

Champ magnétique à l'extérieur d'un conducteur rectiligne



Le but de cette expérience est d'étudier le champ magnétique autour d'un conducteur droit.

Physique

Électricité et magnétisme

Magnétisme et champ magnétique



Niveau de difficulté



Taille du groupe



Temps de préparation



Délai d'exécution

difficile

-

10 procès-verbal

10 procès-verbal

This content can also be found online at:

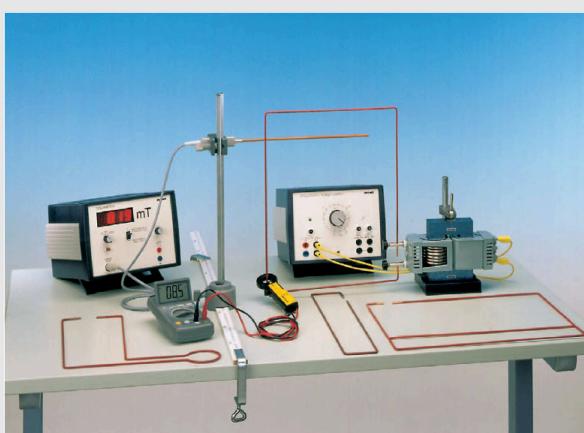


<http://localhost:1337/c/65dc624b2d5c8c00025a0cf6>

PHYWE

Informations générales

Application

PHYWE

Mise en place

Les charges électriques en mouvement créent un champ magnétique. Le champ magnétique autour d'un conducteur droit, est la forme fondamentale que prend un tel champ magnétique.

Cette expérience tente de déterminer la forme d'un tel champ magnétique.

Autres informations (1/2)

PHYWE

Connaissances préalables

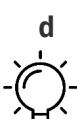
Aucune connaissance préalable n'est requise.

Principe scientifique

Un courant, qui traverse un ou deux conducteurs rectilignes voisins, produit un champ magnétique autour d'eux. Les dépendances de ces champs magnétiques avec la distance du conducteur et avec le courant sont déterminées.

Autres informations (2/2)

PHYWE

Objectif

Le but de cette expérience est d'étudier le champ magnétique autour d'un conducteur droit.

Tâches

Détermination du champ magnétique

1. d'un conducteur droit en fonction du courant,
2. d'un conducteur droit en fonction de la distance du conducteur,
3. de deux conducteurs parallèles, dans lesquels le courant circule dans le même sens, en fonction de la distance d'un conducteur sur la ligne joignant les deux conducteurs,
4. de deux conducteurs parallèles, dans lesquels le courant circule en sens inverse, en fonction de la distance d'un conducteur sur la ligne joignant les deux conducteurs.

Théorie (1/3)

PHYWE

Première équation de Maxwell pour le cas où les champs électriques \vec{E} variables dans le temps, sont absents,

$$\int_C \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 \int_A \vec{j} \cdot d\vec{A} \quad (1)$$

ainsi que la quatrième équation de Maxwell,

$$\int_A' \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0 \quad (2)$$

fournit la relation entre le courant électrique permanent I circulant dans la zone A,

$$I = \int_A \vec{j} \cdot d\vec{A}$$

et le champ magnétique \vec{B} qu'il produit.

Théorie (2/3)

PHYWE

C est la limite de A, A' est l'espace clos, \vec{j} est la densité de courant électrique, μ_0

est la constante du champ magnétique, $\mu_0 = 1.26 \cdot 10^{-6}$ Vs/Am .

A partir de (1) et (2), on obtient pour un long conducteur droit

$$|\vec{B}| = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I}{|\vec{r}|} \quad (3)$$

où \vec{r} est la distance du conducteur par rapport au point de mesure du champ magnétique.

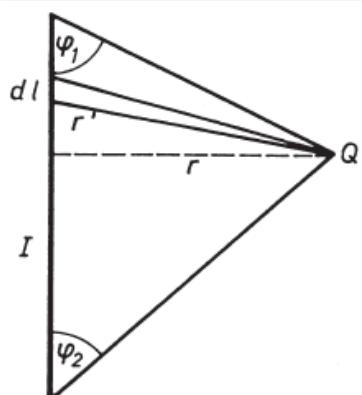


Fig. 1 : Contribution d'une section de conducteur dl au champ magnétique au point Q.

Théorie (3/3)

PHYWE

La direction de la \vec{B} est \perp à la fois \vec{r} et à \vec{j} .

Pour un conducteur fini, on obtient, avec la notation de la Fig. 1 :

$$d\vec{B} = \frac{1}{4\pi} \mu_0 \frac{I}{r^3} d\vec{l} \times \vec{r} \text{ (Biot-Savart)}$$

et de ceci

$$|\vec{B}| = \frac{\mu I}{4\pi r} (\cos \phi_1 - \cos \phi_2)$$

Equipement

Position	Matériel	No. d'article	Quantité
1	Conducteurs électriques, jeu de 4	06400-00	1
2	Bobine 6 spires	06510-00	1
3	Bobine, 140 tours, 6 prises	06526-01	1
4	Dispositif de serrage	06506-00	1
5	Noyau de fer, court, feuilleté	06500-00	1
6	Noyau en U, tôle magnétique laminé	06501-00	1
7	PHYWE Transformateur variable avec redresseur DC: 12 V, 5 A / AC: 15 V, 5 A	13540-93	1
8	PHYWE Teslamètre numérique	13610-93	1
9	Sonde Hall, axiale	13610-01	1
10	Transformateur pour adaptateur d'intensité	07091-10	1
11	Multimètre digital 3 1/2 digit avec thermocouple NiCr-Ni	07122-00	1
12	Règle graduée, l=1000 mm	03001-00	1
13	Embase expert	02004-00	1
14	Tige en acier inoxydable, l = 500 mm, d = 10 mm	02032-00	1
15	Noix double expert	02054-00	1
16	Pince de table	02014-01	2
17	Fil de Connexion , 32 A, 500 mm, jaune	07361-02	2
18	Pince universelle	37715-01	1

Equipement

Position	Matériel	No. d'article	Quantité
1	Conducteurs électriques, jeu de 4	06400-00	1
2	Bobine 6 spires	06510-00	1
3	Bobine, 140 tours, 6 prises	06526-01	1
4	Dispositif de serrage	06506-00	1
5	Noyau de fer, court, feuilletté	06500-00	1
6	Noyau en U, tôle magnétique laminé	06501-00	1
7	PHYWE Transformateur variable avec redresseur DC: 12 V, 5 A / AC: 15 V, 5 A	13540-93	1
8	PHYWE Teslamètre numérique	13610-93	1
9	Sonde Hall, axiale	13610-01	1
10	Transformateur pour adaptateur d'intensité	07091-10	1
11	Multimètre digital 3 1/2 digit avec thermocouple NiCr-Ni	07122-00	1
12	Règle graduée, l=1000 mm	03001-00	1
13	Embase ovale	02004-00	1



Configuration et procédure

Configuration et procédure (1/2)

PHYWE

Le dispositif expérimental est organisé comme le montre la figure 2. Le transformateur de courant est utilisé pour mesurer le courant secondaire (20 A...120 A). Comme le courant primaire et le courant secondaire ont une relation linéaire, le courant primaire peut également être mesuré. Cependant, une courbe d'étalonnage pour le courant primaire/secondaire doit alors être enregistrée pour chaque conducteur.

En raison de l'échauffement des conducteurs, il faut réajuster le courant ou laisser s'écouler un "temps de chauffe".

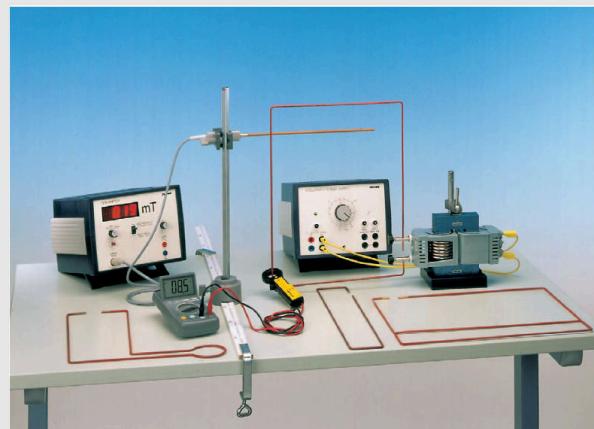


Fig. 2 : Dispositif expérimental

Configuration et procédure (2/2)

PHYWE

Un déphasage peut se produire entre le transformateur du "kit de construction" et le mesureur de champ magnétique, donnant l'illusion d'un champ magnétique "négatif" (minimum de l'indicateur de champ magnétique avec l'augmentation du courant). Ce phénomène peut être éliminé en inversant la polarité du primaire du transformateur.

Des courants secondaires de courte durée plus élevés peuvent être obtenus en connectant la tension constante et la tension variable en série sur l'unité de puissance. Il convient de veiller à ce que l'angle de phase soit correct.



L'évaluation

Résultats (1/5)

De la ligne de régression aux valeurs mesurées de la Fig. 3 avec l'énoncé exponentiel

$$Y = A \cdot X^B$$

$$\text{l'exposant } B = 0.97 \pm 0.01$$

$$\text{et la pente } A = 52.91 \pm 0.01 \text{ A/mT}$$

$$\text{avec (3), on obtient } \mu_0 = 1.3 \cdot 10^{-6}$$

En raison de la faible déviation zéro due à l'instrument et de l'effet de l'autre conducteur et du transformateur "kit de construction", il convient d'effectuer la mesure à de faibles distances (jusqu'à environ 3 cm) et avec des courants importants (environ 100 A).

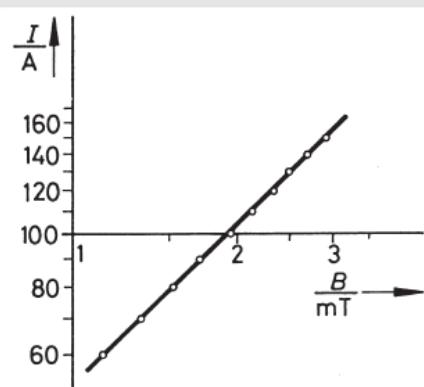


Fig. 3 : Relation entre la valeur du courant et le champ magnétique d'un long conducteur (distance entre le conducteur et le point de mesure : 1,1 cm).

Résultats (2/5)

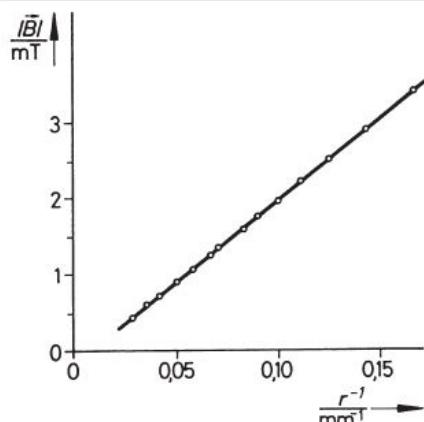


Fig. 4 : Champ magnétique d'un long conducteur en fonction de la distance ($I = 100$ A).

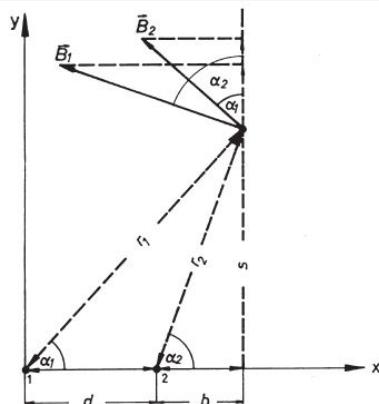


Fig. 5 : Champ magnétique de deux conducteurs 1 et 2.

Résultats (3/5)

Dans le cas de deux conducteurs parallèles dans le z-, tous deux parcourus par le même courant I dans le même sens ($p = 1$) ou dans des sens opposés ($p = -1$), la superposition des champs magnétiques donne les composantes suivantes B_x et B_y du champ magnétique au point Q avec la notation de la figure 5.

$$B_x = |\vec{B}_1| \sin \alpha_1 + p \cdot |\vec{B}_2| \sin \alpha_2 = \frac{\mu_0 I}{2\pi \cdot s} \cdot (\sin^2 \alpha_1 + p \cdot \sin^2 \alpha_2)$$

$$B_y = |\vec{B}_1| \cos \alpha_1 + p \cdot |\vec{B}_2| \cos \alpha_2 = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \cdot \left(\frac{1}{b+d} \cos^2 \alpha_1 + p \cdot \frac{1}{b} \cdot \cos^2 \alpha_2 \right)$$

Pour Q sur le site x-on obtient ($\alpha_1 = \alpha_2 = 0$)

Le pic au minimum du champ magnétique provient de la réflexion du champ magnétique négatif en valeurs positives, puisque l'instrument de mesure n'indique que la valeur absolue du champ magnétique. Les différentes valeurs du champ magnétique à $r = -5$ mm et $r = +5$ mm se produisent en raison de la superposition additive ou soustractive des champs magnétiques des conducteurs 1 et 2.

Résultats (4/5)

PHYWE

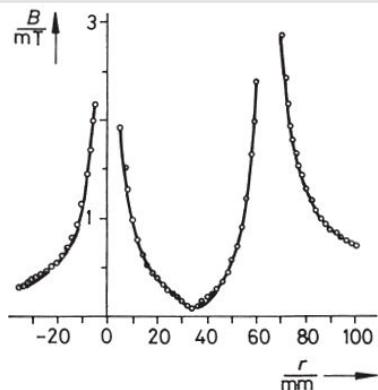


Fig. 6 : Composante du champ magnétique B_x de deux conducteurs parallèles sur l'axe des x en fonction de la distance d'un conducteur, si le courant dans les deux conducteurs est dans le même sens.

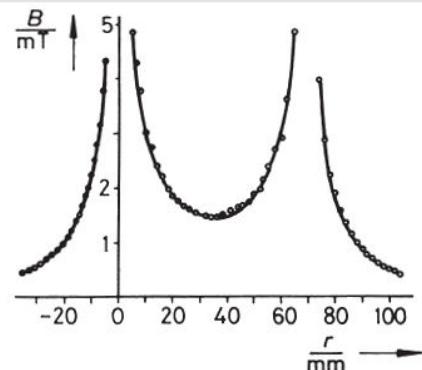


Fig. 7 : Composante du champ magnétique B_y de deux conducteurs parallèles sur l'axe des x en fonction de la distance d'un conducteur, si le courant dans les deux conducteurs est de sens opposé ($I = 107$ A).