeur du vecteur champ est donnée par l'expression : $B(C) = \frac{\mu_0 N}{2R} I$



La règle de la main droite

Remarque: La valeur du champ créé par une bobine est proportionnelle à l'intensité du courant qui la traverse

Exemple : Intensité du champ magnétique créé par une bobine plate à son centre C de rayon R= 6cm et de nombre de spires N= 500spires parcourue par un courant I=6A.

$$B(C) = \frac{4\pi 10^{-7} \times 500}{2 \times 6 \cdot 10^{-2}} \times 6 = 31,4mT$$

III. Champ magnétique créé par une solénoïde :

- Objectifs :

Le champ magnétique créé par un courant

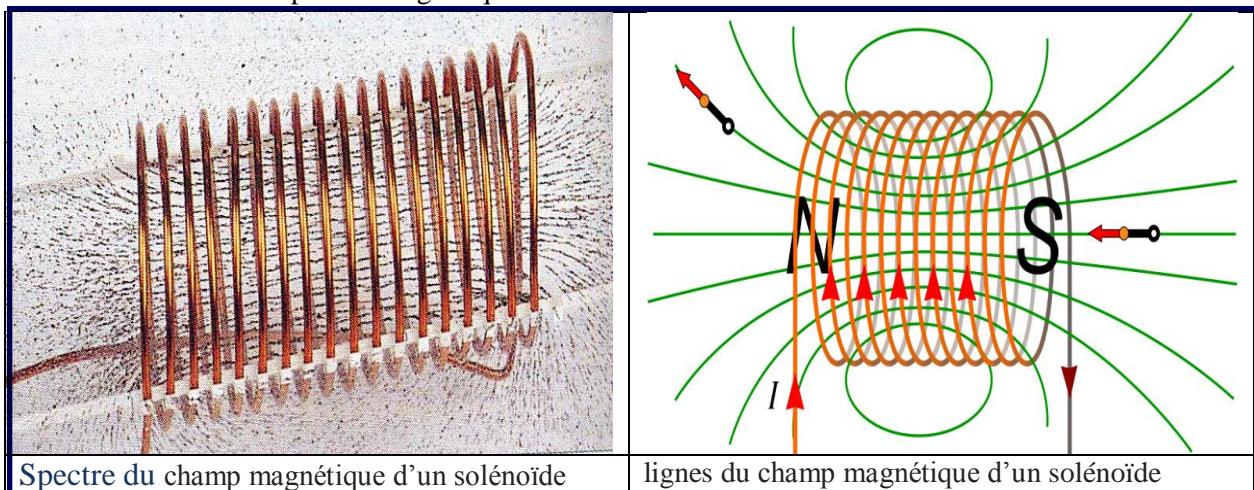
1biof/PC

5

- étudier les propriétés magnétiques des bobines ou des solénoïdes.
- Déterminer la relation entre le champ magnétique et le courant dans un solénoïde.
- Déterminer la relation entre le champ magnétique et le nombre de spires dans un solénoïde.
- Étudier comment le champ varie à l'intérieur et à l'extérieur du solénoïde.

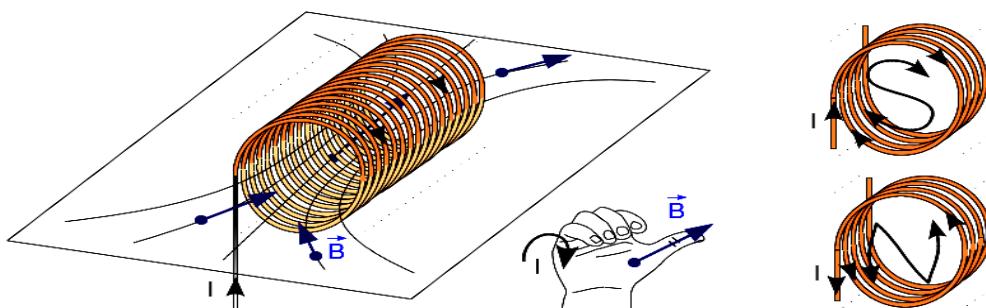
III. 1- Topographie de champs et sens du courant :

- a- Expérience : pour visualiser les lignes de champ magnétique, on dépose de la limaille de fer sur une plaque. Les grains de limaille, sous l'action d'un champ créé par le passage d'un courant électrique à travers le solénoïde, s'orientent parallèlement au champ magnétique : on obtient ainsi des spectres magnétiques.



b- Exploitation :

- Le spectre magnétique est l'ensemble des lignes de champ magnétique dans l'espace.
- Les structures obtenues expérimentalement dessinent **des lignes de champ**.
- A l'intérieur d'un solénoïde long, le vecteur champ magnétique \vec{B} est constant.
On dit que le champ magnétique est uniforme
- Une ligne de champ est une courbe tangente aux vecteurs du champ vectoriel rencontrés en tout point de son tracé.
- L'analogie des spectres du solénoïde et de l'aimant droit suggère de définir une face sud et une face nord pour le solénoïde comme pour l'aimant droit.
- Les lignes de champ sortent du solénoïde par sa face nord et y entrent par sa face sud.



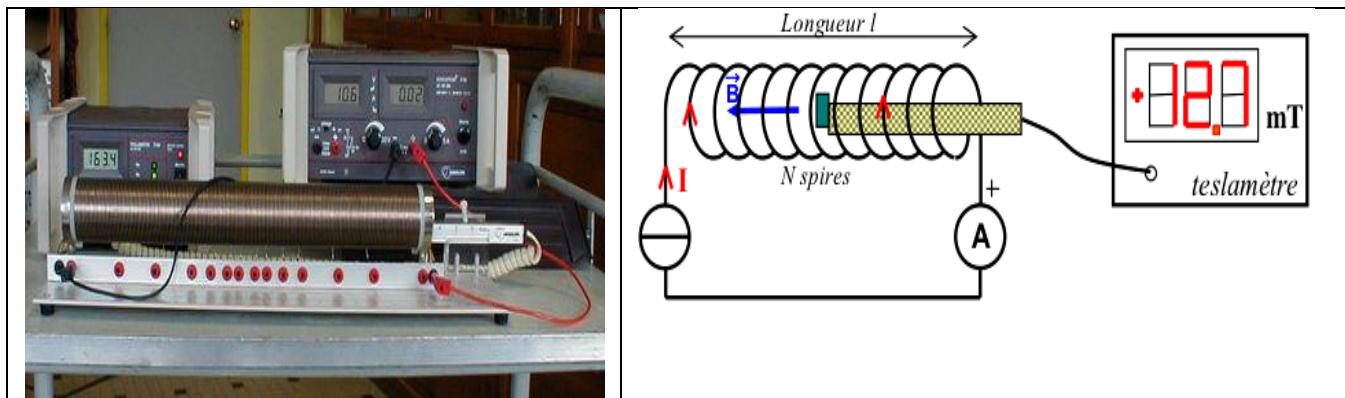
III. 2- Caractéristiques du champ magnétique au centre d'un solénoïde :

a) Valeur du champ magnétique :

5

Le champ magnétique créé par un courant

Expérience : on considère le montage de la figure suivante :
 Les propriétés de la bobine sont : longueur $\ell = 50 \text{ cm}$ et $N = 500$ ou 1000 spires sont :



A l'aide d'un teslamètre, nous allons mesurer la valeur du champ magnétique à l'intérieur du solénoïde.

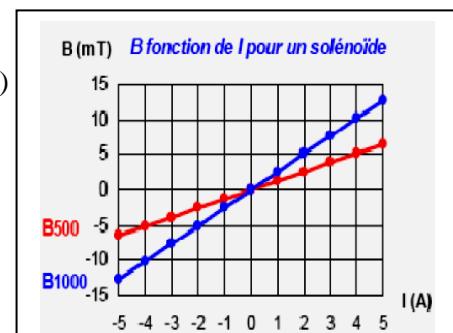
Mesurons B pour différentes valeurs de l'intensité du courant I :

$I(\text{mA})$	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
$B_C(500)$	-6,28	-5,03	-3,77	-2,51	-1,26	0,0	1,26	2,51	3,77	5,03	6,28
$B_C(1000)$	-12,57	-10,05	-7,57	-5,03	-2,51	0,0	2,51	5,03	7,57	10,05	12,57

Exploitation :

➤ La courbe qui caractérise $B=f(I)$ est une droite passante par $(0,0)$
 Donc $B=KI$ avec le coefficient de proportionnalité $K = \frac{\Delta B}{\Delta I}$

- le coefficient de proportionnalité $K = \frac{\Delta B}{\Delta I}$ ne dépend
 du rapport $n = \frac{N}{l}$. Le nombre de spires par unité de longueur
 ➤ On mesure $k \approx 1,25 \cdot 10^{-6} \text{ N}/\ell$ et la quantité $1,25 \cdot 10^{-6}$ est
 indépendante de la géométrie de la bobine.



Conclusion :

- B est proportionnel à l'intensité I du courant qui circule dans le solénoïde.
- B est proportionnel à n (nombre de spires par mètre du solénoïde).

On en déduit $B = k.n.I$. On peut montrer (voir le TP) que $k = \mu_0 = 4\pi 10^{-7} \text{ S.I.}$ (perméabilité magnétique du vide), d'où:

$B(C)$ Champ magnétique à l'intérieur du solénoïde en teslas (T)

à pour expression : $B(C) = \mu \cdot n \cdot I$

avec $\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$, perméabilité magnétique du milieu à l'intérieur du solénoïde

• μ_r perméabilité relative du milieu

si l'expérience se fait dans le vide l'expression devient : $B(C) = \mu_0 \cdot n \cdot I$

n : nombre de spires par mètre du solénoïde (spires.m^{-1}).

I: Intensité du courant circulant dans le solénoïde en ampères (A).

Remarque: $\mu_{air} = \mu_0 = 4\pi 10^{-7} \text{ S.I.}$ pour l'air $\mu_r = 1$

- b) **Conclusion :** Caractéristiques du champ magnétique au centre d'un solénoïde :

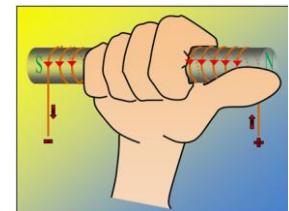
- **Origine** : centre du solénoïde.
 - **Direction** : L'axe de révolution du solénoïde du solénoïde.
 - **Sens** :
 - expérimentalement : c'est celui d'une aiguille aimantée (s vers n).
 - Théoriquement : déterminé par l'une des règles connues .

Exemple : règle de la main droite

➤ Intensité : $B(C) = \mu_0 \cdot n \cdot I$

Avec :

- $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ S.I perméabilité magnétique du vide .
 - $n = \frac{N}{l}$ Le nombre de spires par unité de longueur.
 - I est l'intensité du courant (en A).



~~~~~

## Exercice 1 :

On considère une bobine de longueur  $L = 60$  cm, de rayon  $R = 4$  cm, parcourue par un courant d'intensité  $i = 0,6$  A.

- 1) La formule du champ dans une bobine infinie est-elle valable pour déterminer le champ dans cette bobine?
  - 2) Déterminer le nombre de spires nécessaires pour obtenir un champ magnétique de 0,001 T.
  - 3) La bobine est réalisée en enroulant un fil de 1,6 mm de diamètre autour d'un cylindre en carton. Combien de couches faut-il bobiner pour obtenir le résultat précédent ?

## **Correction :**

2.  $B = \mu_0 n I$  avec  $n = N / L$  donc  $N = B L / (\mu_0 I) = 0,001 \times 0,06 / (4\pi 10^{-7} \times 0,6) = 800$  spires.  
 3. On note  $d = 1,5$  mm le diamètre du fil. On peut bobiner le long du cylindre  $N_1 = L / d$  spires.  
 On a besoin de  $N=800$  spires pour obtenir un champ de  $0,001T$ . Il faut donc utiliser  
 $N_2 = N / N_1 = N d / L = 2$  couches.

## **Exercice 2 :**

Une bobine de rayon  $r = 5,00$  cm et longueur  $L=50$  spires comporte  $N = 200$  spires régulièrement réparties.

1. Justifier pourquoi on peut assimiler cette bobine à un solénoïde.
  2. Calculer la valeur du champ magnétique (*en mT*) à l'intérieur de ce solénoïde lorsque l'intensité du courant qui le traverse vaut  $I=200$  mA.
  3. L'axe du solénoïde est placé horizontalement et perpendiculairement au méridien magnétique. On place une petite aiguille aimantée au centre du dispositif. Lorsqu'on fait passer un certain courant dans la bobine, l'aiguille dévie de  $40^\circ$  vers l'est.

**3.1.** Faire un schéma clair de la situation : préciser en particulier le sens du courant et les 4 points cardinaux : Sud, Nord, Est, Ouest.

**3.2.** Calculer l'intensité du courant parcourant le solénoïde.  
On rappelle que  $B_H = 2 \cdot 10^{-5}$  T