

Champ magnétique terrestre

DETERMINER LES COMPOSANTES HORIZONTALE ET VERTICALE DU CHAMP MAGNETIQUE TERRESTRE.

- Mesurer l'angle de rotation d'une aiguille de boussole orientée parallèlement à la composante horizontale du champ magnétique terrestre avec une superposition du champ magnétique horizontal d'une paire de bobines de Helmholtz.
- Déterminer la composante horizontale du champ magnétique terrestre.
- Mesurer l'inclinaison et déterminer la composante verticale et le montant total du champ magnétique terrestre.

UE3030700

04/16 MEC/UD



Fig. 1: Disposition pour mesure.

NOTIONS DE BASE GENERALES

La Terre est entourée d'un champ magnétique qui est généré par ce qu'on appelle la « géodynamique ». À proximité de la surface terrestre, il ressemble au champ d'un dipôle magnétique, les lignes du champ sortant par l'hémisphère Sud et rentrant par l'hémisphère Nord. L'angle entre le sens du champ magnétique terrestre et l'horizontale est appelé « inclinaison ». La composante horizontale du champ magnétique terrestre est *grosso modo* parallèle à l'orientation géographique Nord-Sud.

Comme la croûte terrestre ne présente pas une magnétisation uniforme sur toute sa surface, on observe des divergences locales, appelées « déclinaison ».

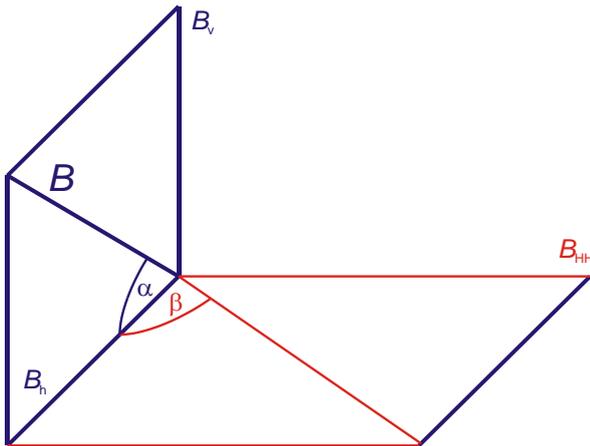


Fig. 2: Représentation des composantes des champs magnétiques étudiés dans l'expérience et définition des angles correspondants.

Dans l'expérience, nous allons déterminer l'inclinaison et le montant ainsi que les composantes horizontale et verticale du champ magnétique terrestre sur le lieu de la mesure.

On a le rapport suivant (Fig. 2) :

$$(1) \quad B_v = B_h \cdot \tan \alpha$$

α : inclinaison
 B_h : composante horizontale
 B_v : composante verticale

et

$$(2) \quad B = \sqrt{B_h^2 + B_v^2} .$$

Il suffit donc de déterminer les grandeurs B_h et α , car les deux autres peuvent être définies par le calcul.

L'inclinaison α est déterminée avec une boussole d'inclinaison. Pour déterminer la composante horizontale B_h , la même boussole d'inclinaison est orientée à l'horizontale de manière à ce que son aiguille, qui se stabilise parallèlement à la composante horizontale, indique 0° . Une paire de bobines de Helmholtz génère en outre un champ magnétique horizontal B_{HH} perpendiculairement à B_h et tourne par conséquent l'aiguille de la boussole dans un angle β . Conformément à la Fig. 2, on a

$$(3) \quad \frac{B_{HH}}{B_h} = \tan \beta$$

Cette mesure est réalisée pour améliorer la précision pour différents angles β .

LISTE DES APPAREILS

1	Bobines de Helmholtz 300 mm	1000906 (U8481500)
1	Alimentation CC 0-20 V, 0-5 A @230V	1003312 (U33020-230)
ou		
1	Alimentation CC 0-20 V, 0-5 A @115V	1003311 (U33020-115)
1	Multimètre numérique P1035	1002781 (U11806)
1	Boussole d'inclinaison E	1006799 (U8495258)
1	Rhéostat à curseur 100 Ω	1003066 (U17354)
1	Jeu de 15 cordons de sécurité, 75 cm	1002843 (U138021)

MONTAGE ET REALISATION

Note :

Monter l'expérience sur une surface horizontale et plane à un emplacement où la mesure ne sera pas influencée par des champs magnétiques perturbateurs.

Détermination de la composante horizontale B_h

- Tourner la boussole d'inclinaison avec la roue à main de sorte que le plan de la graduation et l'aiguille soient parallèle à la surface d'appui.

L'aiguille de la boussole s'oriente toujours le long de la composante horizontale du champ magnétique terrestre.

- Tourner la boussole d'inclinaison sur la plaque de base de sorte que les repères 0° de la graduation coïncident au sens de l'aiguille de la boussole.
- Glisser les bobines de Helmholtz au-dessus de la boussole d'inclinaison, de sorte que celle-ci se trouve au milieu entre les bobines (Fig. 1) et que l'axe des bobines soit perpendiculaire au sens de l'aiguille de la boussole.
- Brancher les bobines de Helmholtz, le multimètre numérique et le rhéostat à curseur en série au bloc d'alimentation (Fig. 1).
- Régler le rhéostat à curseur à 100Ω .
- Mettre le bloc d'alimentation en service et augmenter le courant en augmentant la tension avec le vernier pour la tension continue, jusqu'à ce que le sens de l'aiguille coïncide aux repères 5° de la graduation. Taper l'angle de déviation $\beta = 5^\circ$ dans le Tab. 1. Lire la valeur du courant I sur le multimètre et la noter également dans le Tab. 1.
- Augmenter progressivement le courant de manière à ce que l'angle de déviation augmente en pas de 5° jusqu'à atteindre $\beta = 75^\circ$. Noter l'angle de déviation et la valeur du courant dans le Tab. 1. Si le vernier pour la tension continue est en butée, augmenter le courant en réduisant la résistance avec le rhéostat à curseur.

Détermination de l'inclinaison α

- Tourner la boussole d'inclinaison avec la roue à main de sorte que le plan de la graduation et l'aiguille soient parallèle à la surface d'appui.

L'aiguille de la boussole s'oriente toujours le long de la composante horizontale du champ magnétique terrestre.

- Tourner la boussole d'inclinaison sur la plaque de base de sorte que les repères 0° de la graduation coïncident au sens de l'aiguille de la boussole.
- Tourner la boussole d'inclinaison avec la roue à main de sorte que le plan de la graduation et l'aiguille soient perpendiculaire à la surface d'appui.
- Attendre que l'aiguille se soit stabilisée.
- Lire l'angle d'inclinaison α_1 sur la graduation de la boussole et le noter dans le Tab. 2.
- Tourner la boussole d'inclinaison à la main de 180° .
- Attendre que l'aiguille se soit stabilisée.
- Lire l'angle d'inclinaison α_2 sur la graduation de la boussole et le noter dans le Tab. 2.

EXEMPLE DE MESURE ET EVALUATION

Tab. 1: Angle de déviation β , courants réglés / champs magnétiques B_{HH} des bobines de Helmholtz mesurés d'après l'équation (5).

β	I / mA	$B_{HH} / \mu\text{T}$
5°	2,37	1,79
10°	5,16	3,90
15°	8,00	6,05
20°	10,1	7,63
25°	13,9	10,51
30°	17,3	13,08
35°	21,5	16,25
40°	25,2	19,05
45°	30,3	22,90
50°	36,7	27,74
55°	43,0	32,50
60°	52,6	39,76
65°	67,2	50,80
70°	84,1	63,57
75°	114,0	86,17

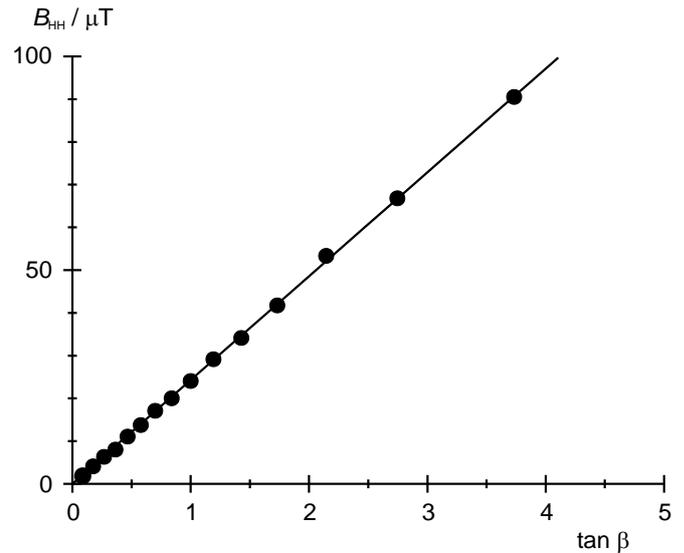


Fig. 3 : Diagramme $B_{HH} - \tan\alpha$ permettant de déterminer la composante horizontale du champ magnétique terrestre

- Appliquer le champ magnétique B_{HH} contre $\tan\beta$ dans un diagramme et adapter une droite (Fig. 2).
 - Déterminer la composante horizontale B_h directement à partir de la pente de la droite.
- (6) $B_h = 23 \mu\text{T}$

Tab. 2: Inclinaison α déterminée à partir de la moyenne des deux valeurs de mesure α_1, α_2 .

α_1	α_2	$\alpha = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}$
65°	56°	60,5°

Détermination de la composante horizontale B_h

À partir de (3), on obtient

(4) $B_{HH} = B_h \cdot \tan\beta$

La composante horizontale B_h est donc la pente d'une droite passant par l'origine par les points de mesure dans un diagramme $B_{HH} - \tan\alpha$.

Il est facile de déterminer le champ magnétique B_{HH} de la paire de bobines de Helmholtz. À l'intérieur de la paire de bobines, il est très homogène et proportionnel à l'intensité de courant I parcourant une seule bobine :

(5) $B_{HH} = k \cdot I$ avec

$$k = \left(\frac{4}{5}\right)^2 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot \frac{N}{R}$$

$N = 124$: nombre de spires
 $R = 147,5 \text{ mm}$: rayon

- Calculer le champ magnétique B_{HH} de la paire de bobines de Helmholtz pour tous les courants réglés I (Tab. 1) d'après la formule (5) et le noter dans le Tab. 1.

Détermination de la composante verticale B_v à partir de l'inclinaison α

- Déterminer l'inclinaison α à partir de la moyenne des deux valeurs de mesure α_1 et α_2 (Tab. 2) et la noter dans le Tab. 2.
- Déterminer la composante verticale à l'aide de la formule (1).

(7) $B_v = B_h \cdot \tan\alpha = 23 \mu\text{T} \cdot \tan 60,5^\circ = 41 \mu\text{T}$

Détermination du montant total

- Déterminer le montant total du champ magnétique terrestre B à l'aide de la formule (2).

(8) $B = \sqrt{(23 \mu\text{T})^2 + (41 \mu\text{T})^2} = 47 \mu\text{T}$

Les valeurs déterminées par la mesure pour les composantes horizontale et verticale correspondent très bien aux valeurs empiriques pour l'Europe centrale $B_h = 20 \mu\text{T}$ et $B_v = 44 \mu\text{T}$.

