

# Champ magnétique créé par des courants

Un aimant crée un champ magnétique dans son voisinage.

Une aiguille aimantée s'oriente, (placée dans une zone ne contenant ni aimant, ni circuit électrique) dans le champ magnétique terrestre : l'extrémité qui pointe vers le nord est appelé pôle nord.

Les grains de limaille de fer se comportant comme de petites boussoles, s'alignent selon des courbes appelées lignes de champ. L'ensemble des lignes de champ constituent le spectre magnétique de l'aimant.

Un fil parcouru par un courant électrique se comporte comme un aimant. Il crée un champ magnétique.

Le champ magnétique est représenté par un vecteur, tangent aux lignes de champ.

A l'extérieur de l'aimant, les lignes de champ sont orientées du pôle nord vers le pôle sud.

## Superposition de champs magnétiques :

Le champ résultant est égal à la somme vectorielle des champs créés par chaque aimant au point M

## Champ magnétique créé par un courant

La valeur du champ est proportionnelle à l'intensité  $I$  du courant électrique parcourant le fil. La constante de proportionnalité dépend de la géométrie du circuit électrique

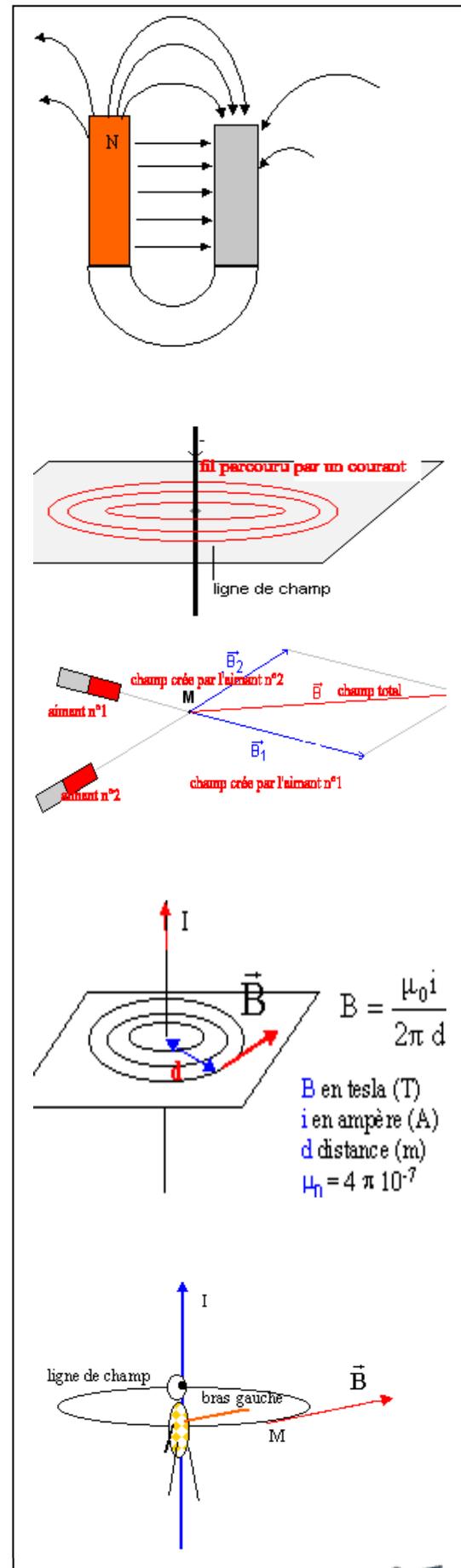
### 1. Fil rectiligne

Les lignes de champ sont des cercles concentriques.

### Règle du bonhomme d'Ampère:

L'observateur d'Ampère placé sur le fil, le courant entrant par ses pieds et sortant par sa tête, regarde le point M, son bras gauche indique le sens du champ.

### 2. Bobine plate



Sur l'axe de la bobine, le champ magnétique est perpendiculaire au plan de la bobine.

Sens du champ:

L'observateur 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.

3 . **Bobine longue** ou solénoïde

à l'intérieur le champ magnétique est uniforme (lignes de champ parallèles et valeur du champ constante)

Champ magnétique terrestre

Le champ magnétique terrestre est la résultante de deux composantes:

$B_H$ : composante horizontale du champ magnétique terrestre au point M.

$B_V$ : composante verticale du champ magnétique terrestre au point M.

à Paris  $i = 64^\circ$  et  $B = 4,7 \cdot 10^{-5} T$ .

$$B_H = B \cos(i)$$

$$B_H = 4,7 \cdot 10^{-5} \cos(64)$$

$$B_H = 2,0 \cdot 10^{-5} T$$

Le teslamètre donne la valeur du champ magnétique : sonde de mesure ( sonde de Hall ) reliée à un dispositif électronique avec afficheur de la valeur du champ ( mT)

Schéma électrique permettant de montrer l'influence de l'intensité du courant électrique qui circule dans le solénoïde sur la valeur du champ magnétique créé.

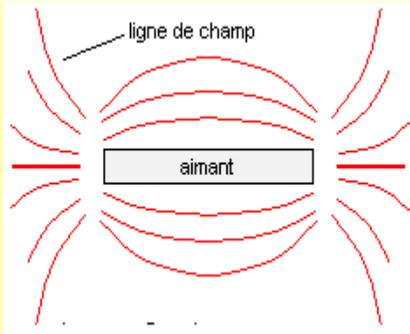
$B = \frac{\mu_0 N i}{2R}$

B en tesla (T)  
i en ampère (A)  
R rayon (m)  
 $\mu_0 = 4 \pi \cdot 10^{-7}$   
N nombre de spire

$B = \frac{\mu_0 N i}{L}$

B en tesla (T)  
i en ampère (A)  
L longueur (m)  
 $\mu_0 = 4 \pi \cdot 10^{-7}$   
N nombre de spires

solénoïde  
sonde du teslamètre  
générateur  
N  
COM  
A  
ampèremètre  
rhéostat



champ magnétique (T)

dépend du sens du courant

proportionnelle à l'intensité (A)

proportionnelle au nombre de spires par mètre

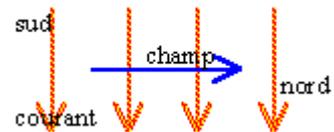
champ uniforme à l'intérieur d'une bobine longue ou solénoïde

$$4\pi \cdot 10^{-7} n I$$

champ uniforme:

le vecteur champ est un vecteur constant

les lignes de champ sont parallèles



### exercice 1

### champ magnétique d'un solénoïde

Une bobine, de longueur 50 cm, comportant 1000 spires de diamètre 4 cm est parcourue par un courant de 300 mA.  $\mu_0=4\pi \cdot 10^{-7}$ . Le champ magnétique à l'intérieur de la bobine est:

7,5 mT ; 75 $\mu$ T ; 0,75 mT ; 1,5 mT ; 3 mT

corrigé

$$B=4\pi \cdot 10^{-7} n I$$

$$I=0,3 \text{ A}$$

$$n=1000 / 0,5=2000$$

0,75 mT

### exercice 2

### somme de 2 champs magnétiques

Composante horizontale du champ magnétique terrestre  $B_H=2 \cdot 10^{-5}$  T. et  $\mu_0=4\pi \cdot 10^{-7}$  SI

Les 2 propositions suivantes sont équivalentes: le vecteur champ magnétique est un vecteur constant et le champ magnétique est uniforme (répondre vrai ou faux)

On fabrique un solénoïde à spires jointives en enroulant une seule couche d'un fil conducteur isolé. le diamètre extérieur du fil est égal à d. On fait circuler dans le fil un courant continu



d'intensité  $I$ . A l'intérieur du solénoïde règne un champ magnétique dont la valeur est  $4\pi \cdot 10^{-7} I / d$

Un solénoïde de 500 spires jointives de rayon  $R=2$  cm, mesure 20 cm de long. En son centre est placée un petite aiguille aimantée. L'axe du solénoïde est horizontal, l'aiguille peut tourner dans un plan horizontal. Le solénoïde est parcouru par un courant d'intensité  $I$ . On fait passer un courant d'intensité 3,7 mA, l'aiguille tourne d'un angle de  $30^\circ$ .

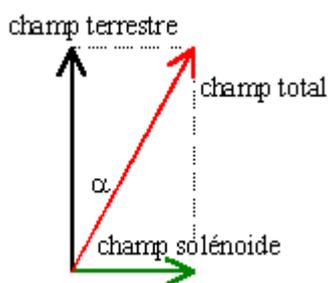
On recommence l'expérience avec deux solénoïdes ayant les mêmes caractéristiques, placés en série et bout à bout ; l'aiguille aimantée tourne d'un angle supérieur à  $30^\circ$ .

### corrigé

**vrai** Un champ de vecteurs est uniforme si les lignes de champ sont parallèles et si la norme du champ est constante. entre les branches d'un aimant en forme de U, dans la région centrale d'un solénoïde parcouru par un courant continu, le champ magnétique est uniforme.

**faux** Le champ est proportionnel à l'intensité et au nombre de spires par mètre.

**vrai** Le champ magnétique crée par le courant est  $4\pi \cdot 10^{-7} * 3,7 \cdot 10^{-3} * 500 / 0,2 = 1,16 \cdot 10^{-5} \text{ T}$



$$\tan(\alpha) = 1,16 / 2$$

$$\alpha = 30^\circ$$

Si l'intensité dans le circuit est égale à 3,7 mA, deux solénoïdes créent un champ plus intense (**vrai**)

Par contre si la tension aux bornes des 2 bobines est constante, alors l'intensité est divisée par deux (la résistance du circuit double) **faux**

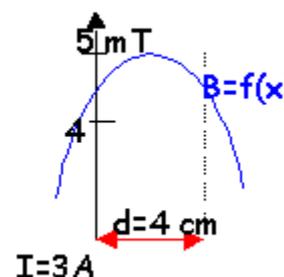
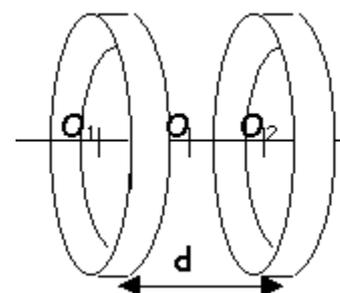
### exercice 3

### bobines de Helmholtz- champ magnétique uniforme

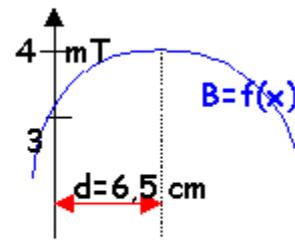
Deux bobines circulaires coaxiales de rayon  $R=6,5$  cm sont parcourues par un courant d'intensité  $I=3$  A. Chaque bobine compte  $N=100$  spires. On cherche à obtenir en O, milieu de  $O_1O_2$  un champ magnétique uniforme.

1. Le courant dans les deux bobines a-t-il le même sens ?
2. Comparer  $d$  et le rayon  $R$  des bobines lorsque le champ est uniforme en O.
3. Quelle est la bonne expression de B champ magnétique crée en O ( $k$  est sans unité ;  $\mu_0 = \text{T m A}^{-1}$ )

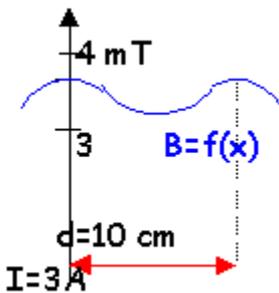
$k\mu_0 N / (RI)$	$k\mu_0 NI / R$
$k\mu_0 NIR$	



4. Calculer B si  $k=0,71$



$I=3A$



$I=3A$

### corrigé

Les courants doivent avoir le même sens: dans ce cas les champs magnétiques créés par les bobines en O s'ajoutent. Avec des courants de sens contraire les champs en O vont s'annuler.

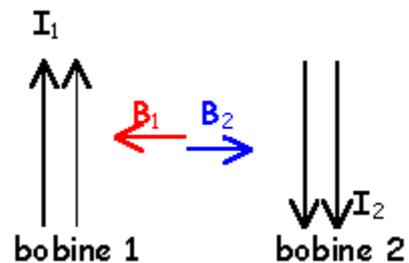
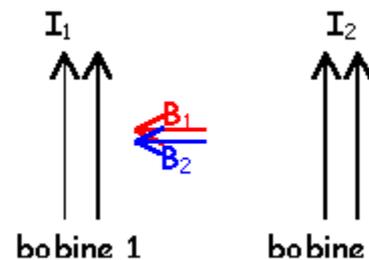
La distance  $d$  doit avoir une valeur voisine du rayon  $R$  des bobines.

B est en tesla T ;  $\mu_0$  est en  $T m A^{-1}$

il faut donc multiplier  $\mu_0$  par des ampères et divisé par une longueur  $k\mu_0NI / R$

Calcul de B

$$0,71 * 100 * 3 * 4\pi 10^{-7} / 6,5 \cdot 10^{-2} = \underline{4,1 \text{ mT}}$$



### exercice 4

$(1+\varepsilon)^{-\alpha}$  voisin de  $1-\alpha\varepsilon$  si  $\varepsilon$  est petit devant 1

En ne faisant aucune approximation, la valeur du champ magnétique créée au centre d'une bobine de longueur  $L$ , de diamètre  $d$  et contenant  $N$  spires circulaires parcourues par un courant d'intensité  $I$ , est:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{\sqrt{L^2 + d^2}}$$

1. A quelle condition cette relation peut-elle être assimilée à celle donnée dans le cours?
2. Quelle valeur minimale le rapport L/d doit-il prendre si l'on veut assimiler les deux relations avec une précision supérieure à 1%? à 1 pour mille?

corrigé

Si la longueur de la bobine est très supérieure à son diamètre alors on peut négliger  $d^2$  devant  $L^2$  et on retrouve la formule du cours.

$$B = \frac{\mu_0 NI}{\sqrt{L^2 + d^2}} = \frac{\mu_0 NI}{L \sqrt{1 + \frac{d^2}{L^2}}} = \mu_0 \frac{N}{L} I \left(1 + \frac{d^2}{L^2}\right)^{-0.5} \approx \mu_0 \frac{N}{L} I \left(1 - \frac{d^2}{2L^2}\right)$$

écart à la formule habituelle :  $d^2 / (2L^2)$  inférieur à 0,01

$d/L$  inférieur à racine carrée (0,02 ) soit 0,14.

$d^2 / (2L^2)$  inférieur à 0,001

$d/L$  inférieur à racine carrée (0,002 ) soit 0,045

**exercice 5** : Une petite aiguille aimantée tournant librement autour d'un axe vertical est placée au centre O d'un long solénoïde également mobile autour d'un axe vertical passant par O. L'axe xx' du solénoïde est initialement perpendiculaire à l'aiguille aimantée.

On fait passer un courant d'intensité constante  $I = 0,25$  A dans le solénoïde ( $n = 100$  spires / mètre).

- Déterminer le champ créé par le solénoïde.
- Déterminer l'angle  $\alpha$  dont tourne l'aiguille aimantée. (composante horizontale du champ terrestre  $2 \cdot 10^{-5}$  T)
- Déterminer l'angle  $\beta$ , dont il faut faire tourner la bobine pour que l'aiguille aimantée tourne de  $90^\circ$ .

corrigé :

l'aiguille aimantée s'oriente suivant la somme vectorielle des champs magnétiques.

vecteur champ créé par la bobine en son centre :

direction : colinéaire à l'axe du solénoïde

sens : donné par la règle de l'observateur d'Ampère

norme :  $4 \pi 10^{-7} nI = 4 * 3,14 10^{-7} * 100 * 0,25 = \underline{3,14 10^{-5} \text{ T}}$ .

$\tan \alpha = 3,14 10^{-5} / 2 10^{-5} = 3,14 / 2 = 1,57$  d'où  $\alpha = \underline{57,5^\circ}$ .

$\sin \beta = 2 10^{-5} / 3,14 10^{-5} = 2 / 3,14 = 0,637$

$\underline{\beta = 39,5^\circ}$ .