

Chapitre 8: Champ magnétique

I- Champ magnétique.

1- Les aimants :

- Un **aimant** est un corps capable d'attirer le fer, le nickel, le cobalt et certains alliages contenant le fer (comme l'acier); ces corps sont appelés corps ferromagnétiques.

On distingue les aimants en U et les barreaux aimantés :



- Chaque aimant possède un pôle **nord (N)** et un pôle **sud (S)**,
- Un **aimant** exerce une action à distance sur un autre aimant, l'expérience montre que les pôles de l'aimant de **même nom** se **repoussent** ($S \leftarrow \rightarrow S$) et ($N \leftarrow \rightarrow N$), alors que les pôles de **noms différents** ($S \rightarrow \leftarrow N$) **s'attirent**.

2- Mise en évidence du champ magnétique :

2.1- Détection d'un champ magnétique

- ➔ Un aimant ou un conducteur parcouru par un courant agit à distance sur tout autre aimant.
- ➔ Il modifie les propriétés de l'espace qui l'environne. On dit qu'il produit un champ magnétique.
- ➔ Pour détecter ce champ magnétique, on utilise le plus souvent une aiguille aimantée, qui subit un couple de forces qui l'oriente.
- ➔ Elle donne l'orientation du champ magnétique.



2.2- Représentation du champ magnétique :

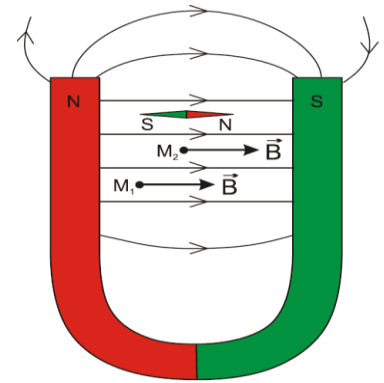
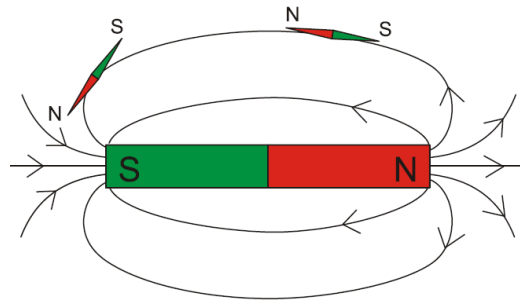
- ❖ Lorsqu'on pose une aiguille aimantée pouvant osciller autour d'un axe vertical, dans un point où règne un champ magnétique noté $\vec{B}$, elle s'oriente suivant une direction et un sens déterminés.
- ❖ Le vecteur champ magnétique $\vec{B}$ en un point M de l'espace, a les propriétés mathématiques d'un vecteur :

Champ magnétique	Point d'application : le point M
$\vec{B}$	Direction : celle prise par l'aiguille aimantée placée en M
	Sens : celui indiqué par le pôle nord de l'aiguille aimantée (de pôle sud vers le pôle nord de l'aiguille)
	Intensité : mesuré par Tesla-mètre (T)

3- Spectre magnétique et lignes de champ magnétique :

- Pour visualiser le spectre magnétique d'un aimant, on utilise de la limaille de fer.
- En présence de l'aimant, les grains de limaille de fer se comportent comme autant d'aiguilles aimantées qui s'orientent sous l'action du champ magnétique.

- Elles s'orientent et dessinent des lignes, appelées lignes de champ.
- L'ensemble des lignes de champ donne le spectre magnétique



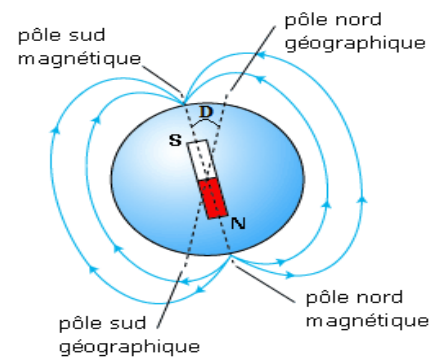
REMARQUE :

- Plus les lignes sont denses, plus B est important.
- Un champ magnétique est uniforme dans une région de l'espace, si le vecteur champ magnétique a les mêmes caractéristiques (directions, sens et valeur) en tout point de cette région.
- Un champ magnétique est uniforme dans une région de l'espace, si le vecteur champ magnétique a les mêmes caractéristiques (directions, sens et valeur) en tout point de cette région.
- Lorsqu'on est en présence de plusieurs sources de champs magnétiques distinctes, les champs magnétiques se superposent en somme vectorielle.

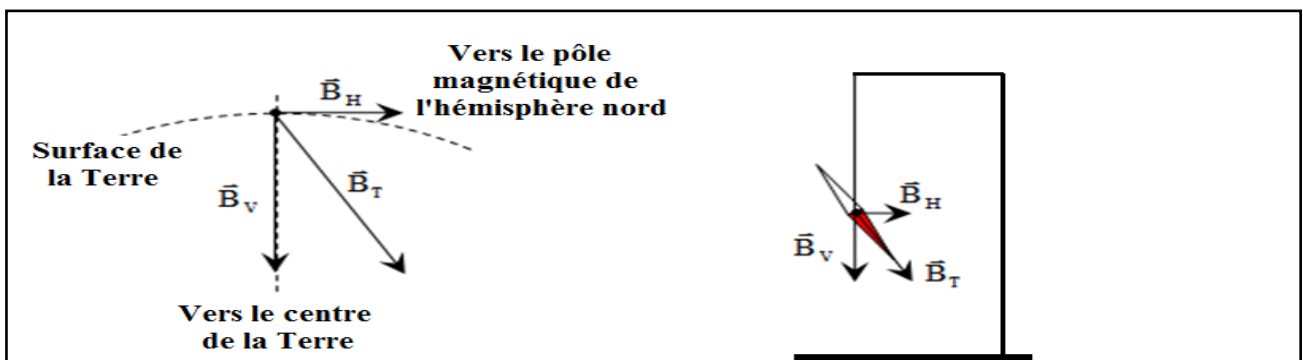
4- Le champ magnétique terrestre

Plaçons plusieurs boussoles (ou aiguilles aimantées) dans une région de l'espace loin de toute source apparente de champ magnétique. Nous constatons qu'elles s'orientent toutes suivant la même direction. Cette orientation particulière est due à la présence dans l'espace d'un **champ magnétique**, c'est le champ **magnétique terrestre** $\vec{B}_T$.

- Le **champ magnétique terrestre** peut être considéré comme le champ créé par un aimant droit placé au centre de la Terre.
- Le champ **magnétique terrestre** en un point M est la résultante de **deux composantes**:
 - $\vec{B}_H$: Composante **horizontale** du champ magnétique terrestre au point M .
 - $\vec{B}_V$: Composante **verticale** du champ magnétique terrestre au point M .



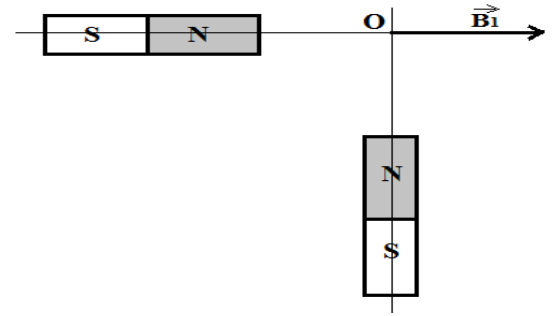
$$\vec{B}_T = \vec{B}_H + \vec{B}_V \quad ; \quad B_H = B_T \cdot \cos(\hat{I})$$



L'angle formé par $\vec{B}_T$ et $\vec{B}_H$ est appelé « inclinaison I ». Il augmente lorsque l'on se rapproche des pôles en tendant vers 90° .

✚ Exercice d'application 1:

Une aiguille dont le centre O est placé sur l'axe de l'aimant 1 s'aligne sur cet axe suivant le vecteur $\vec{B}_1$ de valeur 5,0 mT. On place l'aimant 2 comme c'est montré sur la figure : l'aiguille tourne dans le sens contraire des aiguilles d'une montre d'un angle $\alpha = 24^\circ$



Déterminer les caractéristiques du champ magnétique $\vec{B}_2$ créé en O par l'aimant 2 ainsi que les caractéristiques du champ magnétique résultant $\vec{B}_T$.

✚ Exercice d'application 2:

Deux aimants droits sont placés perpendiculairement l'un à l'autre à la même distance du point M, comme l'indique la figure ci-contre.

1) Sachant que $B_1 = 4.10^{-3}$ T et $B_2 = 3.10^{-3}$ T, représenter à l'échelle : 2.10^{-3} T $\rightarrow$ 1 cm,

a. $\vec{B}_1$ Le vecteur champ magnétique créé par l'aimant A₁ au point M.

b. $\vec{B}_2$ Le vecteur champ magnétique créé par l'aimant A₂ au point M.

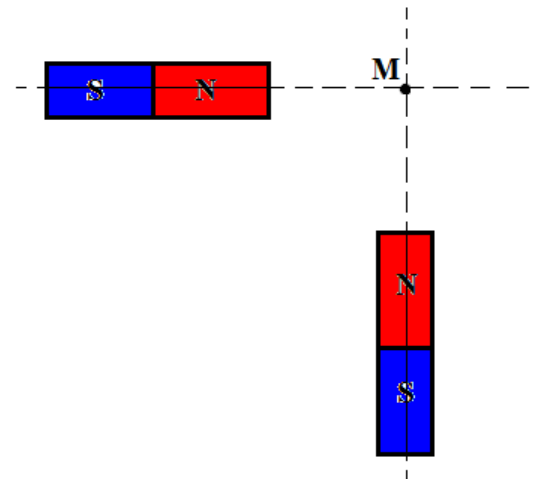
2) a. Exprimer le vecteur champ magnétique résultant $\vec{B}$ en fonction de $\vec{B}_1$ et $\vec{B}_2$, représenter $\vec{B}$

b. Schématiser l'aiguille aimantée placée au point M.

c. Déterminer graphiquement et par calcul la valeur du champ magnétique B résultant

d. Déterminer la valeur de l'angle $\alpha = (\vec{B}_1, \vec{B}_2)$

3) On enlève l'aimant A₂. Est-ce que l'angle α augmente, diminue ou reste constant ? Justifier.

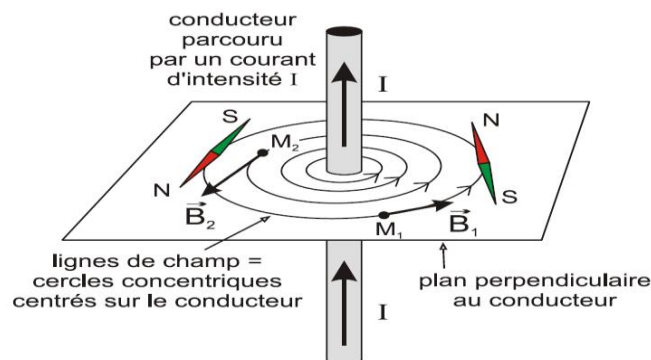


II- Le champ magnétique créé par un courant électrique

1- Champ magnétique créé par un conducteur rectiligne

1.1- Spectre de champ magnétique d'un conducteur rectiligne

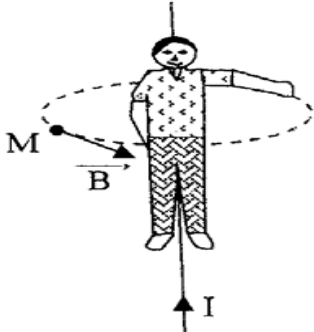
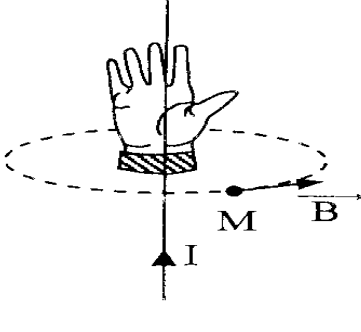
Le spectre magnétique d'un conducteur rectiligne, elle montre que les lignes de champ situées dans un plan perpendiculaire au conducteur sont des cercles concentriques centrés sur l'axe de conducteur.



1.2- Sens du vecteur champ magnétique

Le sens du vecteur champ magnétique $\vec{B}$ dépend du sens du courant électrique dans le fil.

Pour déterminer **le sens de vecteur champ magnétique** $\vec{B}$ on utilise l'une des règles d'orientation de l'espace suivantes :

Règle de l'observateur d'Ampère	Règle de la main droite
On considère qu'un observateur placé sur le fil, où le courant entrant par ses pieds et sortant par sa tête, lorsque cet observateur regarde le point M , son bras gauche indique le sens de vecteur du champ magnétique à ce point $B^{\rightarrow}(M)$.	On Place la main droite sur le conducteur de sorte que sa paume soit dirigée vers le point M , et le courant électrique sort du bout des doigts , dans ce cas le pouce , en s'éloignant des doigts, il indique le sens de vecteur du champ magnétique à ce point $B^{\rightarrow}(M)$
	

1.3- Intensité du champ magnétique créée par un conducteur rectiligne :

Un fil rectiligne de longueur infinie parcouru par un courant électrique d'intensité I , crée en son voisinage un champ magnétique $\vec{B}$ de caractéristiques suivantes en un point M de l'espace :

- **Origine** : Le point M ;
- **Direction** : orthogonale au plan contenant le point M et le fil rectiligne ;
- **Sens** : donné par les règles d'orientation (tableau de la page précédente) ;
- **Intensité** :

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \text{ Tel que :}$$

μ_0 : Perméabilité magnétique du vide (ou de l'air), $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T.m.A}^{-1}$;

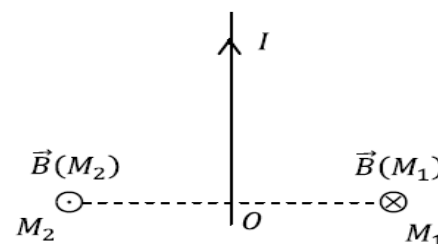
I : Intensité du courant ;

$r=OM$: Distance du point M au fil.

L'intensité B du champ, augmente avec l'intensité I de courant et diminue avec la distance $r = OM$ au conducteur.

❖ REMARQUE : Représentation de $\vec{B}$ dans un espace à deux dimensions :

- ⊙ : Le vecteur est orthogonal au plan de la feuille et sort de la feuille
- ⊗ : Le vecteur est orthogonal au plan de la feuille et rentre dans la feuille



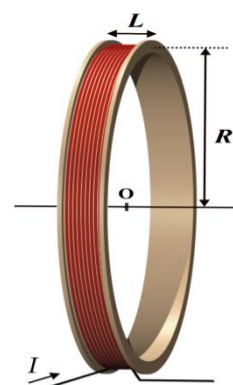
2- Champ magnétique créée par une bobine plate :

2.1- Définition

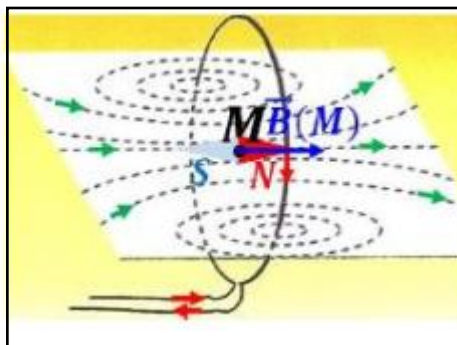
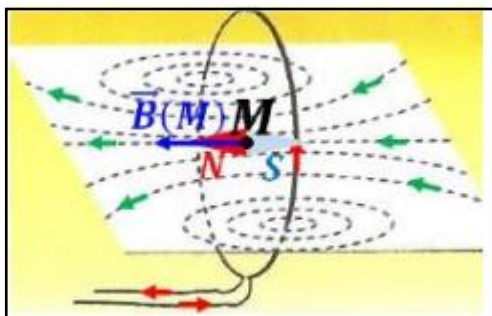
Une bobine plate est constituée d'un enroulement de fil conducteur sur un cylindre isolant dont le rayon R est supérieur à sa longueur L .

2.2- Spectre magnétique et lignes du champ magnétique

Les lignes du champ magnétique sont des cercles au voisinage des conducteurs situés dans un plan perpendiculaire à la bobine. Elles se déforment pour tendre à devenir rectilignes à mesure qu'elles se rapprochent de l'axe de la spire. Les lignes de champs

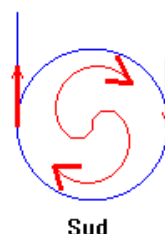
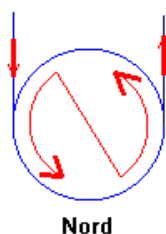
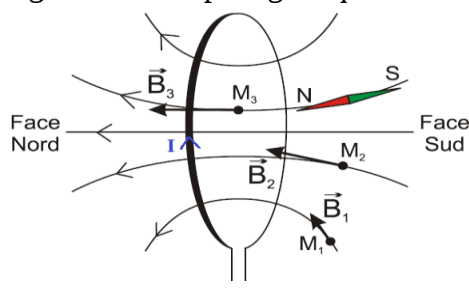


magnétiques sortent par une face, appelée face nord et rentrent par l'autre face appelée face sud.



REMARQUE :

- ➔ Le pôle sud d'une bobine étant la face devant laquelle il faut se placer pour « voir » le courant tourner dans le sens des aiguilles d'une montre. Dans le cas contraire, on se trouve devant le pôle nord.
- ➔ Comme c'est le cas d'une aiguille aimantée, le sens du vecteur champ magnétique $\vec{B}$ au centre d'une bobine est orienté de pôle sud (face sud) vers le pôle nord (face Nord) de la bobine. Ainsi, les lignes du champ magnétique sont orientées dans le même sens que $\vec{B}$.



2.3- Intensité du champ magnétique au centre de la bobine plate :

La valeur du vecteur champ magnétique au centre d'une bobine de rayon R (en mètre) et d'un nombre N de spires est donnée par la relation suivante : $B = \frac{\mu_0}{2} \cdot \frac{N \cdot I}{R}$

3- Champ magnétique d'un solénoïde

3.1- Définition

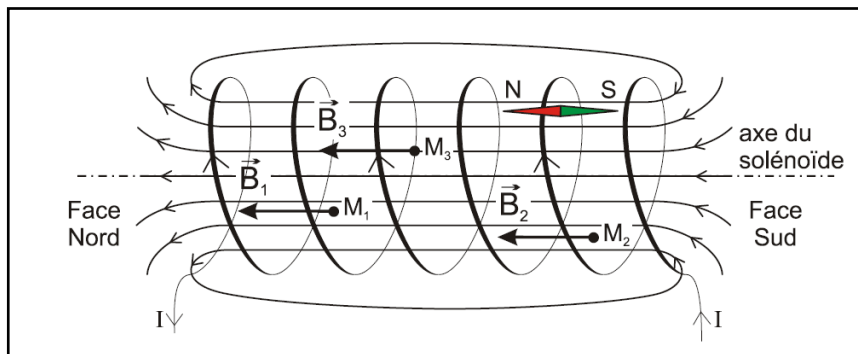
Un solénoïde s'obtient en enroulant régulièrement en hélice un fil conducteur sur un cylindre isolant de grande longueur par rapport à son rayon.

- Si L et R sont du même ordre de grandeur, on a un solénoïde.
- Si $L > 10 R$, on obtient un solénoïde infini.



3.2- Spectre magnétique et lignes du champ magnétique

Dans la partie centrale d'un solénoïde, le spectre intérieur est celui d'un champ magnétique uniforme. Alors que le spectre extérieur est semblable à celui d'un barreau aimanté (aimant droit, voir chapitre précédent).



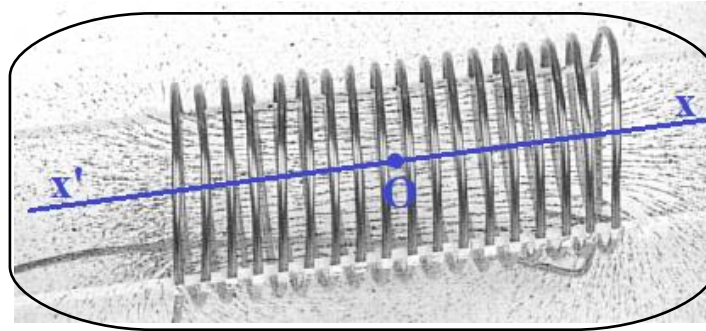
3.3- Intensité du champ magnétique

A l'intérieur d'un solénoïde de longueur L , ayant N spires et parcouru par un courant d'intensité I , le champ magnétique $\vec{B}$ est uniforme et a pour valeur :

$$B = \mu_0 \cdot n \cdot I = \mu_0 \cdot \frac{N}{L} \cdot I \quad \text{Avec: } n = \frac{N}{L} : \text{Représente nombre de spires par mètre}$$

✚ Exercice d'application 3 :

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 $I'=2I$?

✚ Exercice d'application 4 :

On considère un long conducteur rectiligne parcouru par un courant électrique d'intensité $I=12\text{A}$

1. Représenter le vecteur champ magnétique créé par le conducteur au point M .
2. Calculer B l'intensité du champ magnétique créé par le conducteur au point M .

On donne $d=3\text{cm}$.

✚ Exercice d'application 5 :

Une bobine plate de diamètre $D=10\text{cm}$ et de nombre de spire $N=150$, parcouru par un courant d'intensité $I=10\text{A}$.

1. Représenter sur la figure au point O : $\vec{B}$ le vecteur du champ magnétique.
2. Calculer l'intensité du champ magnétique créée par le courant électrique traversant la bobine plate au point O .
3. Préciser la nature de la face visuelle (nord ou sud) de la bobine plate.
4. Calculer le rayon de la bobine satisfait pour que le champ magnétique ait une intensité égale à $0,2\text{mT}$.

