

Un teslamètre pour T. P.*

par Alphonse CONIL,
Les Coulets, 84400 Apt.

BUT.

L'O.F.R.A.T.E.M.E. a distribué un teslamètre par établissement, cela nous permet de réaliser, en classes de Terminales, des expériences de cours ou encore une ou deux séances de T.P. collectifs.

L'appareil qui est proposé ci-après a été conçu et réalisé pour être utilisé en T.P., chaque groupe disposant d'un appareil; ceci est possible vu son prix de revient : environ 100 F actuellement.

PRINCIPE.

Cet appareil est basé sur l'utilisation d'un circuit intégré (CI), le SAS 231 W de SIEMENS, qui nous servira d'élément capteur. Ce CI délivre à sa sortie une tension proportionnelle à l'intensité du champ magnétique qui y règne; la mise au « zéro » étant réglée par une tension de référence extérieure dont la valeur doit être, d'après le constructeur, supérieure ou égale à 3 volts. La tension d'alimentation du CI doit être comprise entre 4,75 et 15 V. Nous avons adopté une alimentation par pile 9 V ce qui, à la fois, assure une marge de sécurité, simplifie le montage, rend l'appareil indépendant et le préserve de certaines influences extérieures.

La sensibilité de l'appareil est normalement de 100 mV.mT⁻¹, dans ces conditions, il permet de mesurer des champs magnétiques dont les intensités vont jusqu'à environ 70 mT. En diminuant la sensibilité, cette limite augmente.

SCHEMA DU MONTAGE.

La diode D₁, au germanium (OA 95 pex), évite tout risque de destruction du CI lorsque la pile est mal présentée, et ne chute que de 0,3 V la tension d'alimentation. L'ensemble R₁ = 3,3 k Ω et L.E.D. D'₁, tout en ne consommant qu'environ 2 mA, permet de se rendre compte que l'appareil est en fonctionnement.

(*) N.D.L.R. : Voir le B.U.P. n° 647 (octobre 1982), page 57 où était proposée la réalisation d'un teslamètre à partir de la sonde à effet Hall TL 173 C, fabriquée par Texas Instruments.

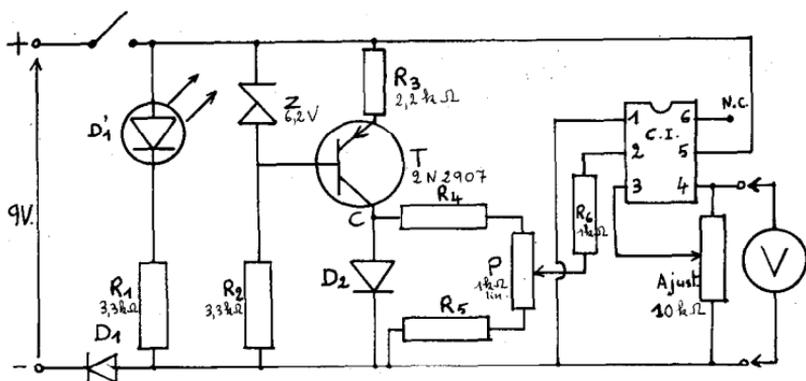


Fig. 1

L'ensemble zéner Z de $6,2\text{ V}$, $R_2 = 3,3\text{ k}\Omega$, $R_3 = 2,2\text{ k}\Omega$ et transistor PNP T ($2\text{N}2907$ pex) constitue une source de courant qui alimente la diode D_2 . Cette diode D_2 , au silicium, branchée dans le sens passant, est utilisée comme diode zéner de $0,6\text{ V}$. C'est une tension particulièrement stable de $0,6\text{ V}$ entre le point C et la « masse » qui sert de tension de référence. Cette tension est nettement inférieure à la limite indiquée par le constructeur, mais elle permet un réglage aisé du « zéro ». Sur sept appareils actuellement réalisés, elle a été suffisante ; on peut, s'il y a nécessité, l'augmenter en branchant plusieurs diodes en série. La fraction de la tension de référence qui permet le réglage du « zéro », par la patte 2 du CI peut être obtenue à l'aide d'un seul potentiomètre linéaire de $10\text{ k}\Omega$, mais pour une utilisation plus commode de l'appareil, lors de la mesure des champs magnétiques faibles, il est préférable d'utiliser un potentiomètre linéaire de $1\text{ k}\Omega$ muni de 2 résistances « talon » R_4 et R_5 .

$R_6 = 1\text{ k}\Omega$ est une résistance de protection du CI. Le potentiomètre ajustable de $10\text{ k}\Omega$, accessible de l'extérieur grâce à un trou de diamètre 6 mm , permet de régler la sensibilité de l'appareil à la valeur désirée, par exemple $100\text{ mV}\cdot\text{mT}^{-1}$ (le constructeur indique comme sensibilités extrêmes : 60 et $140\text{ mV}\cdot\text{mT}^{-1}$) ; les deux bornes extrêmes de l'ajustable sont reliées, l'une à la masse, l'autre à la patte 4 du CI, le curseur étant relié à la patte 3. La patte 6 n'est pas connectée. Le voltmètre ($20\,000\ \Omega\cdot\text{V}^{-1}$ ou plus), sur les calibres : 5 V , $1,5\text{ V}$ ou 500 mV , sera branché entre la masse et la patte 4.

CIRCUITS IMPRIMES.

Les composants du montage, exceptés le potentiomètre de $1\text{ k}\Omega$, la L.E.D., fixés sur le couvercle, l'interrupteur et le CI seront

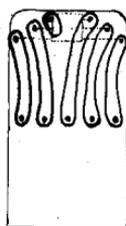


Fig. 2

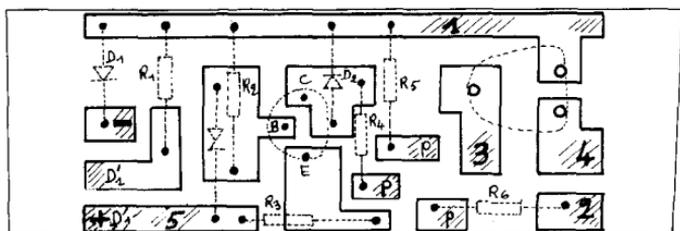


Fig. 3

Les circuits imprimés sont représentés du côté cuivre.

implantés sur un circuit imprimé en résine époxy simple face de dimensions environ $8,1 \times 2,7$ cm mais de forme légèrement trapézoïdale, conçu pour prendre place dans un coffret plastique TEKOP₁. Les composants seront suffisamment rapprochés du support époxy de façon à pouvoir glisser le circuit imprimé, composants vers l'extérieur, dans les glissières les plus voisines d'un bord, ce qui libère le maximum de place pour le reste du montage et facilite l'accès au potentiomètre ajustable.

La sonde de l'appareil est constituée par le CI SAS 231 W fixé sur un mini-circuit imprimé de $1,4 \times 2,6$ cm. Le lien entre la sonde et la boîte est assuré par 75 cm de 5 fils en nappe. Dans le commerce, on trouve du fil souple en nappe 11 conducteurs qui, refendu, convient parfaitement.

Une fois réalisée, la sonde est fixée (à l'aide d'un ruban adhésif par exemple) sur une règle en bois ou en matière plastique de section $1,4 \times 1,4$ cm et d'environ 25 cm de long. Cet ensemble pourra facilement être serré dans une noix de physique.

REALISATION.

La réalisation des circuits imprimés est une opération simple (cf. B.U.P. n° 619, décembre 1979, pages 326 et 327). Tous les trous seront percés avec un foret de 0,8 mm de diamètre, seuls les trois trous de l'ajustable seront situés avec soin et agrandis avec un foret de 1 mm.

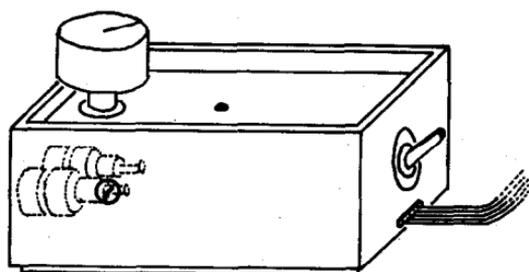


Fig. 4

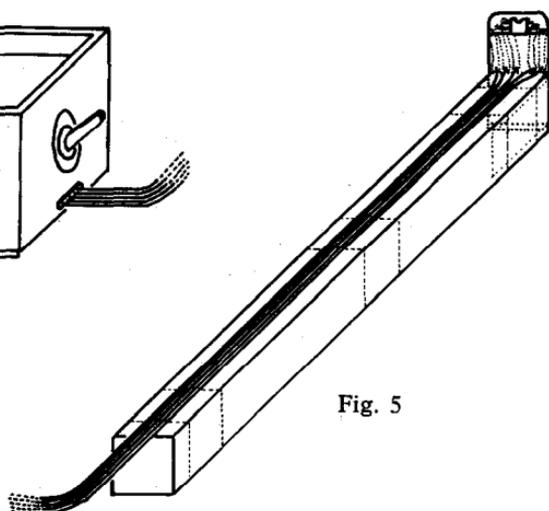
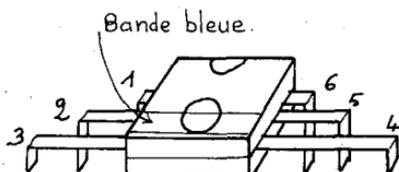


Fig. 5



SAS 231 W

Fig. 6

Remarque.

La bande rectiligne du grand circuit (—) doit être située du grand côté du trapèze.

Les divers fils de connection seront soudés du côté cuivre au niveau des parties hachurées sur le schéma.

Le pliage des six pattes du CI est délicat, le CI étant petit et fragile. Plier les pattes 1 et 6 pratiquement au ras du boîtier, pour cela maintenir le boîtier par dessous à l'aide d'une pince à épiler, simultanément appuyer sur le dessus du boîtier et plier les pattes. Procéder de la même façon pour les pattes 2 et 5 mais en utilisant une pince à bouts plus épais. Pour les pattes 3 et 4 (trait bleu), les pincer près du boîtier et tordre la partie qui dépasse.

Le SAS sera bien positionné sur son circuit, ses pattes seront soudées une à une en les tenant avec une pince à épiler qui tient

lieu de puits thermique. Lorsque les soudures sur le circuit de la sonde seront achevées, on les égalisera avec du papier de verre et on les recouvrira, ainsi que le CI, avec du papier adhésif pour éviter des courts-circuits entre pattes, lors de l'utilisation, et l'influence des courants d'air sur le CI.

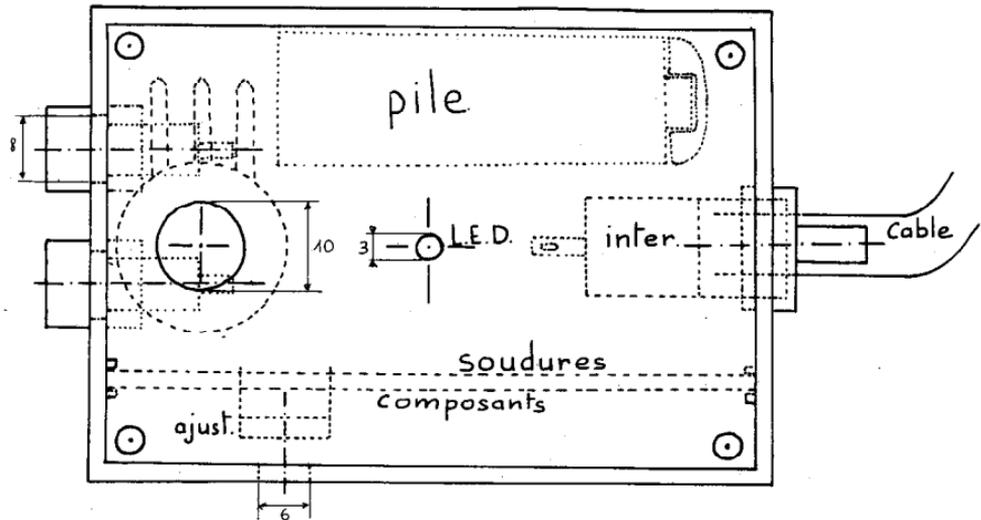


Fig. 7

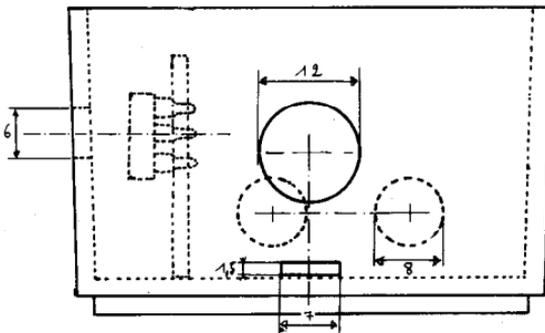


Fig. 8

REMARQUE : Les fig. 7 et 8 sont à l'échelle 1/1, elles permettent donc la réalisation de gabarits.

La fente permettant l'entrée du câble dans le boîtier sera réalisée en effectuant, côte à côte, quatre trous de 1,5 mm de diamètre.

La fixation de la L.E.D. se fait avec du papier adhésif ; une première couche de papier adhésif collé sous le couvercle isolera celui-ci des pattes pliées de la L.E.D. Attention : les L.E.D. sont très fragiles ! (on utilisera une L.E.D. 3 mm rouge.)

La détermination des résistances R_4 et R_5 , dont les valeurs dépendent du CI utilisé, se fait de la façon suivante : au départ, on laisse leurs places vides et on soude un potentiomètre auxiliaire de 10 k Ω entre la masse et le point C, le curseur étant relié à l'entrée de R_6 . On branche sur la sortie le voltmètre, sur le calibre 5 V, et on alimente à l'aide de la pile. En agissant sur le potentiomètre, l'ajustable étant à mi-course, l'aiguille du voltmètre doit se déplacer, la ramener à 0,1 V, passer alors sur le calibre 500 mV et régler à 100 mV. Ajuster alors grossièrement la sensibilité de l'appareil en se servant du champ magnétique terrestre. En orientant le manche de la sonde dans le sens de B et en lui faisant subir une rotation de 180°, l'aiguille doit dévier d'environ une graduation soit 10 mV :

$$(0,43 \times 10^{-4} \times 2 = 0,86 \times 10^{-4} \text{ T} = 0,086 \text{ mT}$$

soit :

$$100 \times 0,086 = 8,6 \text{ mV}.$$

Agir sur l'ajustable pour qu'il en soit ainsi. Régler à nouveau le potentiomètre pour que l'aiguille indique 100 mV. Arrêter l'alimentation, débrancher le voltmètre, dessouder le fil reliant la masse au potentiomètre, mesurer la résistance entre le curseur et l'extrémité débranchée. On trouve par exemple 4 k Ω ; l'autre partie du potentiomètre doit donc avoir une résistance de 6 k Ω , il est toutefois préférable de la mesurer, après dessoudage, car la valeur de la résistance du potentiomètre n'est garantie qu'à 20 % près. On remplace alors le potentiomètre de 10 k Ω par celui de 1 k Ω fixé sur le couvercle et deux résistances R_4 et R_5 dont les valeurs normalisées sont les plus voisines de :

$$6 - 0,5 = 5,5 \text{ k}\Omega, \quad \text{soit : } 5,6 \text{ k}\Omega ;$$

$$4 - 0,5 = 3,5 \text{ k}\Omega, \quad \text{soit : } 3,3 \text{ k}\Omega.$$

ETALONNAGE.

Pour étalonner l'appareil avec la précision voulue, il convient soit :

- d'utiliser un teslamètre déjà étalonné, on plonge alors les deux sondes, côte à côte ou face à face, dans un même solénoïde ;
- d'utiliser un champ magnétique dont on connaît les caractéristiques.

PRECISION.

L'appareil donne de bons résultats. Son défaut de linéarité est de l'ordre de 1 %. Toutefois, quelques points sont à signaler :

- Avant toute mesure, la sonde doit prendre sa température d'équilibre, ce qui nécessite une mise sous tension préalable de deux minutes environ mais cela n'est pas grave car la consommation de l'appareil est voisine de 10 mA seulement.
- Toutes les mesures doivent être faites avec un décalage du zéro d'au moins 50 mV. Il est commode d'adopter 0,1 V sur tous les calibres.
- Après chaque mesure, il convient de vérifier le « zéro », surtout sur le calibre 500 mV.
- Les changements de calibres, modifiant la résistance de charge, sont susceptibles de modifier la sensibilité de l'appareil. En réalité, avec un voltmètre de $20\,000\ \Omega \cdot V^{-1}$, ce phénomène est très peu sensible.

Un *exemple de résultats*, la sonde étant placée à l'intérieur d'une bobine. (Voir graphe page suivante).

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| I (mA) | 2,5 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
| U _H (mV) | 31 | 61 | 121 | 178 | 237 | 293 | 356 | 420 | 478 | 540 | 600 | 730 | 840 | 975 | 1 030 |

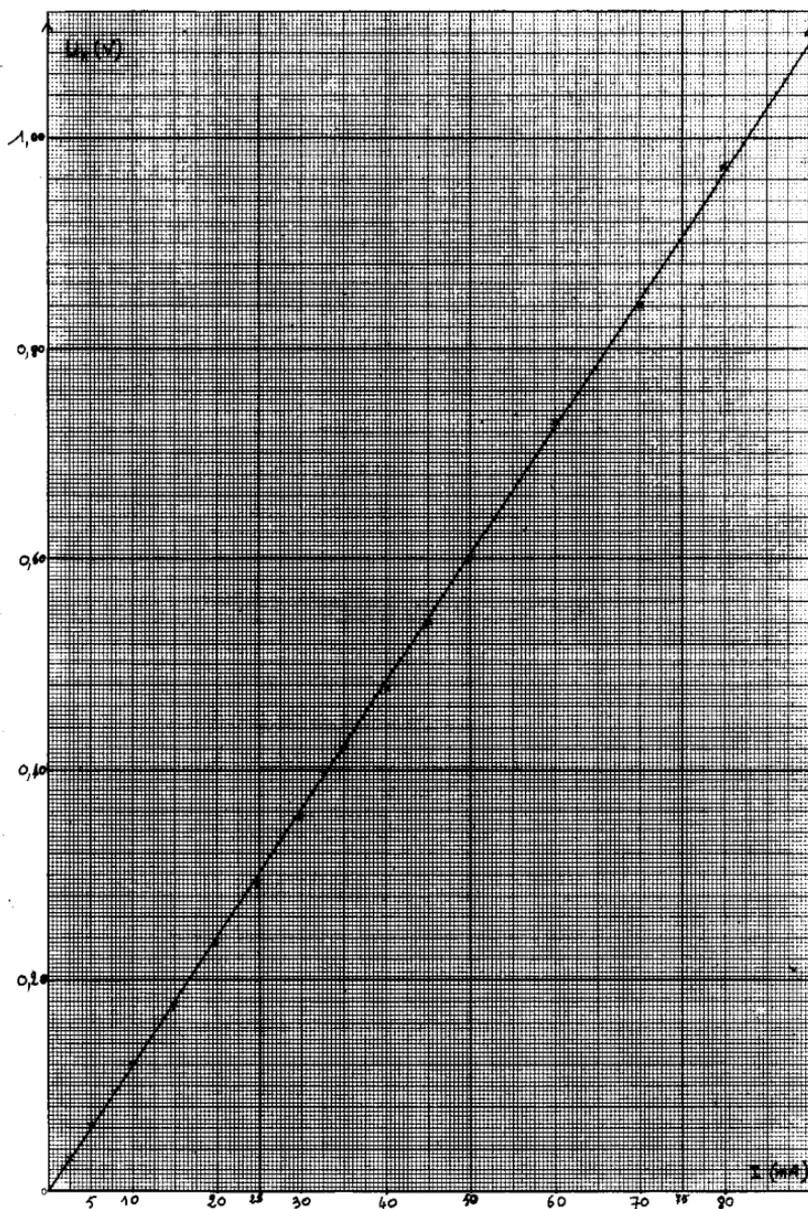
L'appareil ne fonctionne correctement que si la pile utilisée est en bon état.

UTILISATIONS.

Les utilisations de cet appareil sont celles habituelles des teslamètres, nous ne les traiterons pas, cependant nous suggérerons une idée en ce qui concerne l'étude du champ magnétique créé par un fil rectiligne (en fait un faisceau d'une dizaine de fils). Les fils n'étant pas de longueur infinie et faisant partie d'un circuit, le reste du circuit amène des perturbations non négligeables, aussi peut-il être intéressant de n'utiliser qu'un seul grand circuit alimenté à partir de la table du professeur et passant à l'aller sur les tables de T.P. côté fenêtres et au retour sur les tables côté couloir, un ampèremètre à grand cadran permettant à tous les élèves de vérifier l'intensité utilisée.

PRIX DE REVIENT.

Le prix de revient de l'appareil calculé d'après le tarif juin-juillet du Comptoir du Languedoc, 26 à 28, rue du Languedoc, 31000 Toulouse (tarif figurant dans la revue Radio-Plan de juin 1981, pages 98-99) pour tous les composants excepté le



Graphe $U_H = f(I)$.

CI SAS 231 W (prix : environ 50 F) s'élève à 80,50 F sans la pile ; avec celle-ci, son prix est donc d'environ 90 F !

La construction de 12 de ces appareils doit représenter à peu près trois journées de travail pour une personne avertie.

Liste des fournisseurs du CI SAS 231 W.

EREL BOUTIQUE, 66 à 68, rue de la Folie-Regnault, 75011 Paris.

AVIREX, 92, avenue Cantini, 13008 Marseille.

EUROMAIL, Les Milles (Aix-en-Provence).

ASTERLEC, Lyon ; NORTELEC, Caen ; H.B.N. INDUSTRIE, Reims ;

BALTZINGER, Strasbourg ; L.C.E.P., 64140 Billere (Pau) ; SORELEC,

Rennes ; O.R.T.A.M., Roubaix ; Hugues BRUSSEL, Auxerre ;

FLAGELECTRIC, Clermont-Ferrand.

En commandant les CI, demander la notice SIEMENS correspondante.
