CHAPITRE P_6 CHAMP MAGNETIQUE

1 On approche le pôle Nord d'un aimant droit d'axe Δ' du pôle Sud d'un aimant droit identique d'axe Δ repéré par X'X. Les axes Δ et Δ' se coupent au point M, distant de 10 cm de chacun des pôles considérés. L'angle entre les axes Δ et Δ' est α (fig.). L'intensité du champ magnétique créé par chaque aimant au point M est B = 0,01 T.

a. Déterminer les caractéristiques (intensité, sens, direction par rapport à X'X) du champ magnétique résultant au point M.

b. Faire l'application numérique pour α = 0°, 30°, 45°, 60°, 90°.

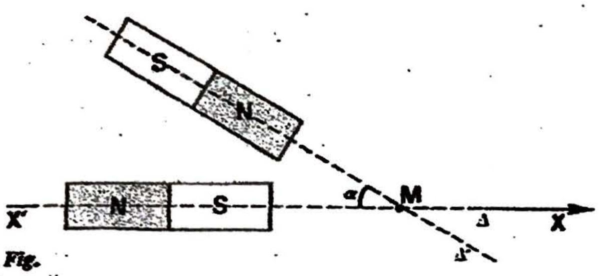


Fig.

2 Une aiguille aimantée de centre O, mobile autour d'un axe vertical, est placée en un point du champ magnétique terrestre dont la composante horizontale est $B_H = 2\cdot10^{-5}$ T.

a. On superpose au champ terrestre le champ magnétique créé par un aimant droit. L'axe Δ de l'aimant, perpendiculaire à la direction initiale de l'aiguille, est horizontal et passe par O (fig.). Le pôle N de l'aimant droit est à la distance d de O. L'aiguille aimantée tourne d'un angle de 60°.

— Dans quel sens l'aiguille tourne-t-elle?

— Donner la valeur de l'intensité B du champ créé en O par l'aimant.

b. On fait alors tourner l'axe Δ de l'aimant, dans le plan horizontal, d'un angle $\theta = 60°$, le pôle N restant à la même distance d de O qu'en a. De quel angle l'aiguille aimantée tourne-t-elle?

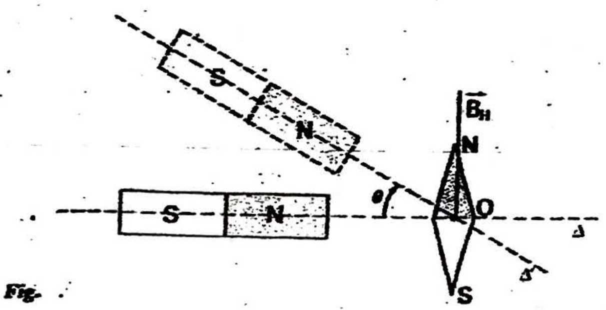


Fig.

3 A B.C Détermination du champ terrestre. Une petite aiguille aimantée, de centre O, libre de tourner sans frottement dans un plan horizontal autour d'un axe vertical s'oriente parallèlement à la composante $\vec{B}_H$ du champ magnétique terrestre.

On se propose de déterminer la valeur de cette composante.

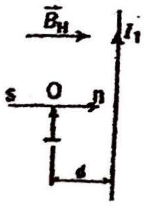
a. Dans une première expérience le centre O de l'aiguille est placé à une distance $d = 5$ cm d'un conducteur de cuivre rectiligne vertical très long de telle sorte qu'en l'absence de courant dans le fil; l'aiguille et le fil soient dans un même plan vertical, le pôle nord de l'aiguille étant dirigé vers le fil, l'axe de rotation de l'aiguille étant toujours vertical (figure a).

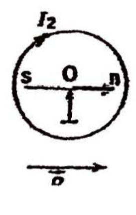
Pour un fil vertical parcouru par un courant ascendant, le sens du champ est le sens trigonométrique. Sa valeur est $B = 2\times10^{-7}\frac{I}{d}$.

On fait passer dans le fil un courant ascendant d'intensité $I_1 = 5$ A. L'aiguille tourne de 45°.

Représenter, vue de dessus, cette expérience par un schéma où figureront le fil, le sens du courant, les vecteurs champs magnétiques et l'aiguille.

Calculer B_H.





b. Dans une deuxième expérience, le centre O de l'aiguille est placé au centre d'un solénoïde d'axe horizontal, l'axe de rotation de l'aiguille étant toujours vertical.

En l'absence de courant dans le solénoïde, l'axe de celui-ci est perpendiculaire à l'aiguille (figure b).

Ce solénoïde, comportant 1 600 spires par mètre de longueur, est parcouru par un courant d'intensité $I_2 = 10$ mA. L'aiguille dévie également de 45°.

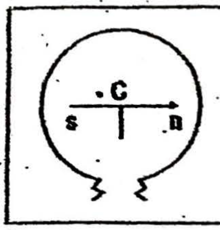
Représenter, vue de dessus, cette expérience par un schéma, où figureront le solénoïde, le sens du courant, les vecteurs champs magnétiques et l'aiguille.

Montrer que cette expérience confirme le résultat obtenu précédemment.

4 A B.C Étude du champ d'une bobine plate. On dispose une bobine plate, parallèlement au plan du méridien magnétique. Au centre C de cette bobine, une petite aiguille aimantée, mobile autour d'un axe vertical (figure), se déplace au dessus d'un cadran horizontal gradué en degrés.

En l'absence de courant dans le circuit, l'aiguille se trouve dans le plan du méridien magnétique, en face de la graduation zéro.

Lorsque le circuit est parcouru par un courant, il crée en son centre C un champ magnétique $\vec{B}$, perpendiculaire au plan du circuit et de valeur B; on observe alors une rotation de l'aiguille qui s'immobilise devant la graduation α.



a. Représenter les vecteurs caractérisant les champs magnétiques qui agissent sur l'aiguille (préciser le sens du courant dans la bobine et le plan de figure choisis).

Indiquer sur ce schéma l'orientation de l'aiguille.

Exprimer la tangente de l'angle α (tan α) en fonction de B et B_H, B_H étant la valeur de la composante horizontale du champ magnétique terrestre.

b. On fait varier l'intensité I du courant dans le circuit et on mesure α. Les résultats sont donnés dans le tableau :

I(A)	2	1,6	1,2	0,8	0,4
α(°)	70	65	58	47	28

Sur papier millimétré, tracer la courbe représentant les variations de tan α en fonction de l'intensité I. Échelles : 1 cm pour 0,2 A en abscisses; 1 cm pour tan α = 0,2 en ordonnées.

En déduire la loi qui, au point C, lie B et I.

Cette loi est-elle généralisable à tout point autre que C?

c. La bobine plate, de très faible épaisseur, est constituée de $N = 5$ spires de même rayon $R = 0{,}12$ m.

Sachant que la valeur B du champ magnétique créé par le circuit circulaire en son centre C est donné par la relation :

$B = \frac{2\pi\times10^{-7}NI}{R}$, déterminer la valeur de B_H.

5 Une aiguille aimantée mobile autour d'un axe vertical est placée au centre d'un solénoïde horizontal dont l'axe est perpendiculaire au plan du méridien magnétique (composante horizontale du champ magnétique : $B_0 = 2\times10^{-5}$ T).

a) Comment l'aiguille aimantée s'oriente-t-elle?

b) On fait passer un courant de 4 A dans le solénoïde. Celui-ci comporte 250 spires enroulées sur un cylindre de 40 cm de longueur. Quelle est la nouvelle position d'équilibre de l'aiguille?

Pour quelle intensité du courant l'aiguille tourne-t-elle de 60°?

Réponses : b) $\alpha \simeq 90°$; $i = 44$ mA.

6 Un générateur (e; $r = 1,28\ \Omega$) débite un courant d'intensité i dans un solénoïde dont l'axe est perpendiculaire à la composante horizontale du champ magnétique terrestre. On complète le circuit par un rhéostat de résistance R.

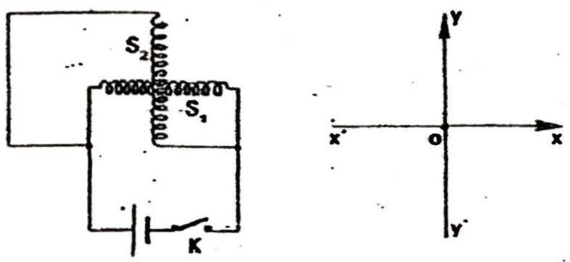
a) Tracer les lignes du champ magnétique créé par le solénoïde dans un plan contenant son axe.

b) Le solénoïde de longueur $l = 30$ cm, et de diamètre $D = 4$ cm, est constitué par un fil de fer de diamètre $d = 1$ mm, et de résistivité $\rho = 9{,}6 \times 10^{-8}\ \Omega.\mathrm{m}$. Les spires sont jointives et forment une seule couche.
Quelle est la résistance R_1 de ce solénoïde?

c) On place une petite aiguille aimantée au centre de ce solénoïde. Lorsqu'on ferme le circuit, l'aiguille dévie d'un angle $\alpha = 89°$.
Calculer la force électromotrice e du générateur, sachant que $R = 0{,}8\ \Omega$.
Composante horizontale du champ magnétique terrestre : $B_0 = 2 \times 10^{-5}$ T; on prendra $\pi^2 = 10$.

Réponses : b) $R_1 \simeq 4{,}61\ \Omega$; *c*) $e = 6$ V.

7 On place deux solénoïdes à spires jointives tels que leurs axes soient perpendiculaires. Ils sont branchés en dérivation sur un générateur de force électromotrice e et de résistance interne r. On place une petite aiguille aimantée à leur intersection. On ferme le circuit (cf. fig.).



L'aiguille fait avec la direction $X'X$ un angle $\alpha = 60°$. Les deux solénoïdes sont constitués par le même conducteur (même résistivité, même diamètre $d = 1$ mm), et sont enroulés sur 2 cylindres de même diamètre D. On néglige le champ magnétique terrestre.
Sachant que la longueur du solénoïde S_2 est $l_2 = 20$ cm, quel est le nombre de spires N_1 du solénoïde S_1?

Réponse : 346 spires environ.

8 On dispose de deux solénoïdes S_1 et S_2 : S_1 de longueur 25 cm porte 100 spires; S_2, de diamètre supérieur à celui de S_1, a 20 cm de long et comporte 50 spires.

a) Quelle est la valeur du champ magnétique produit au centre de S_1 pour un courant de 1 A? Même question pour S_2.

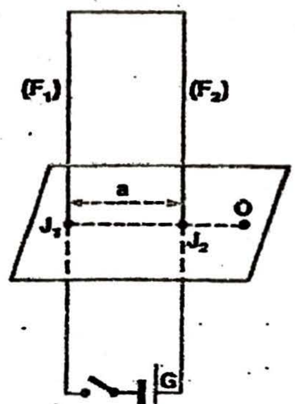
b) Une aiguille aimantée est mobile autour d'un axe vertical à l'intérieur du solénoïde S_1 au voisinage de l'axe, qui est perpendiculaire au plan du méridien magnétique. Quelle est l'intensité du courant qui, passant dans le solénoïde S_1, provoquera une déviation de l'aiguille aimantée de 60°? (La composante horizontale du champ terrestre vaut 2×10^{-5} T.)

c) On place autour du solénoïde S_1 le solénoïde S_2.
Les axes des deux appareils coïncident et sont perpendiculaires au plan du méridien magnétique terrestre. Au centre O de la bobine S_1 se trouve la petite aiguille aimantée mobile sur son pivot vertical. Les deux appareils sont placés en série dans un circuit. Le même courant les traversant donc, on constate que l'aiguille aimantée dévie de 45°. Trouver la valeur de l'intensité du courant.
Deux solutions sont possibles. Justifiez-les.

Réponses : a) $B_1 = 5 \times 10^{-4}$ T; $B_2 = 3{,}14 \times 10^{-4}$ T;
b) $i = 6{,}9 \times 10^{-2}$ A; *c*) 0,1 A et 24,5 mA.

9 La période des oscillations d'une boussole soumise à l'action d'un champ magnétique est inversement proportionnelle à la racine carrée de la valeur du champ magnétique.
Placée dans un champ de valeur 1×10^{-4} T, sa période est $T = 1$ s. On l'utilise pour déterminer le champ magnétique terrestre.
L'axe de rotation étant vertical, sa période d'oscillation est de $T' = 2{,}24$ s. L'axe de rotation étant horizontal, sa période d'oscillation est $T'' = 1{,}9$ s.
Donner les caractéristiques du champ magnétique terrestre.

10 Soit un circuit comprenant :
— un générateur G de f.é.m. e et de résistance r;
— deux fils conducteurs, rectilignes, (F_1) et (F_2), parallèles, distants de a, de section négligeable vis-à-vis de leur distance, de résistance totale R.
Le plan vertical défini par les deux fils est parallèle à la composante horizontale B_H du champ magnétique terrestre. Une très petite aiguille aimantée horizontale, mobile autour d'un pivot vertical, est placée dans le plan horizontal (voir schéma) en un point O situé sur J_1J_2 du côté de J_2 à la distance $\frac{a}{2}$;



1° Le circuit est ouvert. Définir et justifier la position de cette aiguille.

2° Le circuit est fermé. Donner les caractéristiques, au point O, du champ magnétique $\vec{B}$ dû aux deux fils.

Application numérique :

$$e = 15\ \mathrm{V};\quad r = 0{,}50\ \Omega;$$
$$R = 1{,}0\ \Omega;\quad a = 5{,}0\ \mathrm{cm}.$$

3° En déduire l'angle dont tourne l'aiguille aimantée lorsqu'on ferme le circuit.
On fera un schéma très clair.

Application numérique : $B_H = 2{,}0 \times 10^{-5}$ T.

N.B. : On admettra que le champ magnétique créé à une distance d par un fil rectiligne, de longueur finie, parcouru par un courant d'intensité I, a pour expression : $B = 2 \times 10^{-7} \cdot \frac{I}{d}$

d'après STRASBOURG, 1982

11 *Bobines de Helmholtz.*
Soit X'X un axe perpendiculaire au plan d'une bobine plate et passant par son centre.
La norme du champ magnétique $\vec{B}_0$ au centre de la bobine plate a pour expression, dans le système international : $B_0 = 2\pi \times 10^{-7} \frac{NI}{R}$;
B_0 s'exprime en teslas. On donne : nombre de tours de fil N = 100; intensité du courant I = 2 A; rayon des spires $R = 7{,}5 \cdot 10^{-2}$ m.

a. La valeur de la composante horizontale du champ magnétique terrestre est $2 \cdot 10^{-5}$ T.
Vérifier qu'elle est négligeable devant la norme de $\vec{B}_0$.

b. Tracer le vecteur représentant le champ magnétique $\vec{B}_0$ au centre de la bobine, en précisant le sens de circulation du courant dans la spire.

c. Les mesures de l'intensité du champ magnétique $\vec{B}_M$ en tout point M d'abscisse x de l'axe X'X ont donné les résultats suivants :

x (cm)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
B_M (mT)	1,67	1,63	1,51	1,34	1,15	0,96	0,8	0,65	0,54	0,44	0,36

— Faire une figure représentant $\vec{B}_M$ aux points M_1 ($x_1 = +7$ cm) et M_2 ($x_2 = -7$ cm).
— Tracer la courbe représentative de $B_M = f(x)$ pour $x \in [-10$ cm, $+10$ cm$]$.

d. On dispose, parallèlement à la première bobine, une bobine identique de telle sorte que leurs axes coïncident. Les enroulements des deux bobines sont disposés en série et le courant les parcourt dans le même sens.
Représenter graphiquement les variations de l'intensité du champ total $\vec{B}$ créé en tout point de X'X par les deux bobines, lorsque leurs