

JEULIN

ENSEMBLES POUR L'ETUDE DES CHAMPS MAGNETIQUES

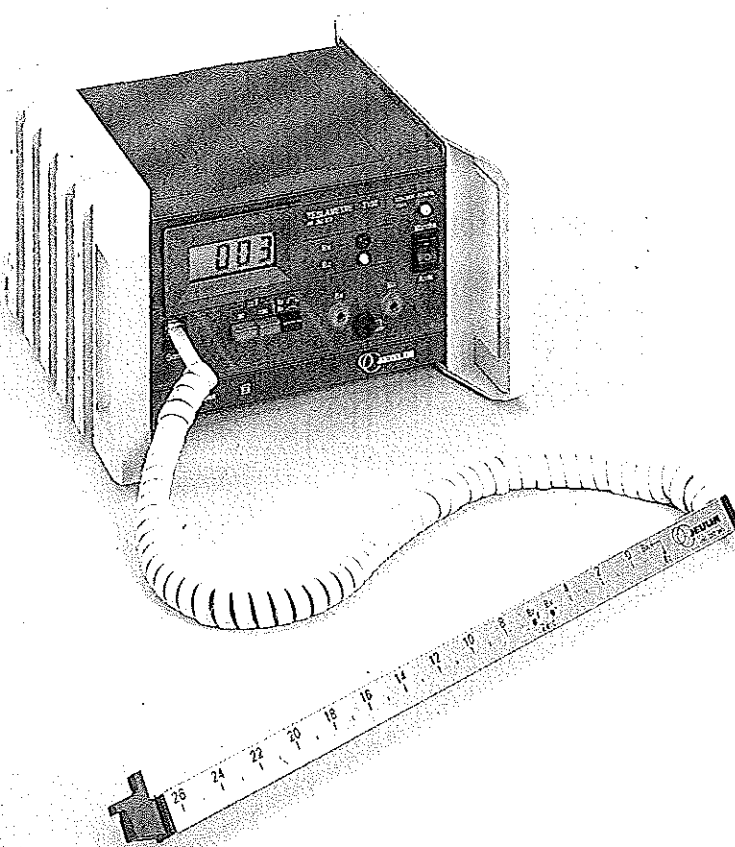
LIVRET TESLAMETRE T 100 A SONDE BIAXIALE

Réf : 292 038

ENS PG 96 / 04

ENS PG 96 / 01

P64-22



Ensembles originaux brevetés par JEULIN :

- * Teslamètre T100 à sonde biaxiale
 - Mesure des champs de 0,1 mT à 100 mT
- * Mesure des champs magnétiques avec :
 - Bobines à écartement variable
 - Solénoïde

1219



1
SIÈGE SOCIAL
RUE JACQUES-MONOD
ZI N°1 - NÉTREVILLE
ÉVREUX
FRANCE

ADRESSE POSTALE
BP 1900
27019 ÉVREUX CEDEX
FRANCE

TÉL. NATIONAL : (16) 32 29 40 00
INTERNAT. : +(33) 32 29 40 00
FAX NATIONAL : (16) 32 29 40 99
INTERNAT. : +(33) 32 29 40 99
MINITEL 36 14 JEULIN

SOMMAIRE

	Page
I - PRINCIPE ET DESCRIPTION	3
II - CARACTERISTIQUES TECHNIQUES	4
III - MISE EN SERVICE	5
IV - ENTRETIEN - MAINTENANCE	6
MANIPULATIONS	8
- 292 012 : SOLENOIDE A DEUX ENROULEMENTS	9
- MANIPULATION 02-1 : DEFINITION DU SOLENOIDE LONG	10
- MANIPULATION 02-2 : SOLENOIDE LONG DE μo	12

PRINCIPE -DESCRIPTION

Le Teslamètre T100 à sonde biaxiale permet la détection et la mesure de champs magnétiques de 0,1 mT à 100 mT (champs couramment créé par des courants de 2 à 10 A).

Le teslamètre est composé d'un boîtier avec un afficheur digital, de deux sorties analogiques et d'une sonde biaxiale permettant la mesure simultanée selon deux axes orthogonaux grâce à deux capteurs à effet de Hall.

Cette sonde peut également être utilisé avec l'adaptateur teslamètre Référence 452 020 pour des manipulations avec la méthode ESAO.

A - LES CAPTEURS

Les capteurs utilisés sont des capteurs intégrés à effet Hall.

Chacun comporte, intégrés sur le même substrat :

- une cellule semi-conductrice de HALL
- un régulateur de courant
- un amplificateur linéaire

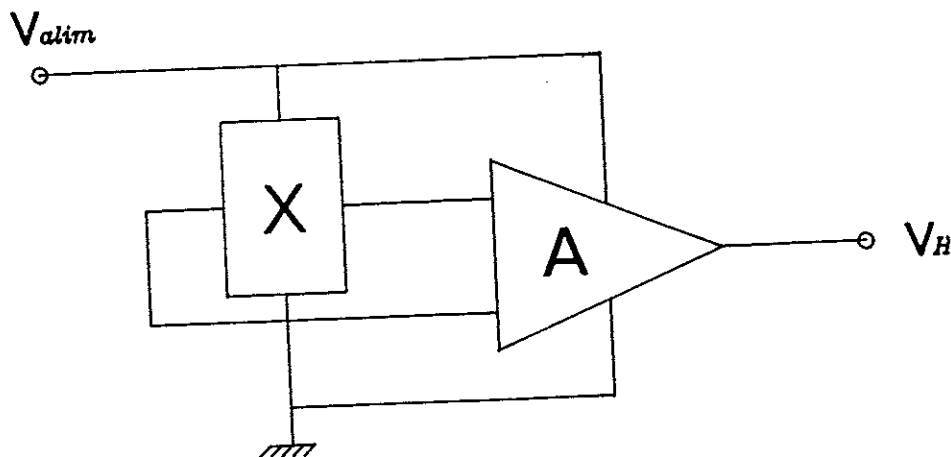


Schéma synoptique du détecteur

La plaquette de HALL, alimentée en courant constant I_H , et soumise à un champ magnétique B , délivre une tension V_H dite de HALL, donnée par $V_H = k I_H B$ B étant le module de la composante magnétique perpendiculaire à la surface de la plaquette.

Cette tension, de faible valeur, est amplifié au travers de l'amplificateur intégré A. On dispose ainsi, à la sortie du capteur, d'une tension $V_H = S.B$ S étant la sensibilité du capteur fournie par le fabricant ($13mV/mT \leq S \leq 17mV/mT$), l'intégration de l'amplificateur sur le même substrat que la plaquette de Hall permet de s'affranchir des problèmes liés à la manipulation de faibles signaux analogiques.

B - LA COMPENSATION THERMIQUE

Afin d'éviter les problèmes de précision liées aux dérives thermiques des capteurs (comme tout composant électronique), un circuit de compensation thermique est prévu à l'intérieur du tube porte sonde, il est basé sur un capteur thermique monté au voisinage des sondes de Hall suivi d'un circuit de réglage permettant de minimiser les effets thermiques sur les mesures. Le réglage est effectué en usine.

C - L'ETALONNAGE

Toujours sur le même circuit sonde, un montage d'étalonnage est prévu. Il permet, grâce à un réglage effectué en usine d'étalonner les deux détecteurs pour une sensibilité de 20 mV/mT à 2%. Deux potentiomètres ajustables accessibles sur le côté du tube permettent le réglage du zéro des détecteurs.

On dispose ainsi à la sortie de la sonde de deux signaux notés Bx et Bz proportionnels aux composantes Bx et Bz du champ magnétique avec une sensibilité de 20 mV/mT indépendant des influences thermiques.

D - L'ALIMENTATION ET L'ADAPTATION DES SIGNAUX

L'alimentation :

A partir de l'entrée secteur protégée par un fusible tubulaire rapide 100 mA, sont générées trois tensions régulées de + 12 V, - 12 V et + 5 V. Ces tensions servent à alimenter les circuits intégrés, notamment les sondes de Hall et le capteur thermique.

Les calibres et l'affichage.

A partir des signaux délivrés par la sonde, un circuit électronique permet la sélection du calibre et l'affichage numérique avec lecture directe en mT de la composante sélectionnée.

Le même circuit permet la gestion des différents témoins lumineux notamment l'indicateur de stabilisation thermique.

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

Alimentation

Secteur 220-240V \approx 50-60Hz

Consommation 10VA \approx

Résolution

10 μ T théorique (permise par l'afficheur numérique)

100 μ T garantie pour les mesures

Précision (à 25°C)

Calibre 20mT : 2 % de l'affichage \pm 3 digits (2 % valeur \pm 30 μ T)

Calibre 100mT : 2 % de l'affichage \pm 1 digit (2 % valeur \pm 0,1 mT)

Température d'utilisation

0 à 50°C

Sorties analogiques

- * impédance de sortie : 4,7kΩ pour le continu
- * bande passante à -3db : 0 à 100 Hz

Calibres

- 20 mT : de -19,99 + 19,99 mT} polarisation automatique
- 100 mT : de -100 à + 100 mT } par l'apparition du signe -
dans le cas de champs négatifs.

MISE EN SERVICE

1) Mise sous tension

- Brancher le cordon secteur (220 V - 50 Hz) et connecter la sonde biaxiale au boîtier.
- Mettre le teslamètre sous tension en positionnant l'interrupteur de secteur sur "Marche" (le témoin de secteur s'allume en rouge).
- Attendre que ce témoin passe au vert indiquant l'écoulement du temps nécessaire à la stabilisation thermique des différents composants (10 minutes environ)
Voir figure page 6

2) Mesures

Afficheur numérique

- sélectionner la composante magnétique à afficher (bouton noir du clavier)
La composante ainsi sélectionnée est indiquée par une des deux leds verte.
- sélectionner le calibre désiré (boutons rouge du boîtier).
- lire la valeur affichée en mT.
Voir figure page 6

Sorties analogiques

On dispose des deux composantes mesurées en permanences sur les sorties correspondantes. On peut aussi afficher les deux composantes simultanément, l'une sur l'afficheur de l'appareil et l'autre sur un multimètre selon le tableau de correspondance suivant :

calibre	Sensibilité
20 mT	10mV/mT
100 mT	1mV/mT

Les signaux issus des sorties analogiques pouvant être exploités aussi pour toute autre utilisation notamment pour des champs alternatifs dont la fréquence n'excède pas les 100 Hz (voir spécifications techniques et manipulations)

3) Réglage du zéro

Deux potentiomètres ajustables accessibles sur le côté du tube porte sonde permettent de régler à l'aide du tournevis fourni, le zéro des sondes chaque fois que cela est nécessaire.

ENTRETIEN - MAINTENANCE

Cet appareil ne nécessite aucun entretien particulier.
Pour toute réparation, réglage, demande de pièces, pendant ou après la garantie, s'adresser à :

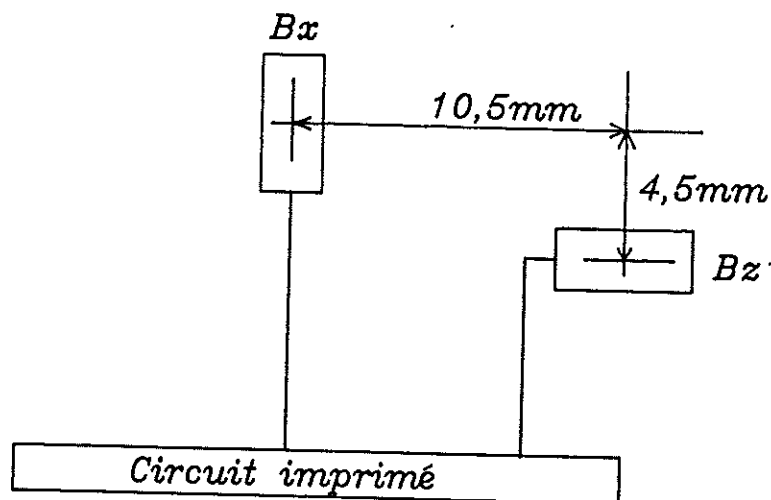
SAV JEULIN
ZI NETREVILLE. N°1
BP 1900
27019 EVREUX CEDEX
FRANCE

* Disposition mécanique des capteurs :

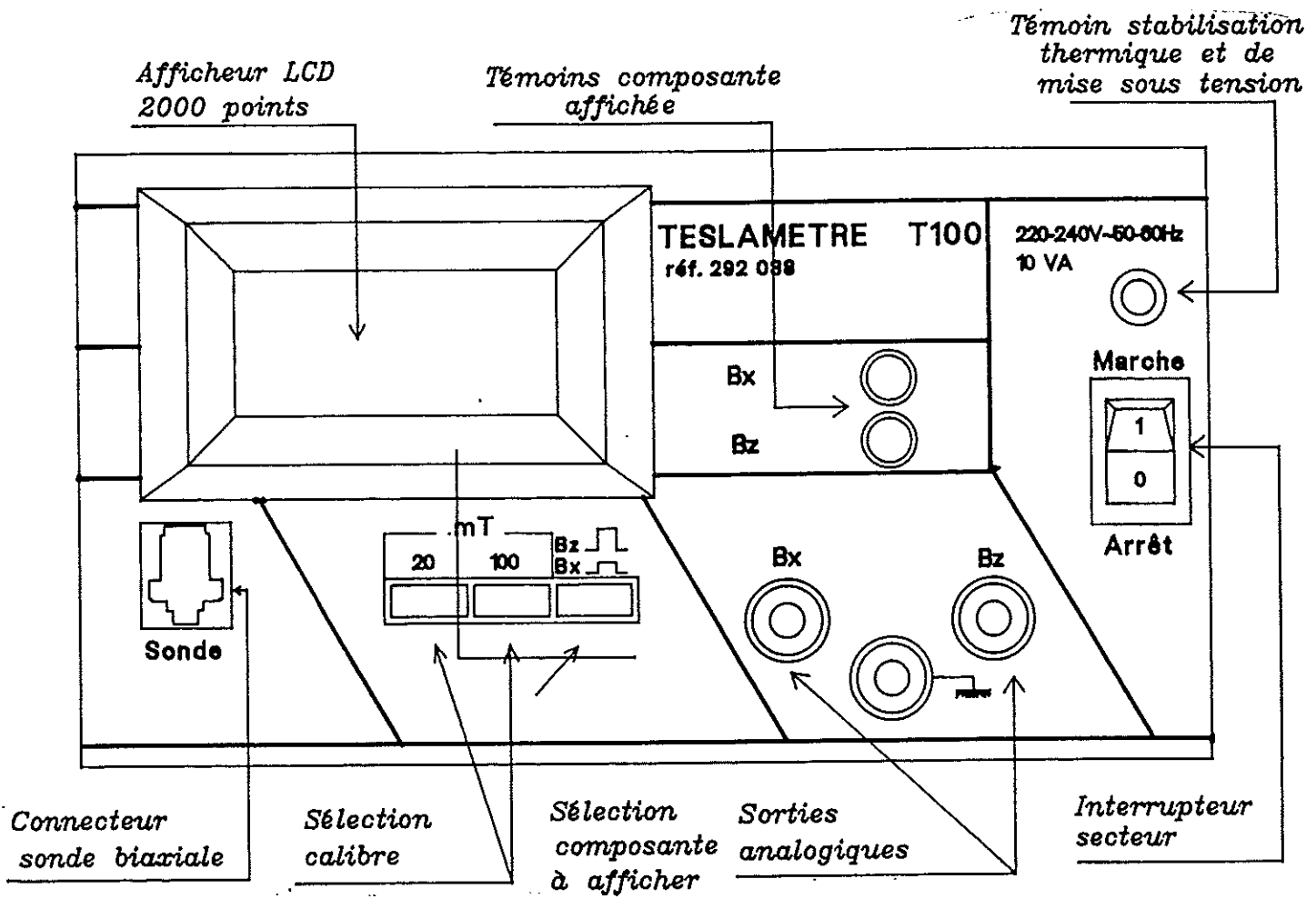
La graduation de la sonde est adaptée au appareil JEULIN
(solénoïde et bobines à écartement variable)

La valeur lue correspond à l'écart entre la sonde verticale (Bx) et le centre du solénoïde ou de la bobine.

Les positions relatives des deux capteurs sont données par le schéma ci-contre.



Positions relatives des détecteurs



MANIPULATIONS

Le teslamètre JEULIN permet la détection et la mesure des champs magnétiques inférieurs au millitesla. Le champ magnétique couramment créé (quelques Gauss) par des courants de 2 à 5 Ampères, est de l'ordre de quelques dizaines de mT.

JEULIN a créé et adapté un ensemble d'accessoires : Solénoïde, Bobines, Tore, Conducteur rectiligne, Plateau pour théorème d'Ampère, afin d'établir ou de vérifier expérimentalement les formules de l'électromagnétisme.

Dans les classes du secondaire, on pourra suivre l'enchaînement logique des expériences suivantes :

- Définition du Solénoïde long :

Induction au centre d'un Solénoïde long $B = \mu_0 nI$
Mesure de μ_0

- Passage du Solénoïde long à la bobine plate :

Induction au centre d'une bobine plate $B = \mu_0 NI/2R$
Vérification expérimentale.

- Passage du Solénoïde long au tore.

- Les phénomènes d'induction :

- . F.e.m. d'induction
- . Inductance mutuelle
- . Inductance propre.

- Etude du conducteur rectiligne $B = \mu_0 I/2\pi r$

Vérification expérimentale.
Première approche du théorème d'Ampère :

$$\int_C \frac{B}{\mu_0} dl = \Sigma I$$

- Vérification expérimentale du théorème d'Ampère :

$$-) \quad \frac{\Delta l}{\mu_0} \Sigma C B_T = \Sigma I$$

SOLENOÏDE A DEUX ENROULEMENTS

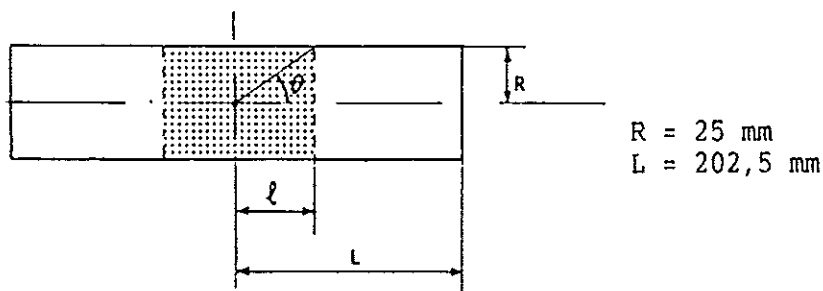
Référence 292 012

Le solénoïde A est composé de deux enroulements bobinés simultanément sur un même support cylindrique : l'un, E_1 , en fil de diamètre 1 mm, émaillé (bornes noires), l'autre E_2 en fil étamé, de même diamètre (bornes rouges). Ils comportent tous deux 200 spires, mais E_2 possède des sorties intermédiaires.

Le tube sur lequel sont bobinés les spires a un diamètre extérieur de 49 mm, ce qui donne un diamètre moyen des spires de 50 mm.

Sur la droite des enroulements, il a été prévu un guide D adapté à la sonde C du Teslamètre; grâce à une graduation du manche porte-sonde, on peut repérer la distance de la sonde au centre du Solénoïde, par lecture directe.

Sur l'avant de l'appareil, une graduation B permet pour chaque sortie de connaître le nombre de spires comprises entre la sortie et le centre du solénoïde, et de connaître la distance au centre grâce au tableau ci-dessous :



Sortie n°	l (mm)	Nbre de spires	Cos θ
1	10,3	5	0,381
2	20,6	10	0,636
3	40,3	20	0,850
4	60,9	30	0,925
5	101,2	50	0,971
6	141,6	70	0,985
7	202,5	100	0,992

MANIPULATION O2-1

DEFINITION DU SOLENOIDE LONG SPECTRE DU CHAMPS MAGNETIQUE

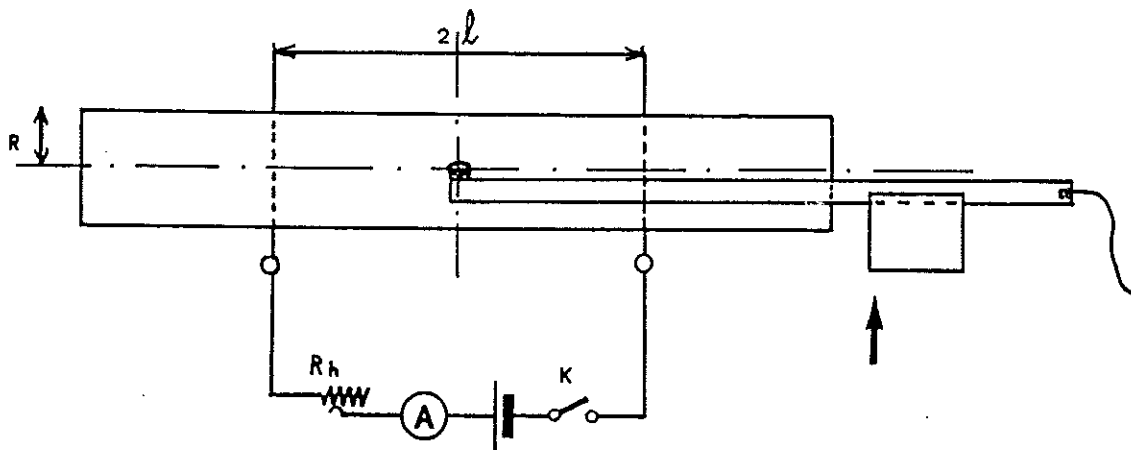
1) MATERIEL UTILISE

- 1) Teslamètre T100
- 1) Solénoïde
- 1) Alimentation 5 A
- 1) Rhéostat 5 A
- 1) Ampèremètre 5 A
- 1) Interrupteur 5 A

2) BUT DE LA MANIPULATION

- a) Déterminer le rapport longueur/rayon au delà duquel un solénoïde peut être considéré comme "infiniment long".
- b) Etudier qualitativement les lignes du champ magnétique dans le solénoïde.

3) SCHEMA DE MONTAGE



4) MODE OPERATOIRE

4.1 - Engager le manche porte-sonde dans le guide. Amener l'ensemble à l'intérieur du solénoïde, de sorte que le zéro de graduation coïncide avec le repère : la sonde est alors au centre du solénoïde, sur son axe.

Sélectionner la composante B_x sur le boîtier.

4.2 - Alimenter en courant une fraction $2l$ du solénoïde.

- K fermé : régler $I = 5 \text{ A}$
- K ouvert : vérifier le zéro du Teslamètre
- K fermé : lire la valeur de B

4.3 - Tracer la courbe $B = f(l)$

4.4 - Etude du spectre du champ magnétique dans le solénoïde.

- Alimenter un enroulement de 50 spires ($2l = 20 \text{ cm}$) avec $I = 4 \text{ A}$
- Placer la sonde au centre du solénoïde (graduation 0)
- Sélectionner B_z sur le boîtier
- Déplacer la sonde progressivement du centre vers le bord du solénoïde
- Remarquer l'apparition d'une composante B_z au bord du solénoïde témoignant du changement de direction du champ total.

5) RESULTATS

Un graphique donne la courbe théorique $B = f(l)$

Sur une reproduction de ce document, les élèves pourront reporter les points expérimentaux.

6) CONCLUSION

L'induction tend vers la valeur limite $B_L = 31,0 \times 10^{-4} \text{ T}$, atteinte pratiquement pour $l = 150 \text{ mm}$, soit une longueur totale $2l \approx 10 R (= 250 \text{ mm})$.

On appelle solénoïde long un enroulement hélicoïdal de fil conducteur pour lequel la longueur de l'enroulement est supérieure à 10 fois le rayon des spires.

MANIPULATION O2-2

SOLENOÏDE LONG - MESURE DE μ_0

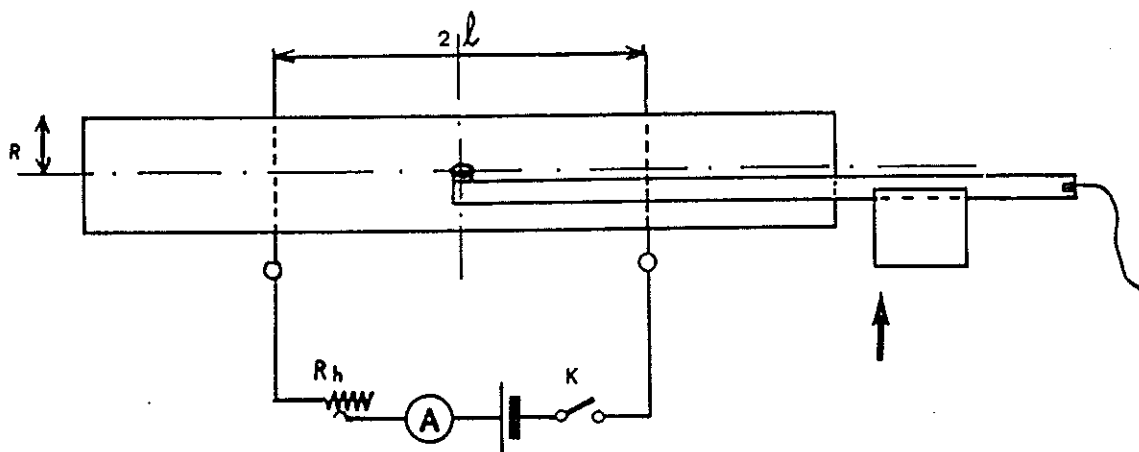
1) MATERIEL UTILISE

- 1 Teslamètre T100
- 1 Solénoïde
- 1 Alimentation 5 A
- 1 Rhéostat 5 A
- 1 Ampèremètre 5 A
- 1 Interrupteur 5 A

2) BUT DE LA MANIPULATION

- a) Etudier l'influence des divers facteurs sur le module B de l'induction créé par un solénoïde long en son centre.
- b) Mesurer expérimentalement μ_0 /

3) SCHEMA DE MONTAGE



4) MODE OPERATOIRE

4.1 - Engager le manche porte-sonde dans le guide. Amener l'ensemble à l'intérieur du solénoïde, de sorte que le zéro de graduation coïncide avec le repère : la sonde est alors au centre du solénoïde, sur son axe.

Sélectionner la composante Bx sur le boîtier.

4.2 - Influence de l'intensité.

L'enroulement E₂ est utilisé dans sa totalité : 2 L = 40,5 cm

$$N = 200 \text{ spires}, n = \frac{N}{2L} = 494 \text{ spires/mètre}$$

L'intensité I varie de 0 à 5 A.

Tracer la courbe B = f(I).

4.3 - Influence du nombre de spires/mètre.

Les enroulements E₁ et E₂ sont alimentés en série.

2 L = 40,5 CM N = 400 sp. n = 988 sp./m.

Tracer sur la même feuille que précédemment la nouvelle courbe B = f(I)

5) CONCLUSIONS

5.1 - Influence de l'intensité I.

La courbe B = f(I) est une droite.

Le module B de l'induction au centre du solénoïde est proportionnel à I.

5.2 - Influence du nombre de spires/mètre n.

La droite tracée en 4.3 montre que, pour une même valeur de I, B est multiplié par deux si on double n.

Le module B de l'induction au centre du solénoïde est proportionnel à n.

B = a. n. I.

5.3 - Calcul de a

I = 5 A; n = 494 sp./m.; B = . (valeur mesurée)

$$a = \frac{B}{nI} = \quad .10^{-7} \text{ S.I.}$$

Théoriquement $\mu_0 = 4 \pi .10^{-7} \text{ S.I.}$

Précision relative de la mesure : $\frac{(\mu_0 - a) \times 100}{\mu_0} = \quad \%$

Remarque :

Si la valeur mesurée de μ_0 diffère de plus de 2% de la valeur théorique, vérifier :

a) que l'on mesure bien la composante transversale Bx

b) l'étalonnage de l'ampèremètre avant de mettre en cause le teslamètre.