



PRATIQUE

COURS DE BASE
ELECTRONIQUE

1 - LES APPAREILS A BOBINE MOBILE

Le composant qui est à la fois le plus important et le plus délicat d'un instrument de mesure est le *GALVANOMETRE* : c'est l'appareil qui donne l'indication, habituellement par lecture directe, de la valeur que l'on veut mesurer.

Dans le domaine particulier des mesures électroniques, le galvanomètre a deux petites bornes qui servent à le relier au circuit à mesurer.







Le galvanomètre est essentiellement composé d'un *EQUIPAGE MOBILE* portant une *AIGUILLE* qui se déplace devant un écran gradué.

Ce type de graduation est appelé *ECHELLE* et peut se présenter sous différentes formes suivant le genre d'appareils. Il peut être réalisé pour mesurer des valeurs en ampères (A), milliampères (mA), en microampères (μ A), volts (V), millivolts (mV), etc... de sorte qu'en lisant l'indication correspondante à la position indiquée par l'aiguille on obtienne directement la valeur mesurée. On dit, par conséquent, qu'un appareil est équipé pour mesurer les ampères, les milliampères, les microampères, les volts, etc... et on l'appelle de ce fait *AMPEREMETRE*, *MILLIAMPEREMETRE*, *MICROAMPEREMETRE*, *VOLTMETRE*, etc...

Le symbole représentant les appareils de mesure dans les schémas électriques est constitué par un petit cercle dans l'axe duquel diverses indications permettent d'identifier chaque type d'appareil (*figure 1*).

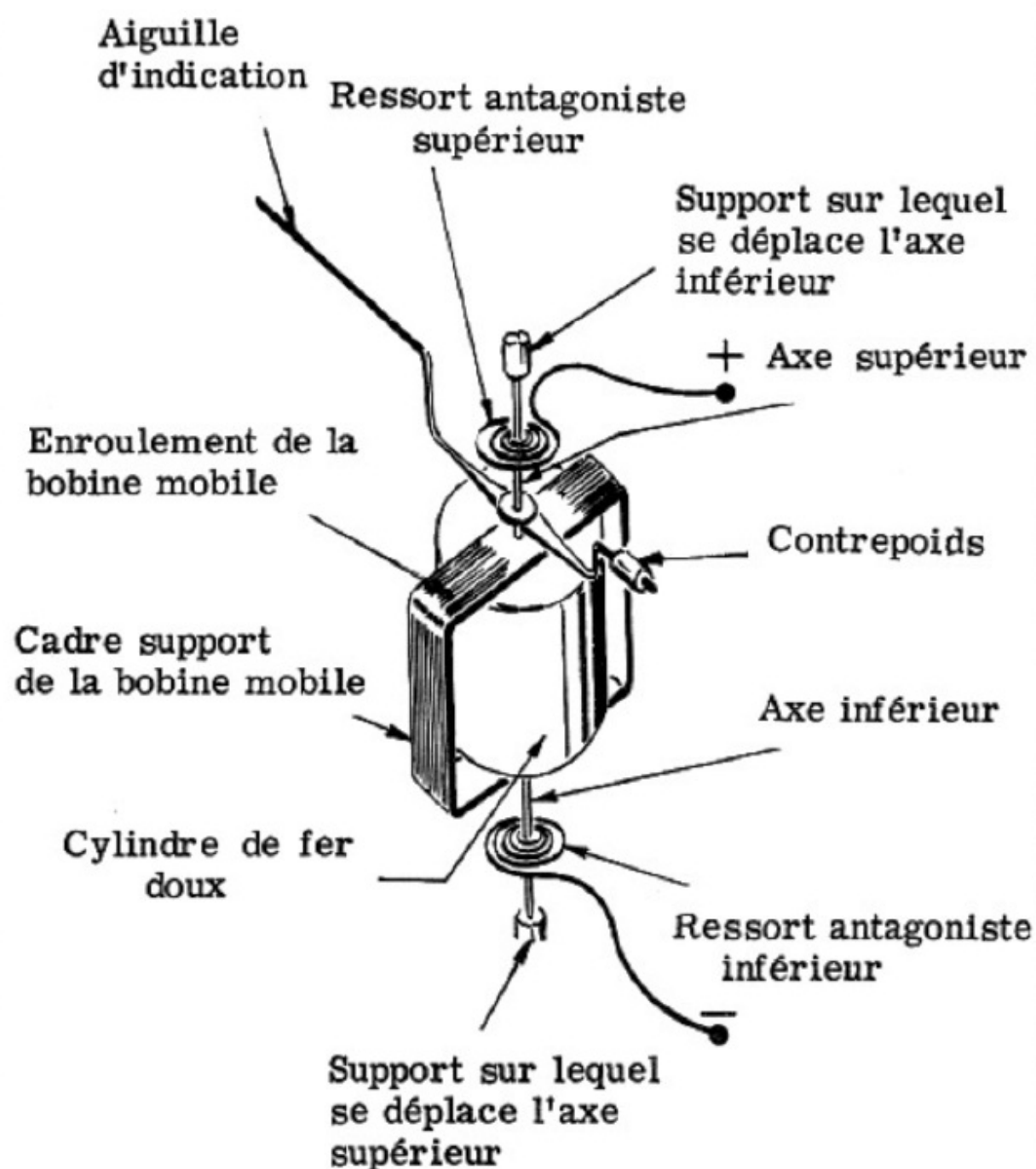
Les appareils de mesure les plus employés utilisent le champ magnétique du courant qui les parcourt ; ceux que l'on emploie le plus fréquemment en électronique sont ceux à *BOBINE MOBILE*.

La *figure 2* montre un équipement mobile ; il est formé d'un cadre en aluminium ayant à ses extrémités deux axes d'acier se terminant par une pointe et qui reposent sur deux supports : les supports sont habituellement en acier de qualité dans les modèles courants et en pierre dure (rubis) dans ceux de haute précision.

	Appareil de mesure (en général)
	Ampèremètre
	Milliampèremètre
	Microampèremètre
	Voltmètre
	Millivoltmètre

**APPAREILS DE MESURE : SYMBOLES GRAPHIQUES
UTILISES DANS LES SCHEMAS ELECTRIQUES**

Figure 1



EQUIPAGE MOBILE D'UN APPAREIL
A BOBINE MOBILE

Figure 2

L'axe supérieur maintient perpendiculairement l'aiguille d'indication : comme cette aiguille est prolongée d'un seul côté elle demande un contre-poids du côté opposé pour assurer un bon équilibre.

Deux ressorts de rappel appelés *RESSORTS ANTAGONISTES* du type en spirale sont fixés aux deux axes à une extrémité, l'autre extrémité se trouve sur la partie stable de l'appareil.

Les deux axes sont isolés entre eux électriquement ; les deux ressorts servent à relier la bobine mobile aux bornes de l'appareil.

La bobine mobile est enroulée sur le cadre ; elle est constituée d'un fil de cuivre émaillé très fin.

Le principe de fonctionnement de l'appareil est facilement explicable.

Comme le montre la *figure 3*, l'équipage mobile est placé entre les pôles d'un aimant permanent puissant, de telle sorte que la bobine se trouve plongée dans le champ magnétique créé par l'aimant.

Si l'on fait passer un courant continu dans la bobine, par la propriété d'interaction entre le courant et le champ magnétique, les forces qui se créent agissent sur la bobine et tendent à la faire tourner sur ses axes.

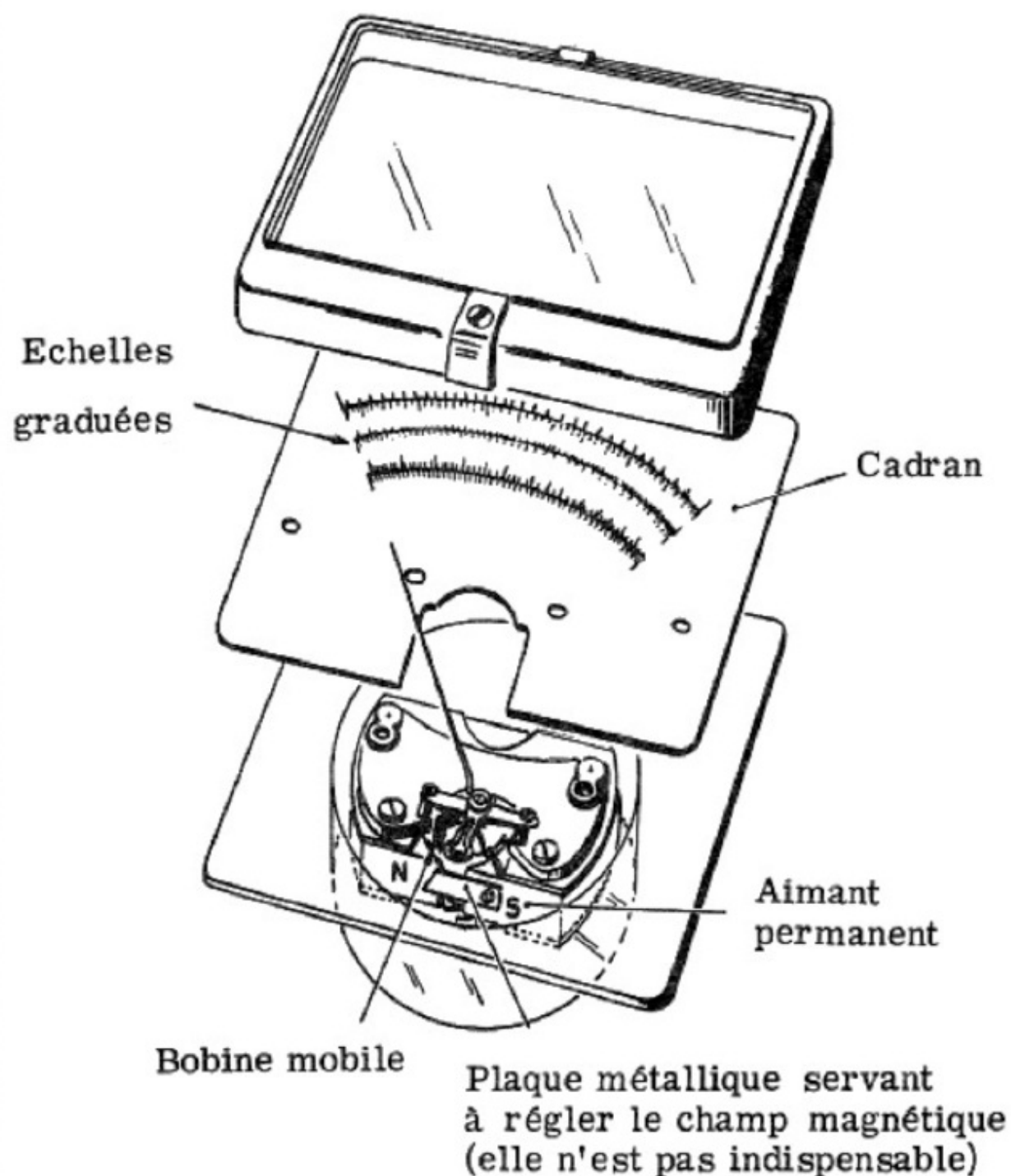
Le sens de rotation de la bobine, dû à la force d'attraction qui se crée lorsqu'elle est parcourue par un courant électrique et le champ magnétique de l'aimant où elle est plongée, dépend du sens du courant qui circule à l'intérieur même de la bobine ; en inversant le sens du courant l'on inverse également le sens de déplacement de l'équipage mobile ; par conséquent, l'aiguille tend à se déplacer soit vers la droite soit vers la gauche.

Pour que le déplacement de l'aiguille soit exactement proportionnel au courant à mesurer, on place à l'intérieur de la bobine mobile un petit cylindre de fer doux non-aimanté (*figure 2*) fixé sur le cadre mobile du galvanomètre.

Une plaquette métallique placée entre les deux pôles de l'aimant (*figure 3*) que l'on peut déplacer à gauche ou à droite permet de régler le champ magnétique, c'est-à-dire qu'elle constitue le réglage de l'aimant.

Cette possibilité de réglage des instruments n'est seulement effectuée qu'en cours de fabrication par le constructeur.

Nous avons constaté que la bobine mobile et par conséquent l'aiguille



VUE INTERIEURE D'UN GALVANOMETRE A BOBINE MOBILE

Figure 3

se déplacent d'un côté ou de l'autre suivant le sens du courant dans la bobine ; plus le déplacement - c'est-à-dire l'attraction qui se manifeste entre la bobine et l'aimant - est important, plus élevé est le courant qui circule dans la bobine.

Ce type d'appareil permet donc de mesurer seulement le courant continu, c'est-à-dire un courant ayant un sens de parcours et une valeur constants.

Lorsque l'on fait parcourir un courant continu dans la bobine mobile, cette dernière et l'aiguille d'indication évoluent dans un secteur d'autant plus vaste que l'intensité du courant est élevée : la valeur du courant est indiquée par la position que prend l'aiguille sur l'échelle graduée.

Lorsque l'on coupe le courant, l'aiguille retourne vers sa position de départ par l'action de rappel des deux ressorts en spirale.

Examinons maintenant de plus près l'appareil que vous devez employer.

2 - LE MICROAMPEREMETRE

Vous avez reçu un galvanomètre à bobine mobile avec la quatrième série de matériel fourni.

Comme nous l'avons déjà mentionné, c'est un *appareil extrêmement délicat qui doit être manié avec le plus grand soin.*

Il est constitué d'une boîte en matière plastique, isolante et transparente sur laquelle est fixé le galvanomètre proprement dit.

Le cadran se trouve du côté supérieur ; il porte de nombreuses échelles de valeur que vous apprendrez à reconnaître rapidement.

Il y a de nombreuses indications marquées sur le cadran ; pour l'instant nous en étudierons seulement quelques-unes.

En bas et à droite vous trouverez les trois symboles de la *figure 4*.

Le premier des symboles (*figure 4 - a*) indique que le galvanomètre est du type à bobine mobile comme vous pouvez le voir en regardant à travers l'étui transparent ; on peut facilement voir l'aimant permanent ; à l'intérieur de l'aimant entre ses deux pôles se trouve la bobine mobile qui peut se déplacer entre les deux axes, commandant ainsi le déplacement de l'aiguille

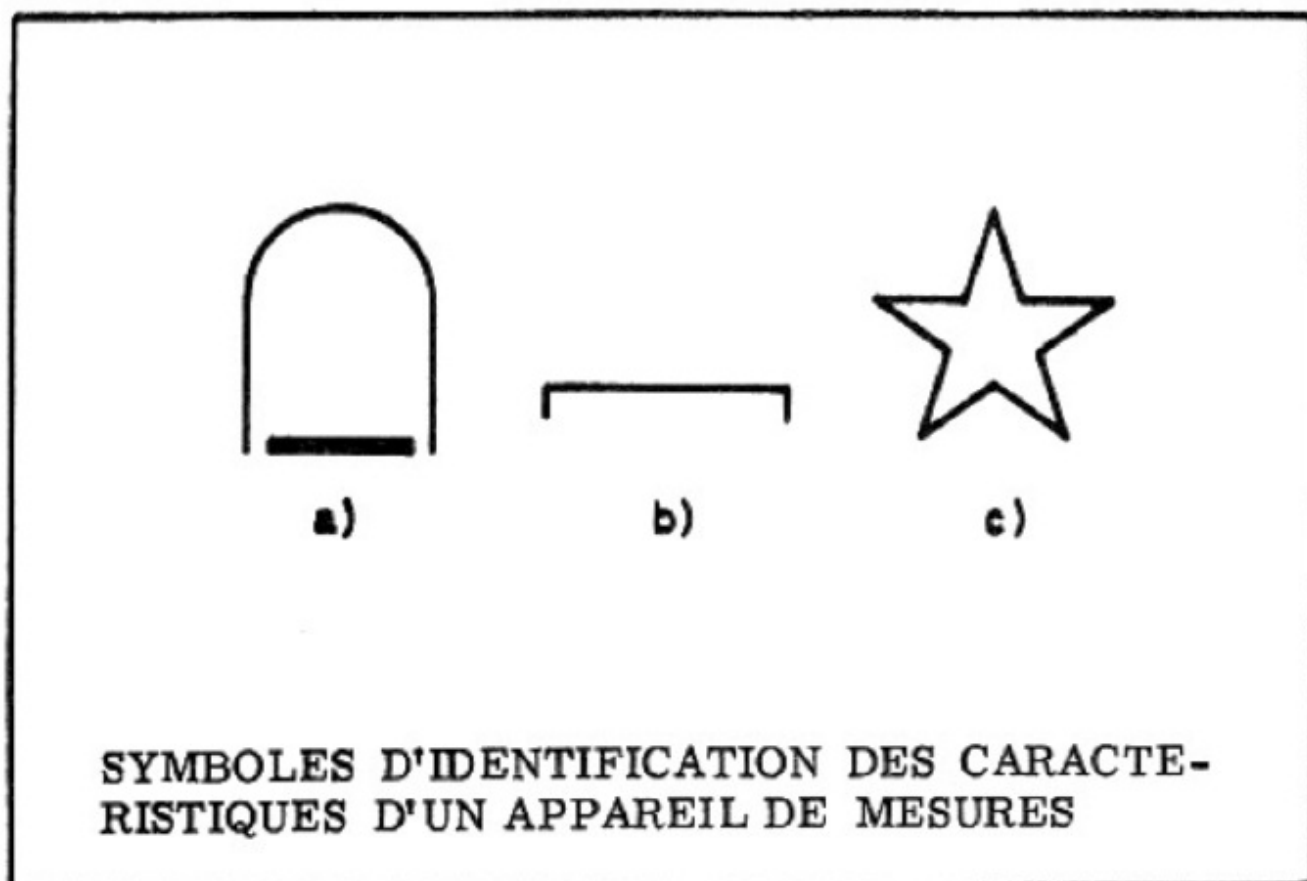


Figure 4

d'indication. Il arrive quelquefois que le symbole (4 - a) soit gravé sur le cadran de l'appareil, en position horizontale.

En bas, à droite du cadran, se trouve le second symbole (*figure 4 - b*) qui indique que l'appareil doit être utilisé en position horizontale, c'est-à-dire que le cadran doit être placé à plat.

Le troisième symbole (*figure 4 - c*) indique que la tension d'épreuve diélectrique de l'appareil est égale à 500 V.

En bas et au centre de l'appareil, vous constaterez la présence d'une vis qui permet le réglage exact de l'aiguille sur le départ des échelles du cadran.

En mettant l'appareil à plat, l'aiguille doit se trouver exactement sur le point zéro, à l'extrémité gauche de l'échelle, c'est-à-dire en position de départ.

Il peut arriver que l'aiguille de votre galvanomètre ne se déplace pas exactement sur ce point (tout en étant placé à l'horizontale et sans qu'il soit bien entendu, parcouru par un courant) ; si tel est le cas, *n'effectuez maintenant*

qu'un réglage approximatif. Vous ne devrez faire le réglage définitif que lorsque vous aurez monté l'appareil sur la face avant.

Au dos de l'appareil (*figure 5*) se trouvent les vis de fixation, ainsi que les deux vis qui forment les bornes de l'appareil et sont utilisées pour le relier électriquement au circuit.

Vérifiez que les écrous des vis de fixation et des bornes soient bien fixés sur les vis pour ne pas risquer de les égarer. **ATTENTION** - vous ne devez effectuer aucun raccordement aux bornes de cet appareil de mesure qui ne soit expressément indiqué dans ces leçons pratiques.

Après avoir analysé de façon générale les propriétés mécaniques, nous allons voir les propriétés électriques.

Cet appareil permet de mesurer un courant continu ne dépassant pas la valeur de $75 \mu\text{A}$ (75 microampères).

Cette caractéristique le classe dans la catégorie des **MICROAMPERE-METRES** que l'on appelle souvent et de façon inexacte milliampèremètres.

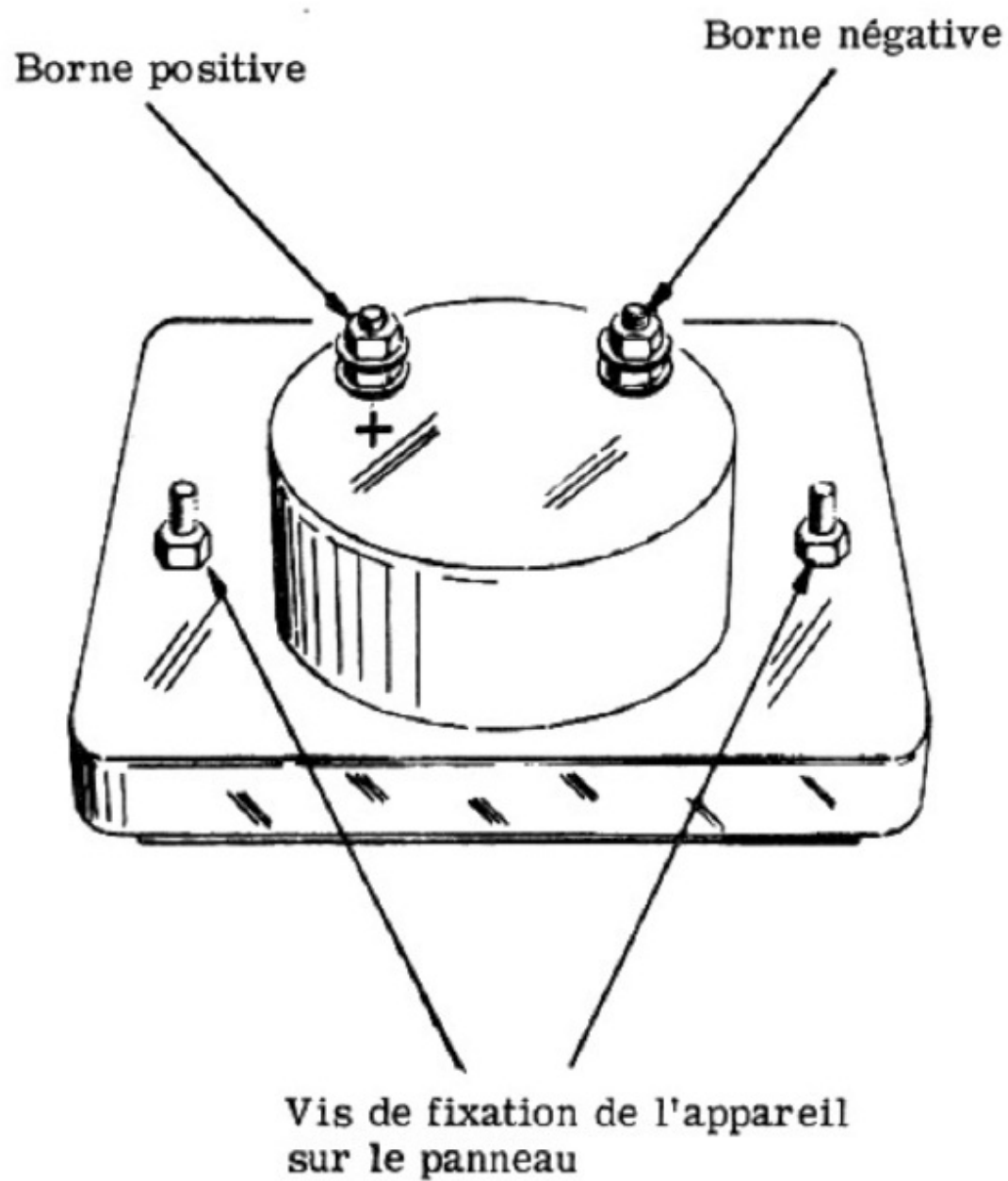
Si vous avez la possibilité de faire parcourir l'appareil par un courant de $75 \mu\text{A}$, courant de valeur très réduite, l'aiguille se portera exactement au bout de l'échelle, c'est-à-dire sur la dernière graduation de droite.

Par conséquent cela signifie que $75 \mu\text{A}$ est la **VALEUR DE LA FIN D'ECHELLE**, même si cette valeur n'apparaît pas sur les échelles indiquées par le cadran.

Dans ces conditions, l'appareil n'aurait qu'un seul calibre et s'il fallait mesurer un courant supérieur à $75 \mu\text{A}$, cela ne serait pas possible, parce que l'aiguille dépasserait la fin de l'échelle et l'équipage mobile risquerait d'être endommagé.

Pour obtenir un autre calibre de valeur supérieure en fin d'échelle, on a recours à un autre système, en raccordant en parallèle à l'appareil une résistance de valeur spéciale qui est la **RESISTANCE SHUNT**. La valeur du shunt dépend du nouveau calibre que l'on veut obtenir de l'appareil et de la valeur de résistance de la bobine mobile, appelée **RESISTANCE INTERNE**. Nous mentionnons à titre d'information que la résistance interne de votre appareil est de 1.000Ω .

Comme vous pourrez le constater par la suite, en reliant le shunt à l'appareil, le courant se divise en deux parties ; une partie passe dans la bobine mobile et l'autre partie passe dans le shunt.



MICROAMPEREMETRE : VU DE DOS

Figure 5

Si, par exemple, nous voulons porter la valeur de la fin de l'échelle à $150\ \mu\text{A}$, on doit calculer le shunt de sorte que le courant se divise en deux parties égales ; ainsi lorsque la bobine mobile est parcourue par $75\ \mu\text{A}$, et que l'aiguille atteint le bout de l'échelle, le shunt est parcouru également par $75\ \mu\text{A}$: le courant total est donc de $150\ \mu\text{A}$.

En calculant un certain nombre de shunt qui peuvent être insérés au fur et à mesure en parallèle dans l'appareil, on obtient différentes valeurs en fin d'échelle, c'est-à-dire, divers *CALIBRES MILLIAMPEREMETRIQUES*.

Les shunts ne diffèrent pas par leur mode de construction des autres résistances de précision ; leur appellation, d'origine anglaise, indique seulement le rôle qu'assument ces résistances dans le circuit de l'appareil.

Maintenant nous allons examiner et analyser le fonctionnement des circuits milliampermétriques que vous monterez par la suite sur le contrôleur universel et nous allons effectuer d'intéressantes expériences pratiques qui vont nous permettre de nous familiariser avec l'usage des échelles du microampèremètre.

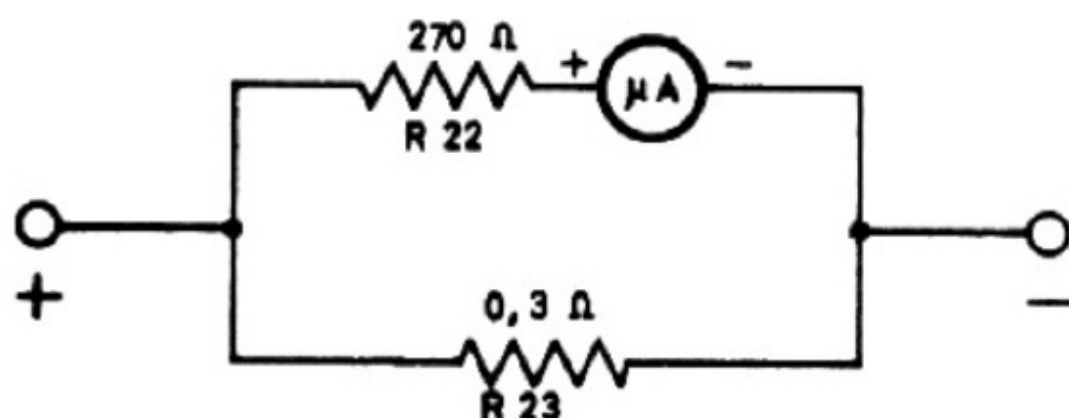
Nous vous recommandons une fois de plus le plus grand soin en manipulant cet appareil : n'effectuez aucun raccordement en dehors des indications précises que nous vous donnerons.

ATTENTION : NE RACCORDEZ JAMAIS LES BORNES DE L'APPAREIL A UNE PILE ET ENCORE MOINS AU SECTEUR PARCE QUE VOUS ENDOMMAGERIEZ AINSI SANS RECOURS L'EQUIPAGE MOBILE.

Rappelez-vous que le terme milliampermètre indique l'appareil qui sert à mesurer un courant électrique en milliampères qu'il soit constitué par l'appareil proprement dit, ou qu'il soit complété par des shunts qui permettent de varier le nombre des calibres de l'échelle.

2 - 1 MILLIAMPEREMETRE. DE CALIBRE 300 mA

Comme nous l'avons déjà précisé, votre microampèremètre peut mesurer un courant qui ne soit pas supérieur à $75\ \mu\text{A}$. En montant le circuit de la *figure 6* il est possible de porter le calibre de cet appareil à $300\ \text{mA}$, c'est-à-dire pouvoir effectuer des mesures de courant 4.000 fois plus élevées.



SCHEMA ELECTRIQUE DU MILLIAMPEREMETRE
D'UN CALIBRE DE 300 mA

Figure 6

Pour obtenir la fin de l'échelle à 300 mA, le shunt doit avoir une valeur de $0,237\ \Omega$; comme cette valeur est peu fréquente dans le commerce, il est préférable d'arrondir cette valeur à $0,3\ \Omega$: c'est d'ailleurs la valeur de la résistance R23 ; toutefois pour utiliser ce shunt, la résistance interne devra être non pas de $1.000\ \Omega$ mais de $1.270\ \Omega$; pour cela il faut ajouter la résistance R22 de $270\ \Omega$. Cette résistance (R22) doit alors être considérée comme une partie de la valeur ohmique de la résistance interne de l'appareil.

On emploie très souvent ce procédé pour le calcul de projets de circuits milliampèremétriques ; ceci permet de modifier la valeur de la résistance interne de l'appareil sur laquelle on ne peut avoir aucune action directe.

Nous allons maintenant commencer le montage et effectuer le premier exercice.

Premier exercice

a) Dessoudez de la plaquette à 34 cosses tous les raccordements effectués durant la dernière expérience de la *Pratique 9*, à l'exception de ceux relatifs au support de lampe, entre les cosses CA22 et CA24.

Gardez à portée de la main les quatre fils souples, dont deux sont munis de pinces crocodiles ; vous les utiliserez pour cet exercice.

b) Pliez à angle droit les languettes des cosses CA25, CA26 et CA27.

Avant de commencer le montage électrique, il faut monter deux douilles, l'une rouge et l'autre noire, du côté intérieur de la plaquette à 34 cosses, c'est-à-dire du côté opposé à celui sur lequel sont fixées les cosses.

c) Montez une douille noire avec une cosse dans l'ouverture F5 et une douille rouge, munie également de sa cosse dans l'ouverture F6 de la plaquette. Pour le montage des douilles et l'orientation des cosses référez-vous à la *figure 7*.

Après avoir placé les douilles qui serviront à relier électriquement le microampèremètre au circuit milliampèremétrique qui sera placé sur la plaquette vous pouvez commencer le montage électrique.

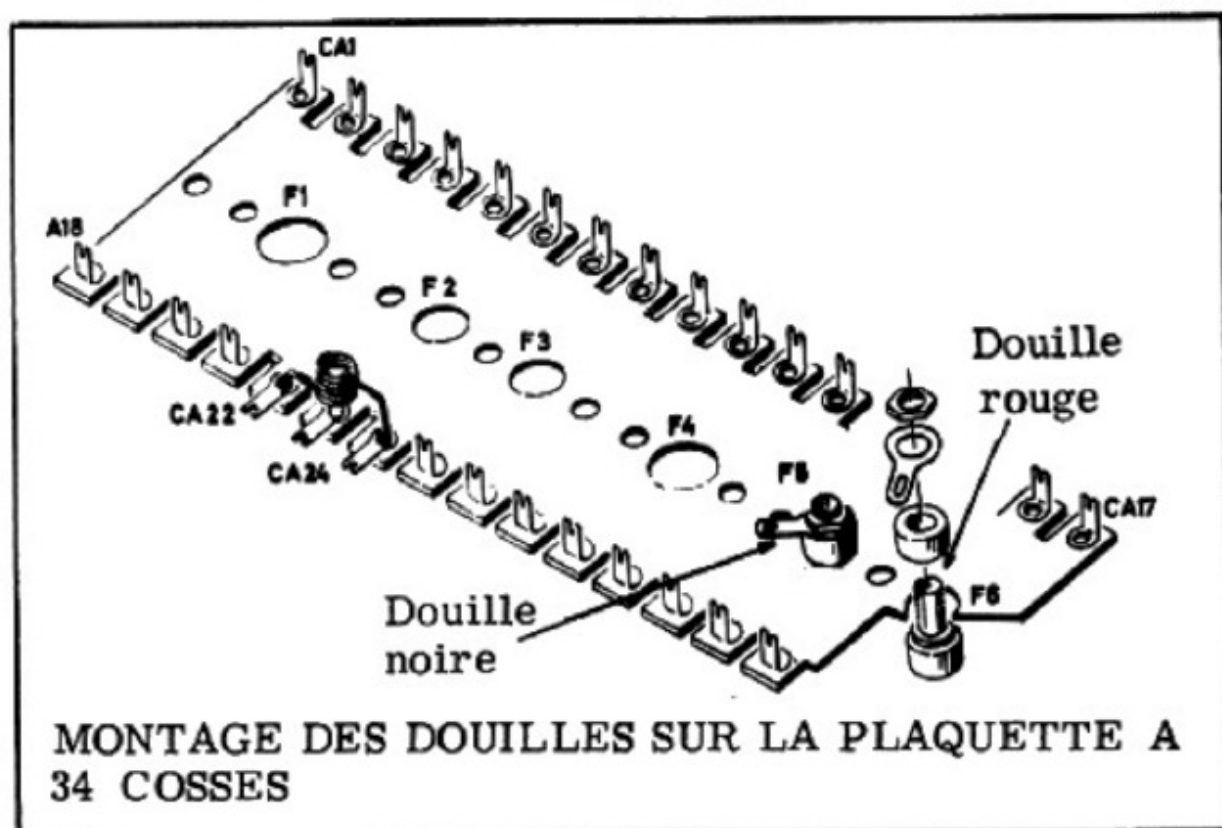


Figure 7

d) Coupez un morceau de fil noir isolé de 4,5 cm et disposez-le entre une cosse de la douille noire et l'oeillet de la cosse CA27 ; soudez sur les deux points.

e) Introduisez l'extrémité libre du fil souple noir d'alimentation, muni à l'extrémité opposée d'une pince crocodile noire, dans l'oeillet de la cosse CA27 et effectuez-en la soudure.

f) Coupez un morceau de fil isolé noir de 2 cm, et disposez-le entre les cosses de la douille rouge et l'oeillet de la cosse CA34 ; effectuez la soudure sur les deux points.

g) Coupez un morceau de fil isolé noir de 8 cm, et disposez-le entre les oeilletons des cosses CA10 et CA17 ; soudez sur les deux points. cosse CA17.

h) Disposez entre les languettes des cosses CA17 et CA34 la résistance R22 de 270 Ω , tolérance 10 % - 0,5 W (rouge-violet-marron, argent), après en avoir raccourci les bornes de 14 mm de chaque côté ; effectuez la soudure de chaque côté.

i) Introduisez l'extrémité libre du fil souple rouge d'alimentation, portant à l'autre extrémité la pince crocodile rouge, dans l'oeillet de la cosse CA10 et soudez.

Vous devez maintenant monter en parallèle la résistance bobinée R23 de 0,3 Ω , tolérance 1 % - 1 W, sur l'appareil ; cette résistance qui vous a été fournie avec le matériel de la quatrième série peut se présenter sous différents aspects et avoir soit la forme montrée sur la *figure 8 - a*, soit *8 - b*, soit *8 - c*.

Le type A à sorties axiales vous est familier parce qu'il est identique aux résistances que vous avez eu l'occasion d'utiliser jusqu'à maintenant. Vous n'avez pas encore eu à utiliser les deux autres types de résistance bobinée, c'est-à-dire le type B (à plaquette) et le type C (à bobine ou carcasse).

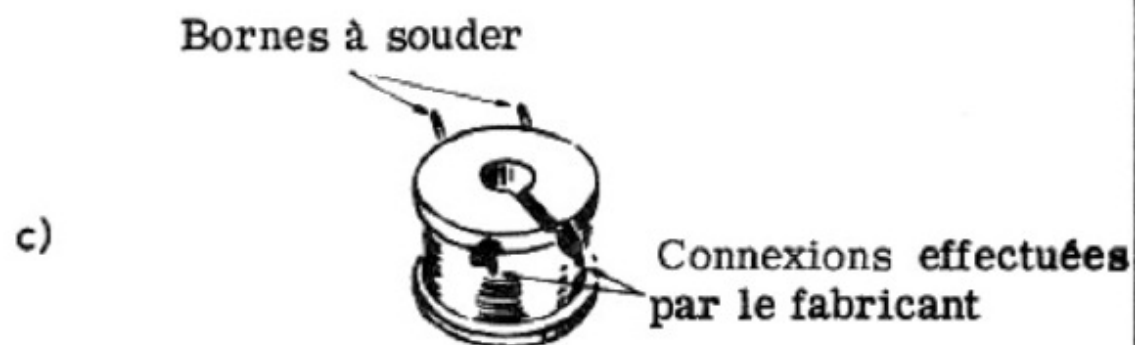
Suivant le type de résistance que vous avez reçu, vous effectuerez des opérations différentes pour la préparation de la résistance. Nous vous indiquerons les opérations nécessaires pour chacun des trois types et vous choisirez celle qui vous convient pour le genre de résistance reçue.



Type A (sorties axiales)



Type B (à plaquette)



Type C (à bobine)

DIVERS TYPES DE RESISTANCES BOBINEES

Figure 8

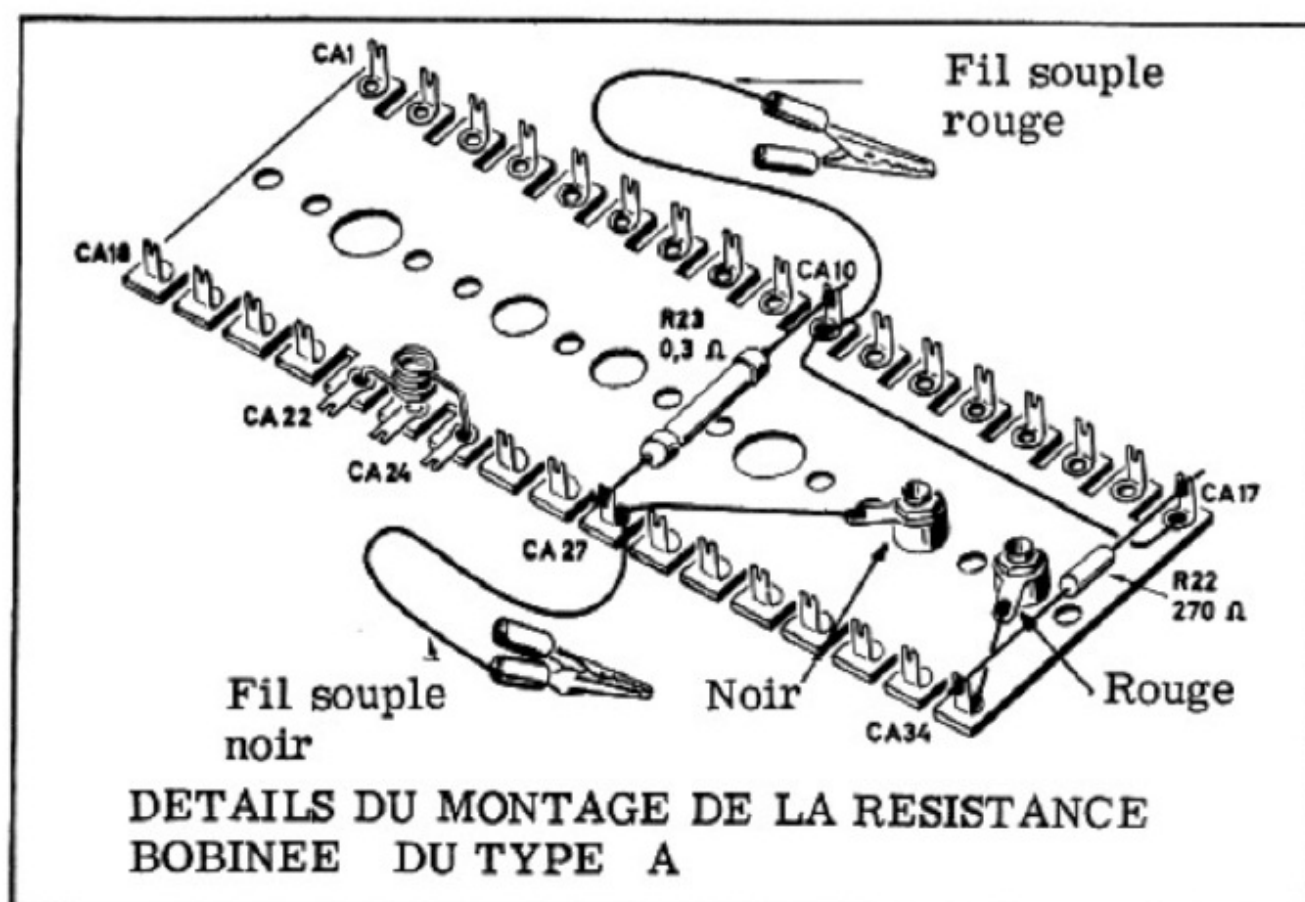


Figure 9

1) Montage de la résistance du type "A"

Si vous avez reçu la résistance du type "A", il n'y a pas de préparation particulière pour la relier au circuit. Il suffit de disposer ses extrémités entre les languettes des cosses CA10 et CA27, de les souder et de couper les parties en excès qui dépassent des languettes.

2) Montage de la résistance du type "B"

Si vous avez reçu la résistance à plaquette type "B", que nous avons déjà vue dans la *Pratique 3*, avant de la raccorder au circuit, vous devez souder aux languettes des deux extrémités, un morceau de fil de cuivre étamé nu, de façon à pouvoir raccorder la résistance aux cosses de la grande plaquette.

Coupez deux morceaux de fil de cuivre nu, étamé, d'environ 2,5 cm ; repliez une extrémité de ces morceaux à angle droit, sur 4 ou 5 mm. Les

extrémités ainsi repliées doivent être introduites dans les ouvertures des languettes de la résistance et ensuite soudées.

Avant d'effectuer ce travail, nettoyez soigneusement les languettes avec une paire de ciseaux ou du papier émeri, de façon à éliminer toute trace d'oxydation.

Etamez ensuite les extrémités repliées des deux morceaux de fil de cuivre nu ainsi que les languettes de la résistance nettoyées préalablement.

Disposez la résistance sur la table de sorte que l'une des deux languettes ressorte du bord de la table et placez sur la résistance un objet suffisamment lourd pour l'empêcher de glisser pendant l'étamage et la soudure.

Pressez ensuite la panne chaude du fer et la soudure sur la languette qui débord de la table, de sorte que l'ouverture de la languette soit remplie par la soudure (*figure 10 - a*).

Sur la languette maintenant étamée, vous devez souder un des deux morceaux de fil de cuivre étamé que vous avez préparés à l'avance ; en maintenant d'une main la résistance sur la table, appuyez la panne chauffée du fer sur la languette, de sorte que la soudure précédemment déposée fonde à nouveau ; en même temps mettez sur la languette l'extrémité repliée à angle droit de l'un des deux morceaux de fil de cuivre, en tenant l'autre extrémité par une pince, pour ne pas risquer de vous brûler les doigts.

Aussitôt que la soudure sur la languette est en fusion, introduisez l'extrémité repliée dans le trou de la languette (*figure 10 - b*) ; éloignez alors le fer, en maintenant fermement le morceau de fil jusqu'à ce que la soudure soit de nouveau solidifiée.

Répétez l'opération pour la soudure du second morceau de fil de cuivre sur la languette opposée ; ce travail terminé la résistance aura l'aspect montré sur la *figure 10 - c*.

Disposez ensuite les deux extrémités de la résistance entre les languettes des cosses CA10 et CA27 et effectuez la soudure sur les deux cosses comme montré sur la *figure 10 - d*.

3) Montage de la résistance du type "C"

Dans le cas où une résistance du type "C", c'est-à-dire à bobine ou à carcasse vous a été fournie, vous aurez à effectuer des opérations différentes

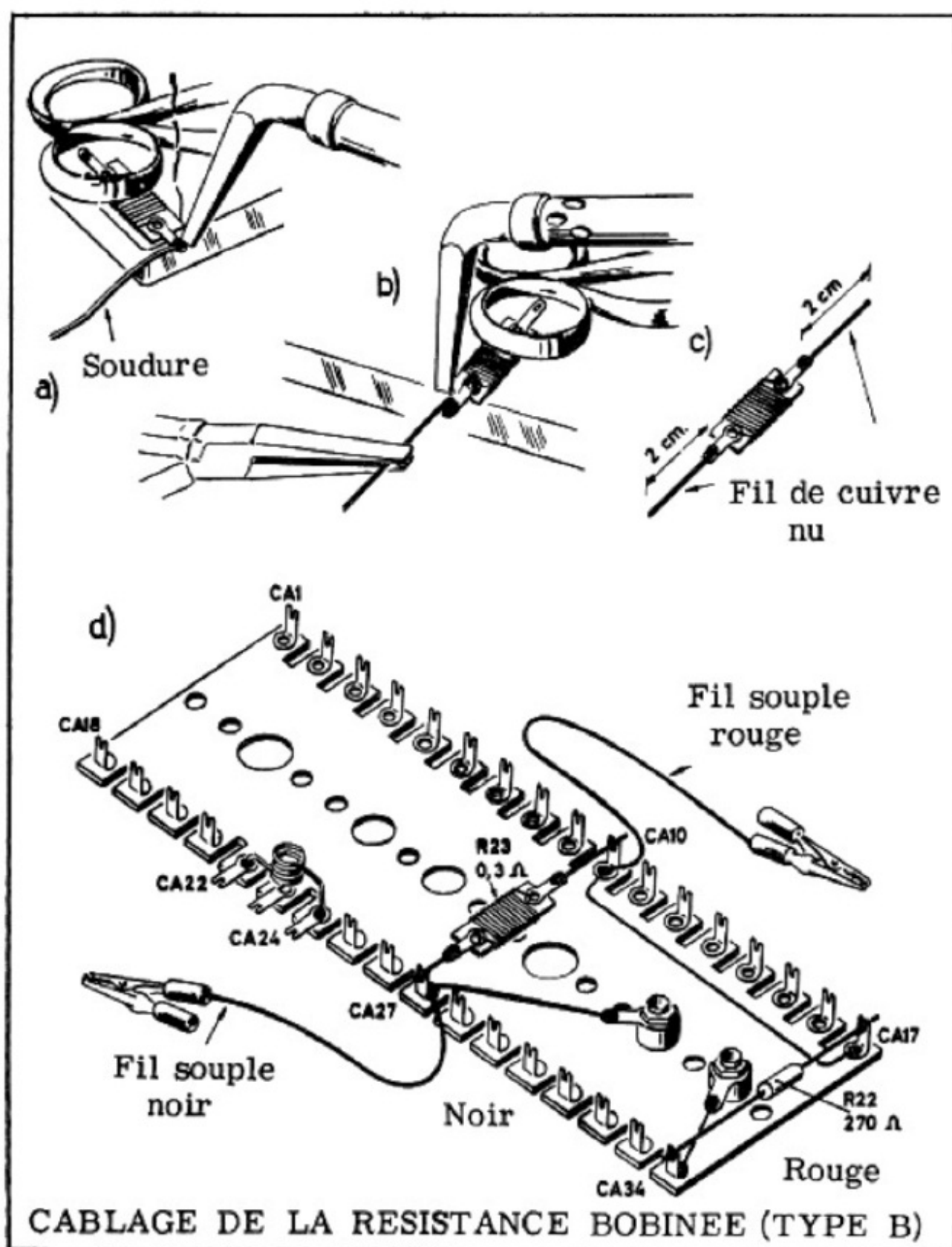


Figure 10

de celles qui vous ont déjà été indiquées.

Cette résistance est formée d'une bobine de matériau isolant et résistant à la chaleur appelée carcasse, sur laquelle est enroulé le fil de la résistance relié sur un côté à deux bornes soudées, qui sont reliées intérieurement aux deux autres bornes (*figure 11 - a*).

L'enroulement résistant est protégé par un ruban de matière isolante résistant à la chaleur.

Pour pouvoir raccorder la résistance bobinée au circuit, vous devez souder sur les bornes libres, deux morceaux de fil de cuivre étamé nu.

Façonnez deux morceaux de fil de cuivre étamé nu, d'environ 4 cm et formez une boucle à l'une des extrémités de chaque fil, en vous servant de pinces. Les boucles doivent avoir un diamètre d'environ 2 à 3 mm pour que l'on puisse y introduire les bornes de la résistance.

Etamez les extrémités des morceaux de fil façonnés en boucle de manière que la soudure *ne remplisse pas* la boucle.

Préparez soigneusement ensuite les deux bornes non soudées de la résistance, en enlevant toute trace d'oxyde ou de vernis, soit avec des ciseaux soit en utilisant du papier émeri.

Disposez la résistance sur la table conformément à la *figure 11 - b* en posant dessus un poids pour la maintenir pendant l'étamage et la soudure : étamez les deux extrémités.

Introduisez la boucle de l'un des deux morceaux de fil de cuivre dans une des bornes en vous servant de pinces pour vous protéger. Soudez avec les précautions d'usage.

Soudez ensuite le second morceau de fil de cuivre sur l'autre borne.

A la fin de l'opération, la résistance aura l'aspect montré sur la *figure 11 - c*.

Disposez les deux extrémités de la résistance entre les languettes des cosses CA10 et CA27 et effectuez leur soudure sur ces deux points conformément à la *figure 11 - d*.

Après avoir monté la résistance bobinée R23 de $0,3 \Omega$ il ne reste plus qu'à prendre deux morceaux de fil souple rouge et noir (que vous récupérez du montage de la dernière expérience de la *Pratique 9*) ; ils serviront à relier

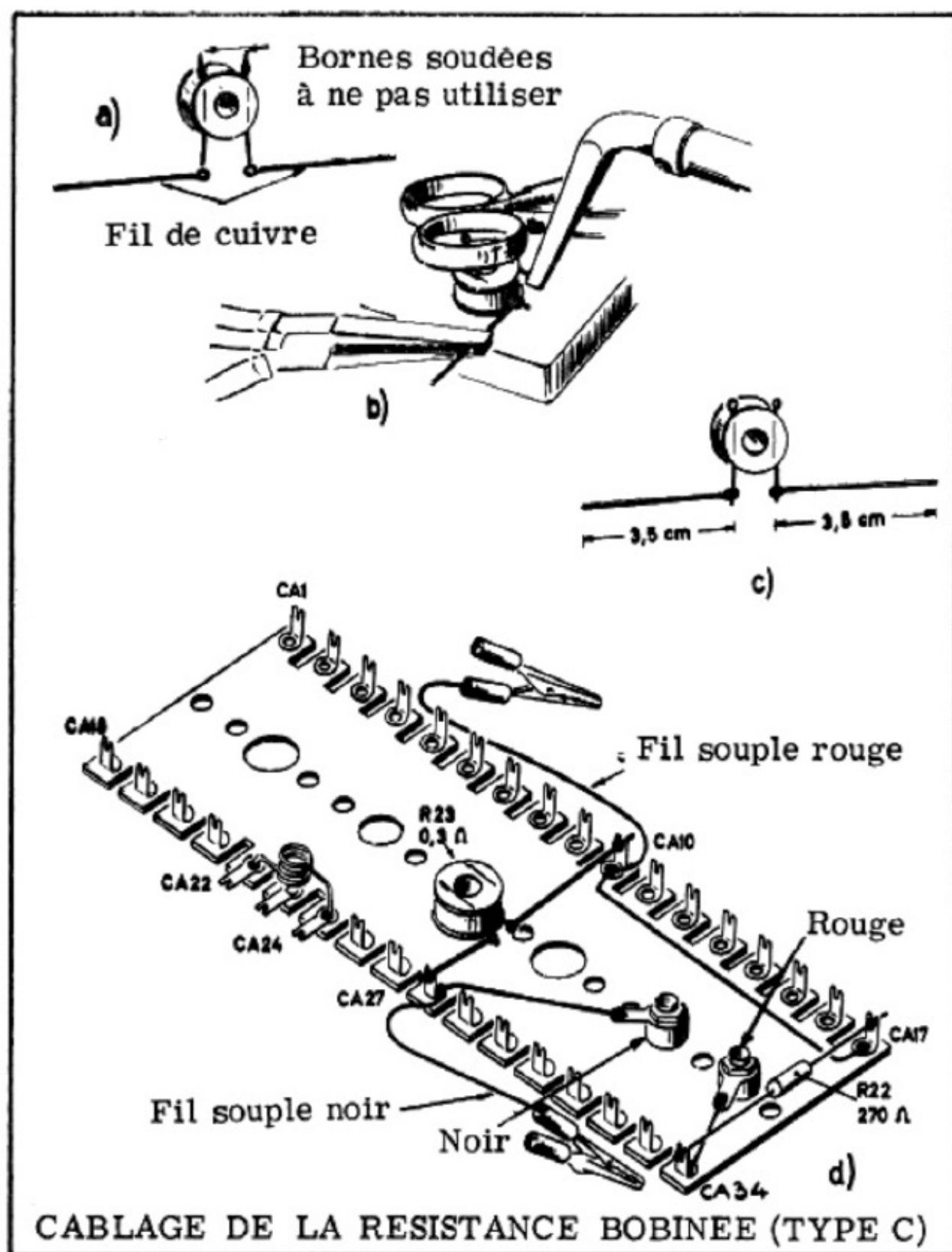


Figure 11

le galvanomètre à bobine mobile à la plaquette.

j) Soudez une fiche banane rouge à une extrémité du fil souple rouge.

k) Soudez une fiche banane noire à une extrémité du fil souple noir.

Il faut ensuite souder une cosse sur les deux extrémités libres des fils souples pour pouvoir connecter les deux fils aux bornes de l'appareil.

l) Dans ce but insérez l'extrémité libre du fil souple noir dans la languette d'une cosse simple et effectuez-en la soudure en maintenant la cosse avec des pinces (*figure 12 - a*) pour éviter de vous brûler.

m) Insérez l'extrémité libre du fil souple rouge dans la languette d'une autre cosse simple et effectuez la soudure comme vous l'avez fait plus haut.

Après avoir préparé les fils souples, il faut les relier aux bornes du galvanomètre à bobine mobile.

n) Dévissez l'écrou de chacune des deux bornes et enlevez de chacune la première rondelle.

o) Insérez la cosse reliée au fil souple rouge préparé à l'avance sur l'écrou de la borne portant le signe + (positif) *figure 12 - b* ; replacez la rondelle et l'écrou : serrez en vous aidant de pinces, mais sans forcer.

p) Effectuez la même opération avec la cosse du fil souple noir que vous relierez à la borne négative de l'appareil.

Après vous être assuré que les deux polarités de l'appareil sont bien raccordées aux deux fils souples, (fil souple rouge à la borne positive - fil souple noir à la borne négative), insérez à fond, du côté intérieur de la plaquette à 34 cosses la fiche banane rouge dans la douille rouge et la fiche banane noire dans la douille noire.

L'appareil doit être placé horizontalement sur la table.

Le circuit milliampèremétrique est ainsi terminé ; il ne vous reste plus qu'à réaliser le circuit d'essais.

a) Coupez un morceau de fil souple noir de 20 cm et soudez à une de ses extrémités une pince crocodile noire.

b) Coupez un morceau de fil souple rouge de 20 cm ; soudez à une de ses extrémités une pince crocodile rouge.

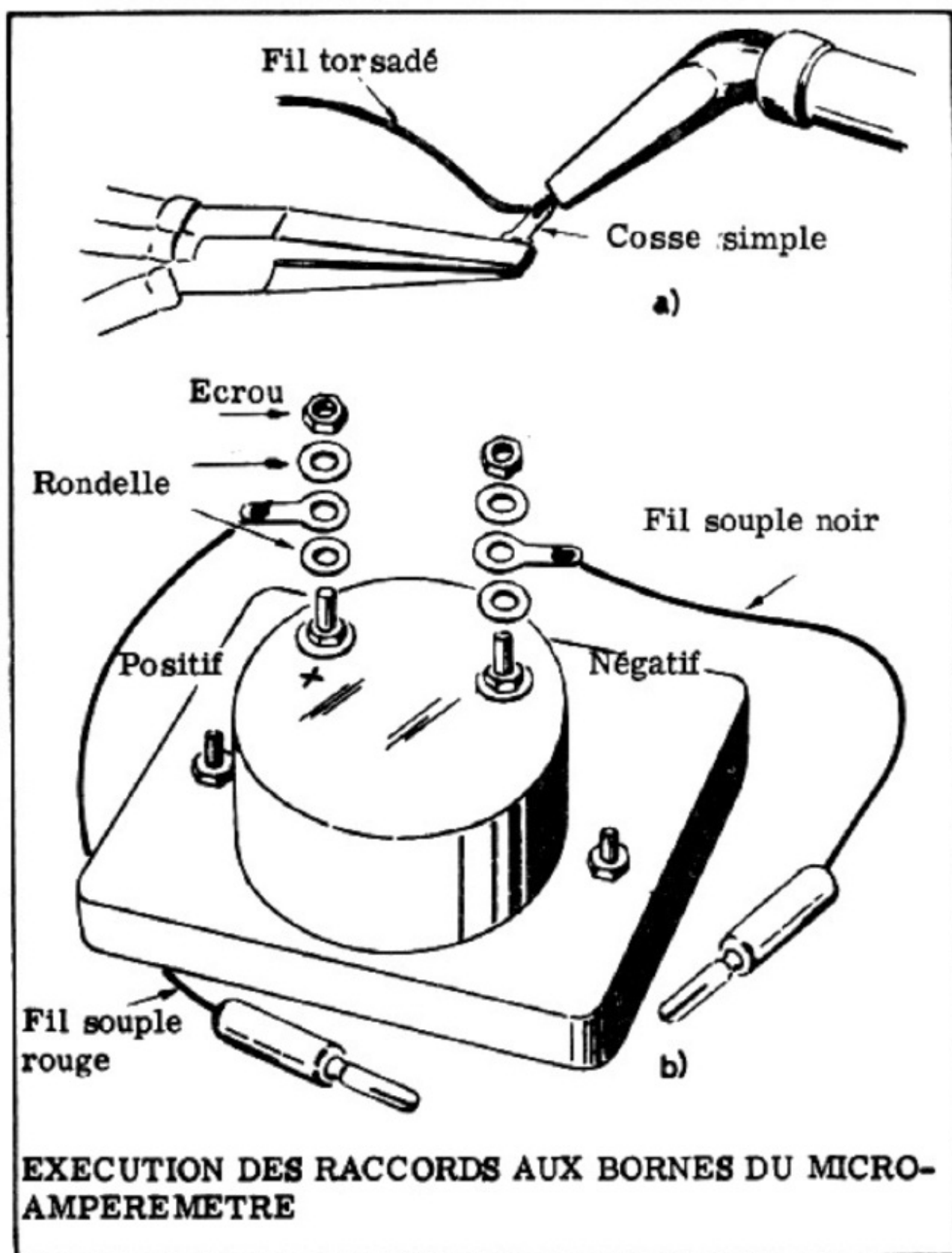


Figure 12

c) Soudez l'extrémité libre du morceau de fil souple noir sur la languette de la cosse CA23

d) Soudez l'extrémité libre du fil souple rouge sur la languette de la cosse CA24.

e) Vissez à fond la lampe sur le support de lampe.

L'exercice consiste à mesurer le courant parcourant la lampe, lorsque celle-ci est raccordée à une pile de 4,5 V.

Serrez avec la pince crocodile du fil souple noir provenant de la cosse CA23 le pôle négatif de l'une des deux piles et avec la pince crocodile du fil souple rouge partant de la cosse CA24, le pôle positif de la même pile ; la lampe s'allumera parce que le filament est parcouru par le courant émis par la pile.

Pour mesurer l'intensité de ce courant, il faut interrompre momentanément le circuit et relier en série le milliampèremètre à la lampe et à la pile.

Pendant cette opération, il faut respecter les polarités du milliampèremètre ; si tel n'est pas le cas l'aiguille se déplacera en sens contraire.

Détachez ensuite la pince crocodile rouge du pôle positif de la pile et serrez-la sur la pince crocodile noire du circuit milliampèremétrique.

Serrez avec la pince crocodile rouge du circuit milliampèremétrique le pôle positif de la pile.

Le montage pratique du circuit est terminé ; (*figure 13 - a*), vous noterez que la résistance bobinée R23 de 0,3 Ω est du type A. La *figure 13 - b* montre le schéma électrique du circuit.

Vous remarquerez que dans ce schéma électrique et les schémas suivants, nous n'avons pas reporté le symbole graphique des cosses ; en effet, au bout de 10 leçons pratiques, l'expérience acquise vous permet d'évaluer la correspondance exacte entre les schémas pratiques et les schémas électriques, même si ces derniers ne portent à partir de maintenant que les indications essentielles pour chaque circuit.

S'il n'y a aucune erreur de câblage, la lampe doit s'allumer à nouveau et l'aiguille du galvanomètre se déplacera sur le cadran et s'arrêtera près de la valeur 0,5 portée sur la troisième échelle, en commençant par le haut, (marquée des deux côtés par l'indication V-mA CC.). Cette échelle pour

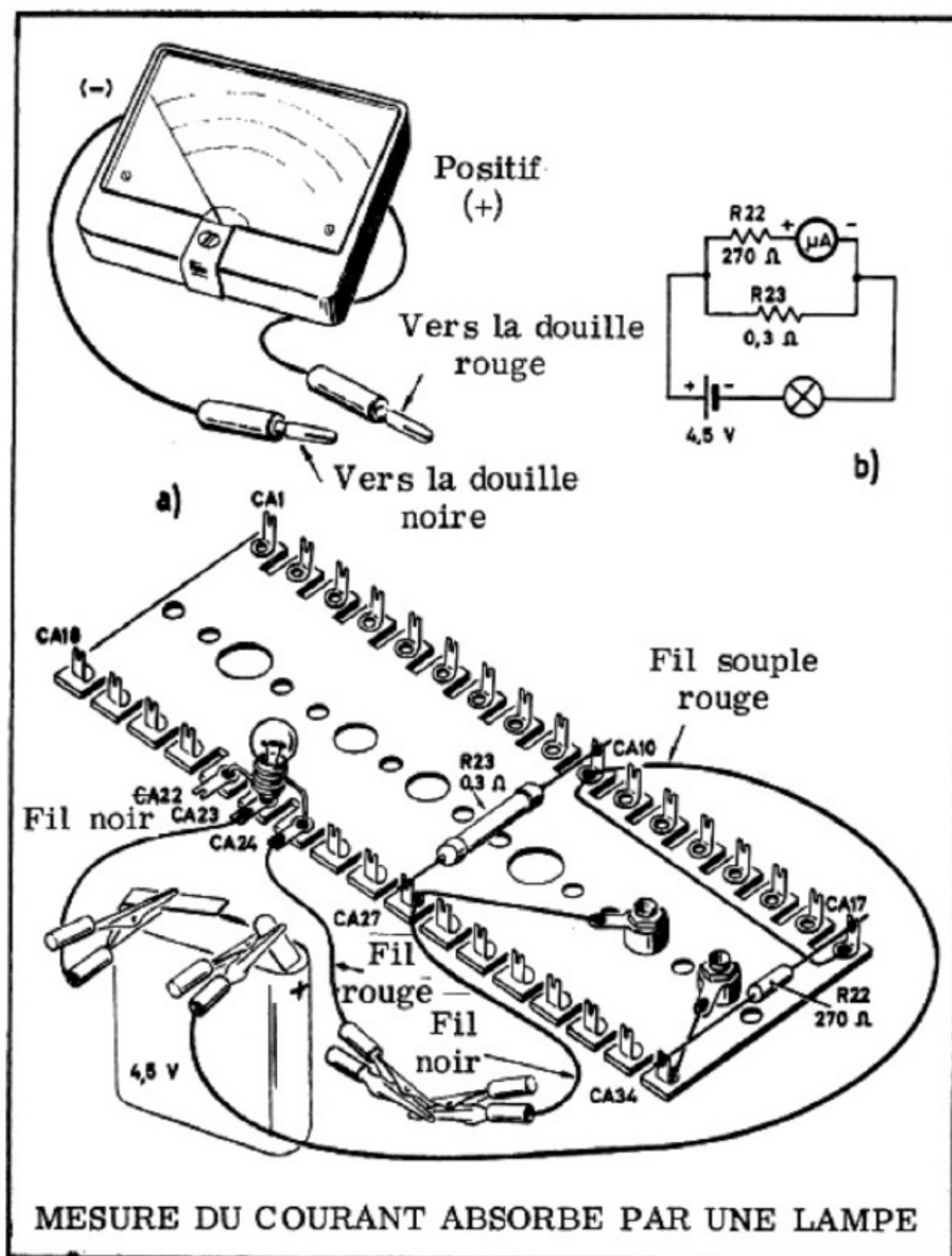


Figure 13

vous mesurerez maintenant l'intensité de courant parcourant deux lampes, reliées en parallèle, et alimentées par une pile de 4,5 V.

MESURE DU COURANT PARCOURANT DEUX LAMPES RELIEES EN PARALLELE

Vous devez apporter quelques modifications au montage précédent.

a) Redressez les languettes des cosse CA19, CA20 et CA21.

b) Dessoudez de la languette de la cosse CA23 le morceau de fil souple noir portant la pince crocodile noire.

Disposez les nouveaux raccords de la façon suivante :

c) Coupez un morceau de fil isolé noir de 3 cm et disposez-le du côté extérieur de la plaquette entre les languettes des cosse CA21 et CA23 : effectuez la soudure sur les deux points.

d) Coupez un morceau de fil isolé noir de 3 cm et disposez-le à l'extérieur de la plaquette entre les languettes des cosse CA20 et CA22 : soudez sur les deux points.

e) Introduisez le second support de lampe entre les oeillets des cosse CA19 et CA21 ; soudez sur les deux points.

f) Soudez l'extrémité libre du morceau de fil souple noir, muni d'une pince crocodile, que vous avez dessoudée auparavant de la cosse CA23, sur la languette de la cosse CA19.

g) Insérez à nouveau la fiche banane noire de l'appareil dans la douille noire de la plaquette et insérez la fiche banane rouge dans la douille rouge.

h) Serrez le pôle négatif de la pile avec la pince crocodile du fil souple noir provenant de la cosse CA19.

Le milliampèremètre sera ainsi relié en série avec les deux lampes et la pile.

i) Serrez ensuite la pince crocodile noire du circuit milliampèremétrique avec la pince crocodile du fil rouge provenant de la cosse CA24.

j) Serrez enfin le pôle positif de la pile avec la pince crocodile rouge du circuit milliampèremétrique.

Les raccords effectués sont montrés sur la figure 15 - a ; la figure 15 - b montre le schéma électrique.

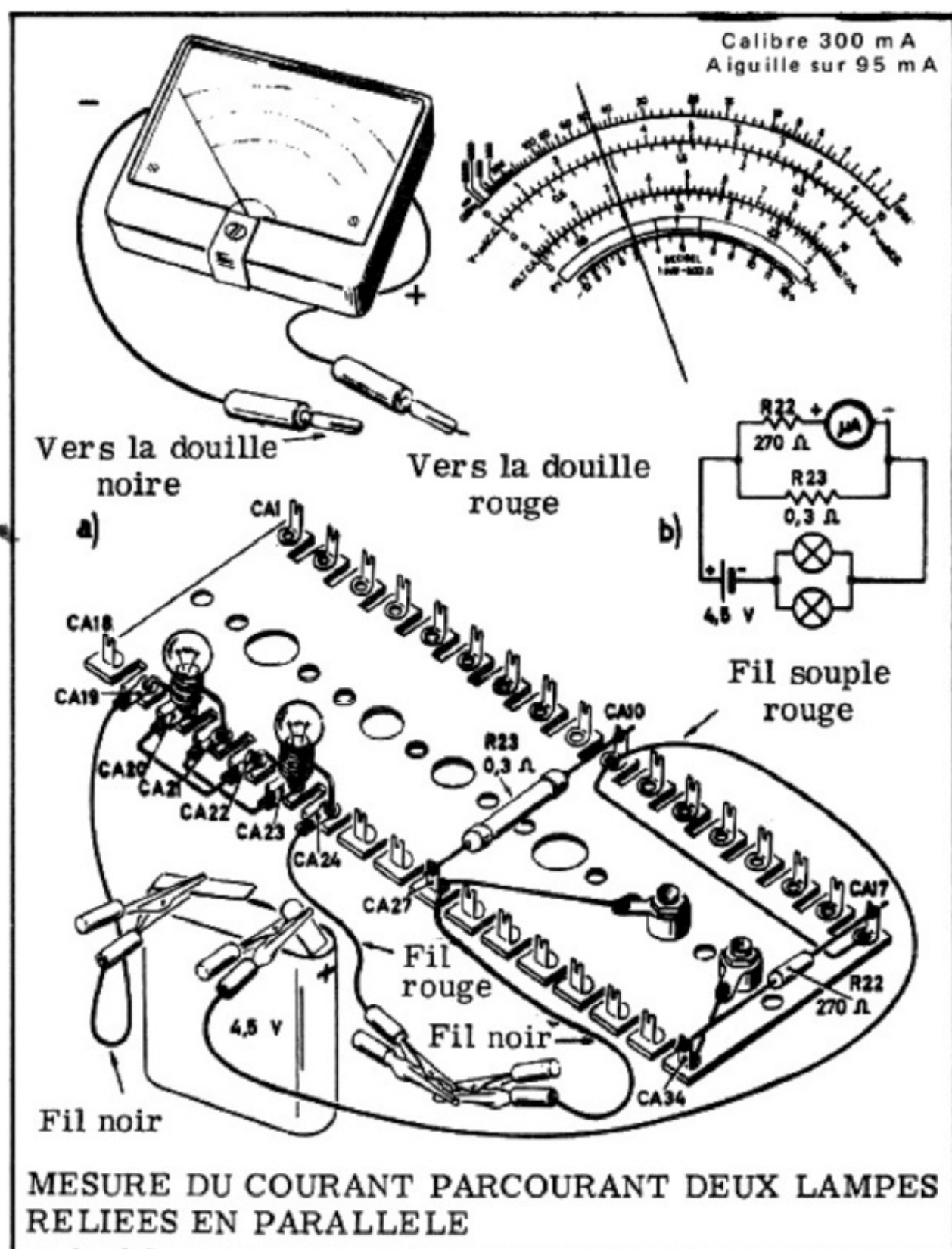


Figure 15

Si tous les raccords sont corrects, les lampes s'allumeront et en même temps l'aiguille de l'appareil se déplacera sur la même échelle graduée que dans le cas précédent, c'est-à-dire sur la troisième échelle en commençant par le haut, et s'arrêtera à proximité du chiffre 1 ; plus exactement, l'aiguille doit s'arrêter à environ 9,5 divisions, en partant du commencement de l'échelle, comme le montre le cadran *figure 15*.

En considérant que chaque division de l'échelle équivaut à 10 mA, la valeur du courant indiquée par l'appareil, en admettant que l'aiguille se soit arrêtée sur environ 9,5 divisions à partir du commencement de l'échelle, est donc de 95 mA. Cette valeur correspond justement à la valeur totale du courant parcourant les deux lampes reliées en parallèle.

Vous allez effectuer ensuite la mesure du courant parcourant les deux lampes reliées en série entre elles, et alimentées par une pile de 4,5 V.

Détachez d'abord la pile de la plaquette et desserrez les deux pinces crocodiles maintenues entre elles. (Il s'agit des pinces crocodiles rouges, reliées à CA24 et à CA27).

MESURE DU COURANT PARCOURANT DEUX LAMPES RELIEES EN SERIE

Vous réaliserez le circuit d'essais de la façon suivante :

a) Dessoudez le morceau de fil isolé noir des languettes des cosse CA20 et CA22.

b) Dessoudez le fil souple noir muni d'une pince crocodile sur la languette de la cosse CA19 ; soudez-le sur la languette de la cosse CA20.

Les deux lampes sont maintenant reliées en série entre elles.

c) Assurez-vous que les deux fiches bananes de l'appareil sont bien insérées dans les douilles respectives de la plaquette.

d) Serrez le pôle négatif de la pile avec la pince crocodile noire provenant de la cosse CA20.

e) Serrez le pôle positif de la pile avec la pince crocodile rouge du circuit milliampèremétrique (reliée à CA10).

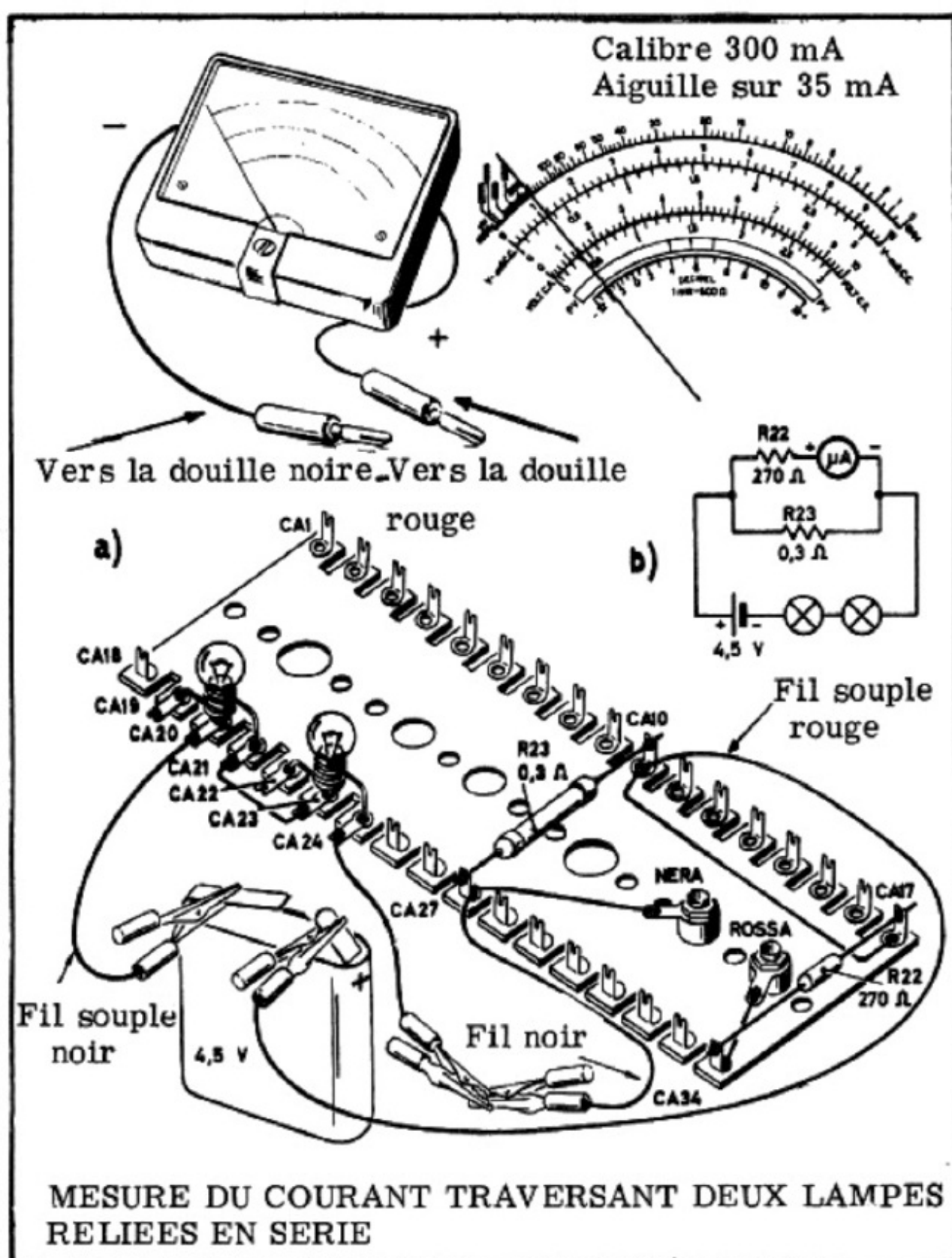


Figure 16

f) Serrez enfin la pince crocodile du fil souple rouge provenant de la cosse CA24, avec la pince crocodile noire du circuit milliampèremétrique.

La *figure 16 - a* montre le circuit réalisé ; la *figure 16 - b* le schéma électrique.

Si les raccords effectués ont été réalisés de façon correcte, vous constaterez qu'en même temps que les lampes s'allument, l'aiguille se déplace sur le cadran comme il est montré sur la *figure 16* et se place à environ 3 divisions $1/2$ en partant du commencement de l'échelle (toujours la même, la troisième échelle donc à partir du haut) ; cette valeur correspond à 35 mA.

Par conséquent, le courant parcourant les deux lampes reliées en série et alimentées par une pile est d'environ 35 mA.

Vous allez effectuer maintenant d'autres mesures de courant, en substituant aux lampes du circuit d'essais des valeurs de résistance données par la boîte de substitution.

Détachez la pile de la plaquette et enlevez les deux lampes de leur support ; mettez-les de côté pour la prochaine utilisation.

a) Prenez la boîte de substitution et insérez la fiche banane d'un cordon noir dans la douille noire (N) ; insérez la fiche banane d'un cordon rouge dans la douille rouge (M).

b) Placez le commutateur S1 de la boîte de substitution en position 100 Ω et le commutateur S2 en position 47 Ω . Mettez le levier de l'interrupteur en position P ; vous disposerez ainsi d'une résistance d'une valeur arrondie à 33 Ω entre les deux pinces crocodiles des cordons.

Vous pourrez mesurer le courant parcourant cette résistance après l'avoir reliée aux pôles d'une pile de 4,5 V.

c) Serrez le pôle négatif de l'une des deux piles avec la pince crocodile du cordon noir (relié à la douille N de la boîte de substitution).

d) Serrez la pince crocodile noire du circuit milliampèremétrique avec la pince crocodile du cordon rouge.

e) Serrez enfin le pôle positif de la pile avec la pince crocodile rouge du circuit milliampèremétrique (cordon rouge relié à CA10).

Le circuit ainsi réalisé est montré *figure 17 - a* ; la *figure 17 - b* montre le schéma électrique.

Comme vous le constatez l'aiguille de l'appareil se déplace sur le ca-

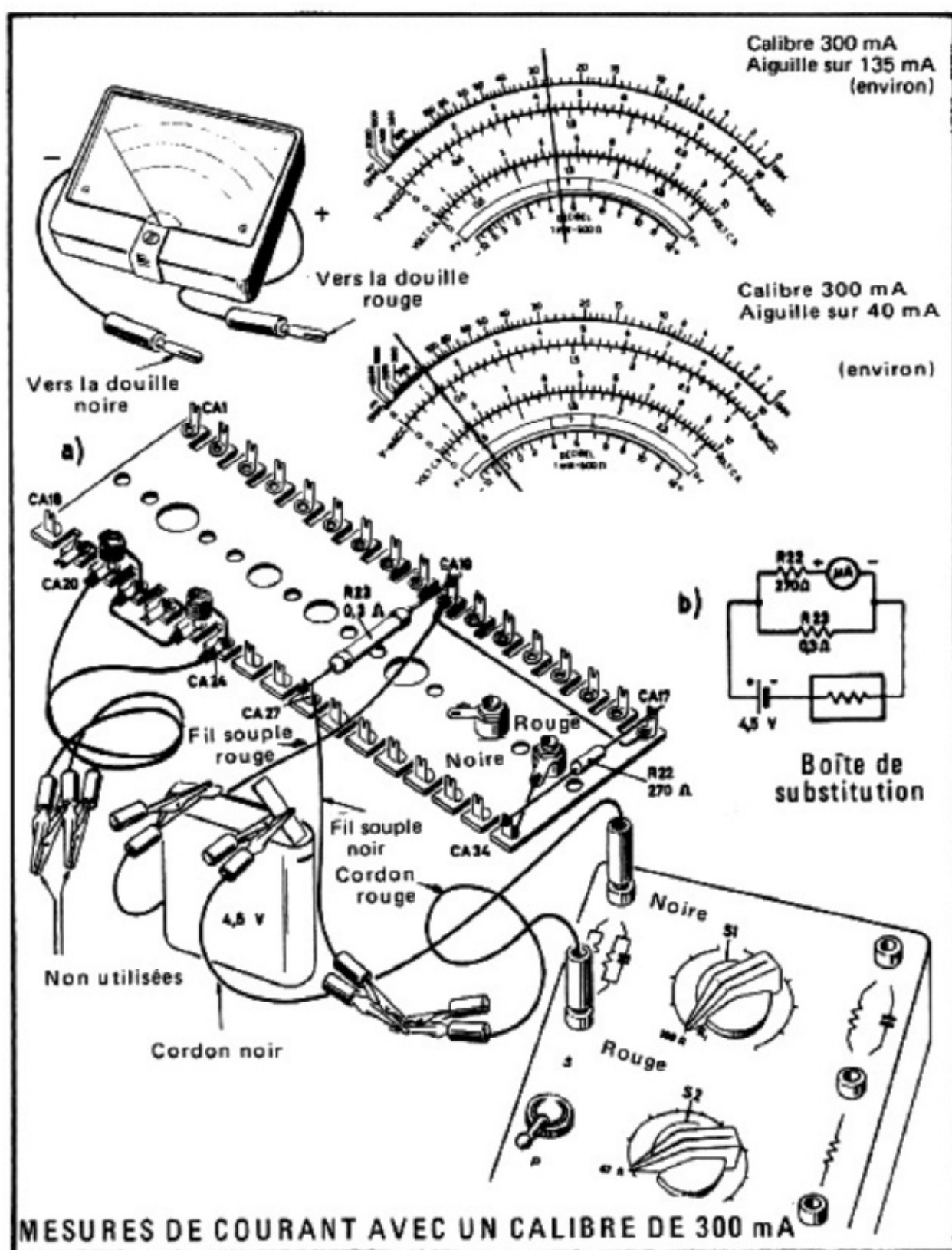


Figure 17

dran et se porte à environ 13,5 divisions par rapport au commencement de l'échelle, correspondant à 135 mA environ : la position présumée de l'aiguille est montrée sur la *figure 17* dans le haut du dessin.

Nous pouvons donc conclure qu'une résistance d'une valeur d'environ $33\ \Omega$, soumise à une tension de 4,5 V est parcourue par un courant d'environ : 135 mA.

Mettez maintenant le petit levier de l'interrupteur de la boîte de substitution en position S ; une résistance d'une valeur de $100\ \Omega$ s'établit ainsi entre les pinces crocodiles des cordons.

Comme vous pouvez le voir, l'aiguille de l'appareil se place cette fois sur la quatrième division (en commençant par le début de l'échelle) correspondant à une valeur de 40 mA ; cette nouvelle position de l'aiguille est montrée *figure 17*, deuxième dessin.

En augmentant encore la valeur de la résistance de la boîte de substitution on constatera sur l'appareil une diminution de courant.

Si, par exemple vous mettez le commutateur S1 en position $1\ k\Omega$ et le commutateur S2 sur $220\ \Omega$ et en déplaçant le levier de l'interrupteur sur la position P, vous disposerez entre les pinces crocodiles des cordons d'une résistance d'environ $180\ \Omega$. Cette fois-ci l'aiguille se portera seulement à deux divisions et demie (en partant du commencement) correspondant à une valeur d'environ 25 mA.

Il n'est plus possible de mesurer exactement la valeur du courant par suite d'une déviation trop petite de l'aiguille par rapport aux graduations. Il faut donc, dans ce cas utiliser un appareil disposant d'un calibre moins élevé pour pouvoir évaluer avec plus de précision ces ordres de valeurs.

Débranchez la boîte de substitution de la pile, de même que la pince crocodile du fil souple noir du circuit milliampèremétrique ; retirez les deux fiches bananes de l'appareil reliées aux douilles noire et rouge de la plaquette à 34 cosses.

2 - 2 MILLIAMPEREMETRE D'UN CALIBRE DE 30 mA.

Après avoir réalisé un milliampèremètre de calibre 300 mA, vous construirez maintenant un circuit milliampèremétrique d'un calibre 10 fois

plus petit, c'est-à-dire de 30 mA ; et ceci en apportant à l'appareil une modification très simple.

Il s'agit de porter la valeur de résistance reliée en parallèle à l'appareil (résistance shunt) de $0,3 \Omega$ à 3Ω ; pour obtenir ce résultat il suffit de placer en série la résistance R23 de $0,3 \Omega$ avec la résistance R24 de $2,7 \Omega$ comme il est indiqué sur le schéma électrique de la figure 18.

En augmentant la valeur du shunt on diminue le calibre du bout de l'échelle de l'appareil.

En effet on passe de $0,3 \Omega$ à 3Ω ($2,7 \Omega + 0,3 \Omega$) c'est-à-dire que l'on augmente la valeur du shunt de 10 fois, donc le calibre milliampèremétrique est réduit de 10 fois.

On peut en déduire que *plus la valeur de la résistance placée en parallèle avec le microampèremètre est basse, plus la valeur du courant que l'on peut mesurer sur le microampèremètre sera élevée, c'est-à-dire que le calibre du bout de l'échelle augmente proportionnellement.*

C'est ce que nous allons constater dans l'exercice suivant.

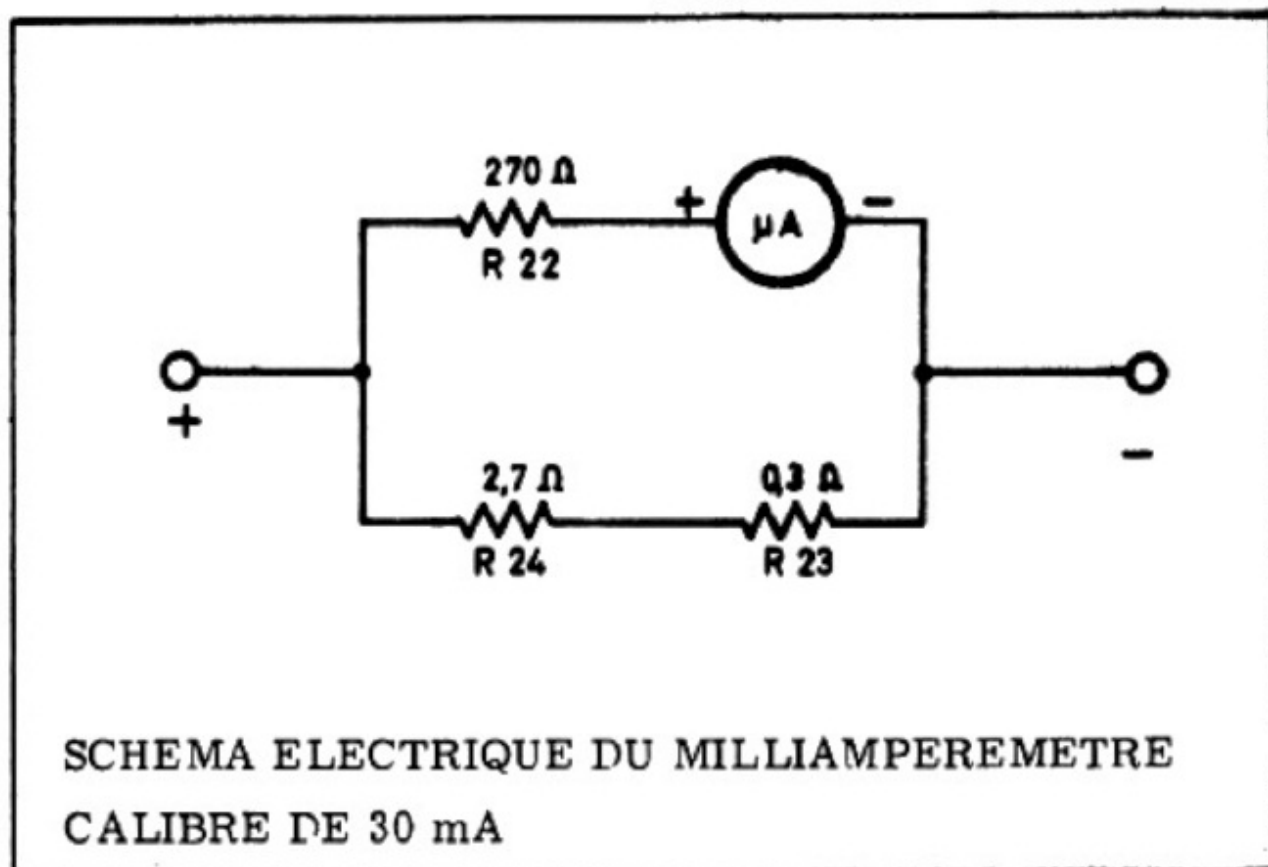


Figure 18

Second exercice

Le travail à effectuer sur la plaquette à 34 cosses doit être fait de la façon suivante :

a) Dessoudez l'extrémité du fil isolé noir provenant de la cosse CA17 de l'oeillet de la cosse CA10, de même que le fil souple rouge portant une pince crocodile (relié à la cosse CA10).

b) Raccourcissez d'environ 1,5 cm le fil noir isolé provenant de la cosse CA17 ; soudez-le ainsi que le fil souple rouge muni d'une pince crocodile dans l'oeillet de la cosse CA12.

c) Coupez un morceau de fil isolé noir de 5,5 cm et soudez-le entre les oeillets des cosses CA10 et CA29.

Vous devez maintenant placer la résistance bobinée R24 de $2,7 \Omega$, tolérance 1 % - 0,5 W. Celle-ci, de même que la résistance bobinée R23, peut se présenter sous l'un des trois aspects montrés sur la *figure 8*.

Pour sa préparation, vous devez vous reporter aux indications qui vous ont été données concernant la résistance shunt R23. Vous devez ensuite vous référer aux *figures 19 - a*, *19 - b*, *19 - c*, selon que vous avez reçu une résistance de type A (axial), de type B (à plaquette) ou encore de type C (à bobine ou carcasse).

Si vous avez reçu une résistance C, assurez-vous en cours de montage que les bornes ne sont pas en contact avec la résistance R23 de $0,3 \Omega$ qui est déjà montée.

d) En suivant soigneusement ces indications, placez maintenant de façon correcte la résistance R24 de $2,7 \Omega$, tolérance 1 % - 0,5 W, entre les languettes des cosses CA12 et CA29 ; soudez sur les deux points.

e) Vérifiez que les commutateurs et l'interrupteur de la boîte de substitution se trouvent bien dans les mêmes positions que pendant l'exercice précédent, avec le milliampèremètre sur le calibre de 300 mA, c'est-à-dire S1 sur la position 1 k Ω , S2 sur 220 Ω et l'interrupteur en position P.

f) Insérez la fiche banane noire de l'appareil dans la douille noire de la plaquette à 34 cosses et la fiche banane rouge dans la douille rouge.

Vous aurez soin lors des mesures de courant sur le milliampèremètre à calibre de 30 mA, de toujours placer les commutateurs et l'interrupteur de la boîte de substitution exactement dans les positions indiquées : si vous pla-

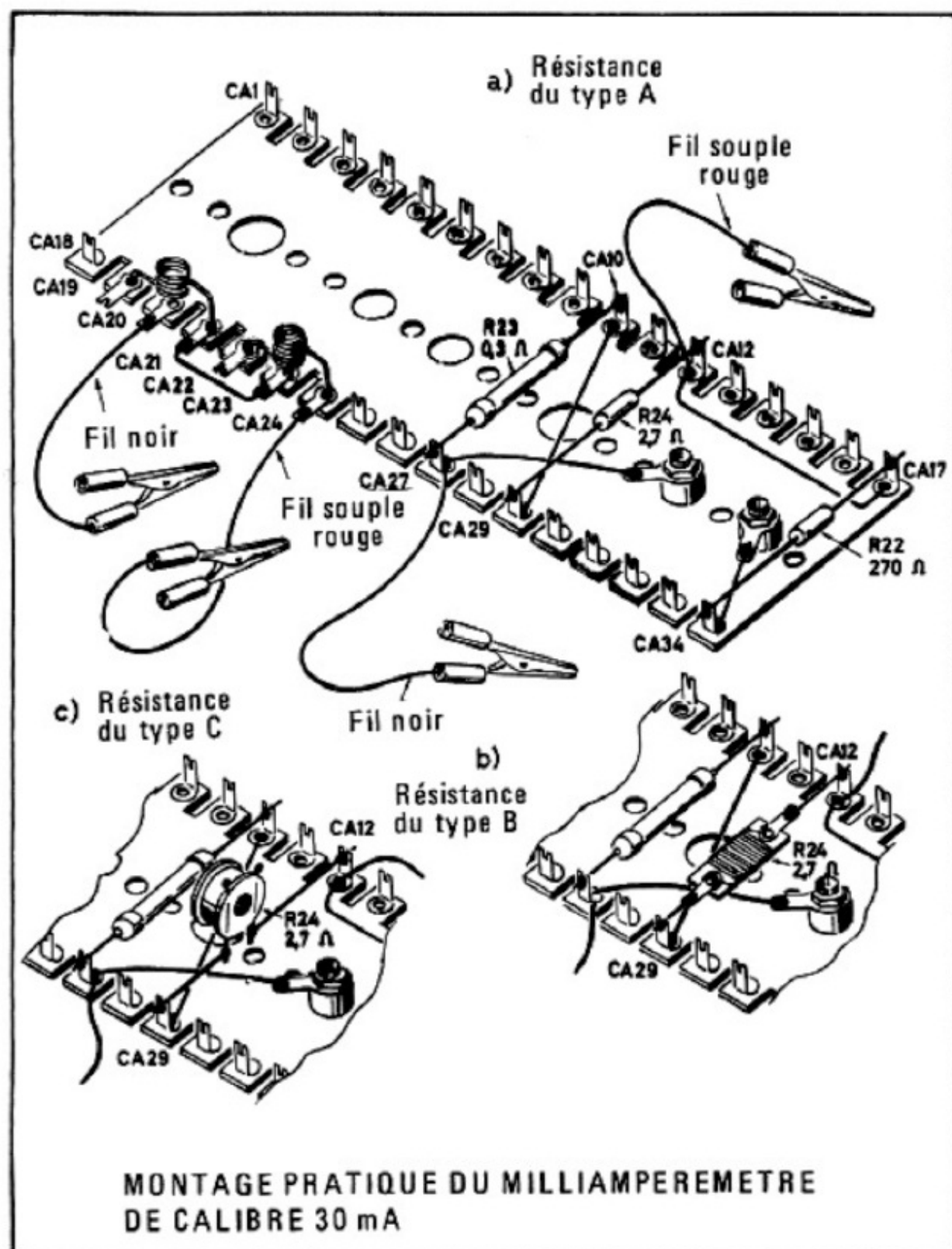


Figure 19

cez par erreur dans le circuit d'essais, des résistances d'une valeur inférieure à $100\ \Omega$, l'aiguille de l'appareil buterait sur la fin de l'échelle et risquerait d'endommager l'appareil à cause du passage du courant d'une intensité plus élevée que celle prévue pour le milliampèremètre.

g) Serrez le cordon noir provenant de la boîte de substitution au pôle négatif de la pile ; serrez le cordon rouge provenant de la boîte de substitution sur la pince crocodile noire du circuit milliampèremétrique (reliée à CA27).

h) Serrez la pince crocodile rouge du circuit milliampèremétrique sur le pôle positif de la pile.

La *figure 20 - a* montre le circuit maintenant réalisé et la *figure 20 - b* le schéma électrique.

Si les raccords effectués sont corrects, l'aiguille de l'appareil s'arrêtera sur la position correspondant à la valeur d'environ 2,5 (toujours sur la même échelle, la troisième à partir du haut). Cette position est montrée sur le cadran en haut de la *figure 20*. Comme la fin de l'échelle est de 30 mA cette fois, il faut multiplier par 10 la valeur indiquée, ce qui donne un courant de 25 mA (en pratique vous pourrez relever une valeur légèrement différente).

Chaque graduation de l'échelle est donc égale à 1 mA. On doit donc admettre que les indications de l'échelle sont celles indiquées, *figure 14 - b*. Vous pouvez constater que maintenant la lecture est beaucoup plus aisée, puisque le degré de précision de l'appareil a été augmenté de 10 fois.

Mettez maintenant le levier de l'interrupteur de la boîte de substitution sur la position S ; de cette façon, la résistance disponible entre les pinces crocodiles des cordons de la boîte de substitution atteint environ la valeur de $1.000\ \Omega$. L'aiguille du cadran se déplace alors et s'arrête à environ 4,5 divisions (à partir du commencement de l'échelle) cela correspond à 4,5 mA.

Cette nouvelle position de l'aiguille est montrée sur le cadran, dessiné en deuxième position sur la *figure 20*.

Une valeur aussi basse n'aurait pratiquement pas pu être lue avant lorsque la fin de l'échelle du milliampèremètre était de 300 mA.

2 - 3 MILLIAMPEREMETRE A PLUSIEURS CALIBRES

Il est possible d'avoir une "prise" qui permet d'obtenir un calibre de

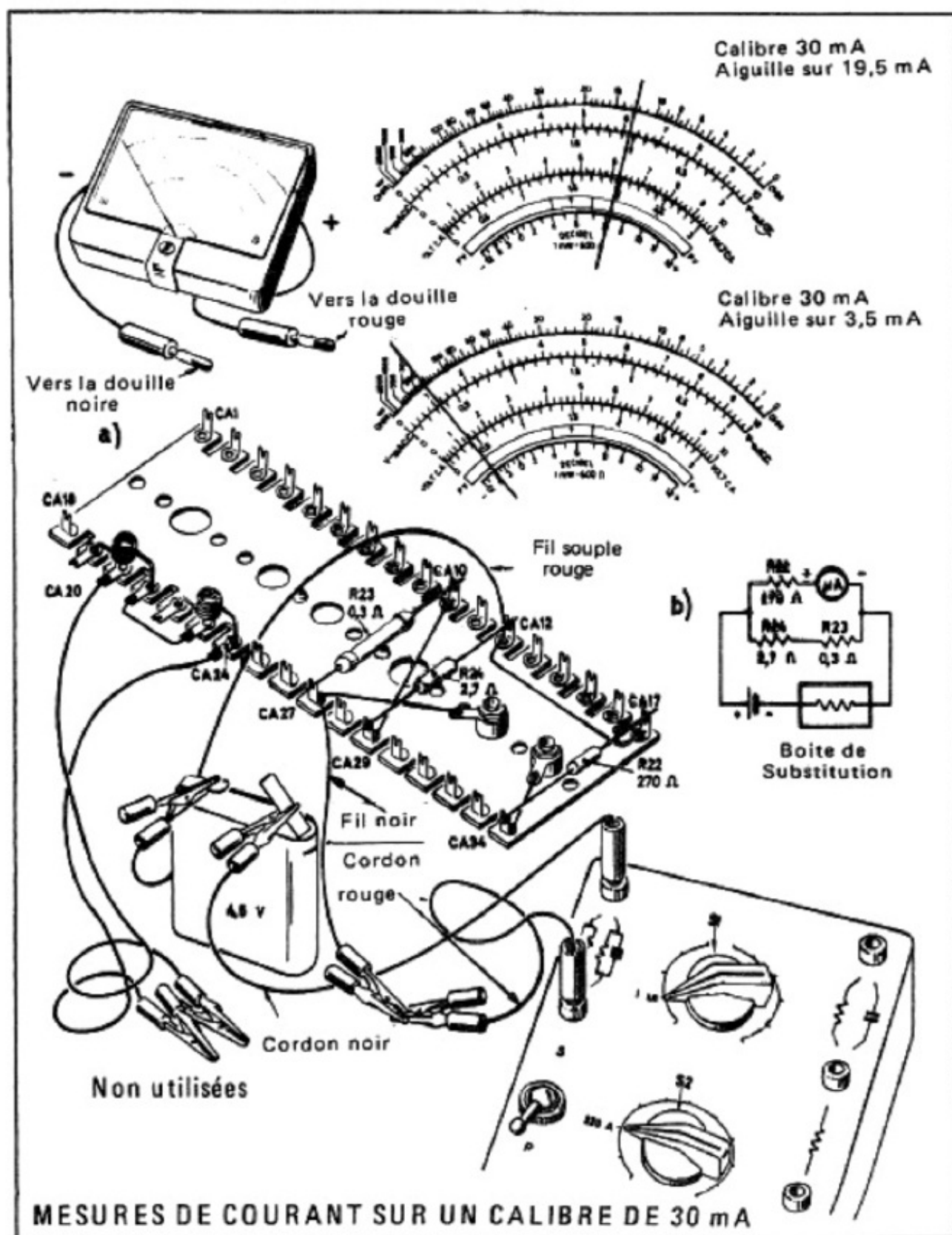


Figure 20

300 mA, sans modifier le circuit du milliampèremètre à calibre de 30 mA, réalisé plus haut. Il suffit d'effectuer une liaison entre la borne négative du galvanomètre et la connexion entre R24 et R23.

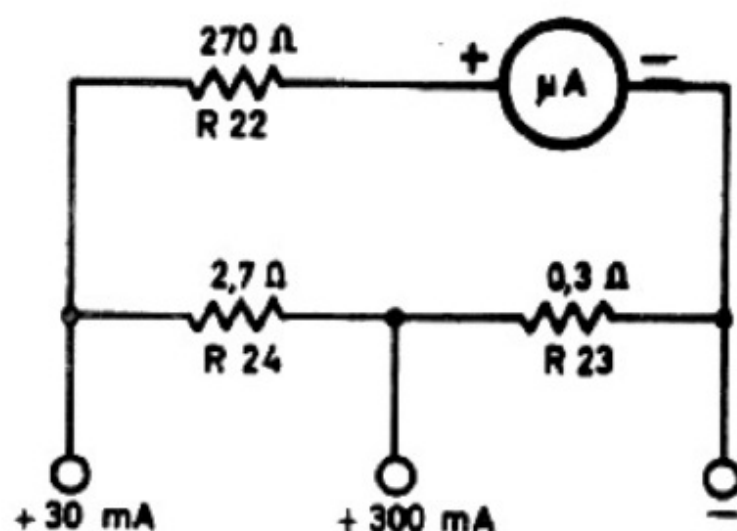
Dans ce cas, la résistance R24 sera disposée en série avec la résistance R22 et la résistance interne de l'appareil ; en outre sa valeur n'aura qu'un effet négligeable sur le calibre de 300 mA. On dispose ainsi de deux calibres, l'un de 30 mA et l'autre de 300 mA (*figure 21*).

Troisième exercice

Pour réaliser un milliampèremètre à plusieurs calibres, procédez de la façon suivante :

a) Soudez une pince crocodile noire à une extrémité d'un morceau de fil vert que vous avez récupéré à la fin des exercices de la *Pratique 8*.

b) Soudez l'extrémité libre du fil souple vert muni d'une pince crocodile noire, sur l'oeillet de la cosse CA10.



**SCHEMA ELECTRIQUE DU MILLIAMPEREMETRE
AVEC DES CALIBRES DE 30 mA et 300 mA**

Figure 21

Vous aurez ainsi réalisé un milliampèremètre à deux calibres : l'un de 30 mA et l'autre de 300 mA.

c) Gardez les commutateurs de la boîte de substitution dans les mêmes positions qu'avant, c'est-à-dire S1 sur 1 k Ω , S2 sur 220 Ω et placez l'interrupteur en position P.

d) Serrez le pôle négatif de la pile avec la pince crocodile du cordon noir de la boîte de substitution.

e) Serrez la pince crocodile du fil souple noir provenant du circuit milliampèremétrique avec la pince crocodile du cordon rouge de la boîte de substitution.

f) Serrez enfin le pôle positif de la pile avec la pince crocodile du fil souple vert. De cette façon, la fin de l'échelle de l'appareil correspond à 300 mA.

La *figure 22* montre le circuit réalisé. L'aiguille de l'appareil, comme nous l'avons vu précédemment, va se porter à 2 divisions environ (en partant du commencement de l'échelle) correspondant à 25 mA. La position que prendra l'aiguille est montrée sur le cadran en haut de la *figure 22*.

Détachez maintenant du pôle positif de la pile, la pince crocodile du fil souple vert et reliez au pôle positif la pince crocodile du fil souple rouge du circuit milliampèremétrique, en ayant soin que la pince crocodile du fil souple vert ne soit pas en contact avec aucune des cosses du circuit milliampèremétrique.

Ce raccordement est marqué par un trait pointillé sur la *figure 22*.

De cette façon le calibre de l'appareil est de 30 mA.

Comme vous l'avez déjà constaté, l'aiguille de l'appareil se déplacera sur le cadran et s'arrêtera cette fois sur la valeur de 25 mA environ. Cette position est montrée sur le cadran du bas de la *figure 22*.

La différence de la valeur du courant relevé dans les mesures, doit être attribuée aux différences de précision de l'appareil dans les deux calibres.

Cette simple expérience vous permet de vous rendre compte de la grande importance des calibres dans un appareil de mesure.

Détachez la plaquette à 34 cosses de la boîte de substitution ainsi que la pile et l'appareil de mesure dont vous aurez l'usage dans la prochaine leçon.

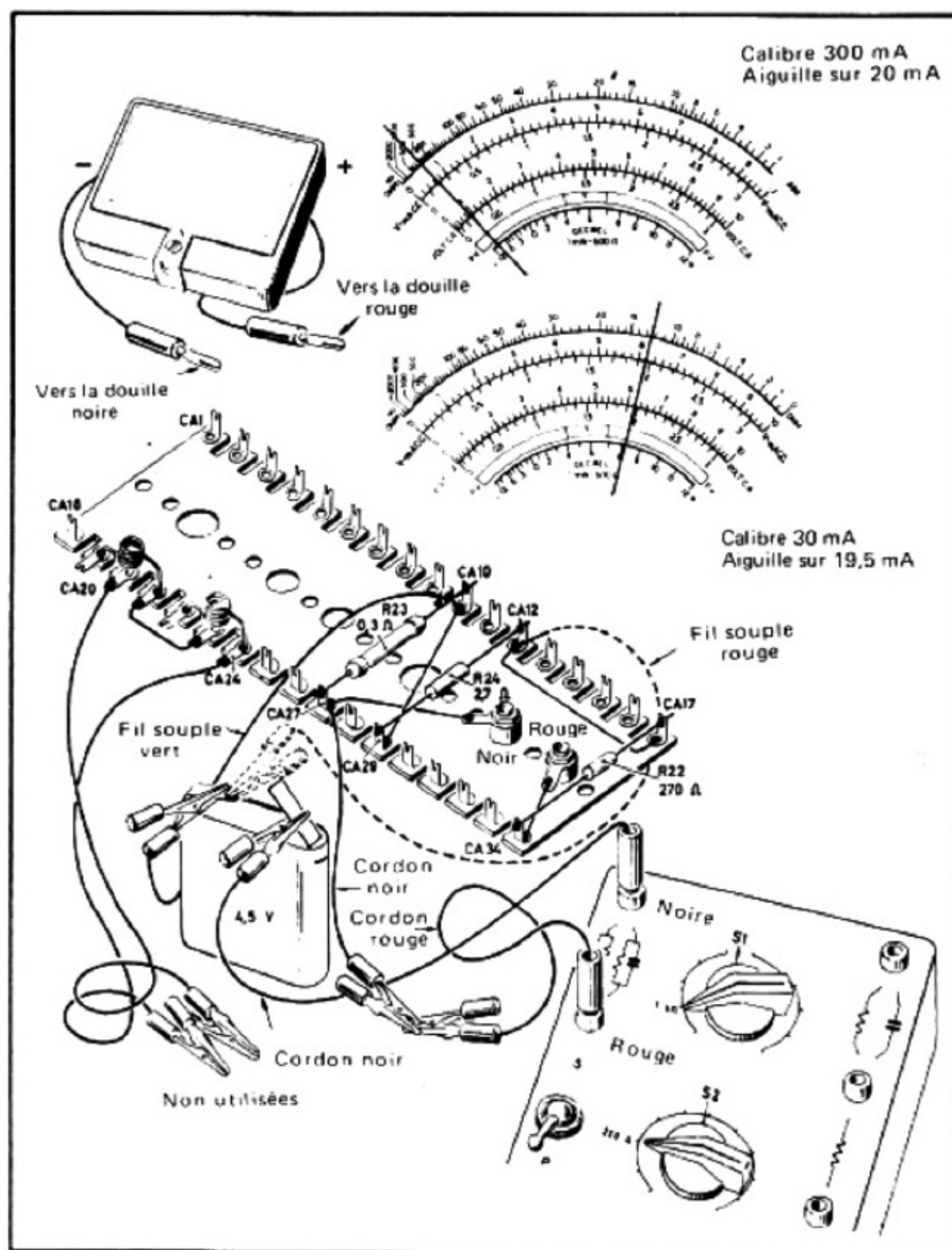


Figure 22

3 - CIRCUIT MILLIAMPEREMETRIQUE DU CONTROLEUR UNIVERSEL

Les exercices précédents vous ont permis d'analyser le comportement des circuits milliampèremétriques et de connaître en même temps l'usage des échelles de lecture du microampèremètre.

Vous allez commencer maintenant le montage du contrôleur universel dont le circuit milliampèremétrique se compose de 5 calibres : $100\ \mu\text{A}$ - 1 mA - 10 mA - 100 mA - 1 A.

Pour avoir une grande précision dans les mesures, précision qui n'a pas toujours été obtenue jusqu'à maintenant, vous emploierez des shunts à tolérance très étroite, c'est-à-dire de l'ordre de 1%.

En examinant le circuit milliampèremétrique du contrôleur (*figure 23*) vous constaterez que la résistance R23 de $0,3\ \Omega$ est le shunt du calibre 1 A ; la résistance R24 de $2,7\ \Omega$ reliée à R23 est le shunt du calibre 100 mA ; la résistance R25 de $27\ \Omega$ avec R24 et R23 est le shunt du calibre 10 mA et ainsi de suite.

Les deux résistances R28 et R27 de $1,5\ \text{k}\Omega$ et $1,2\ \text{k}\Omega$ font également partie du circuit milliampèremétrique ; elles pourraient pratiquement être remplacées par une seule résistance de $2,7\ \text{k}\Omega$ ($1,5 + 1,2 = 2,7$) mais pour des raisons que nous expliquerons par la suite, il est nécessaire d'utiliser deux résistances afin de pouvoir disposer d'une prise intermédiaire.

Le montage à effectuer est très simple, puisqu'il s'agit seulement de placer sur le circuit imprimé du contrôleur, quatre des six résistances shunts.

La technique de construction du circuit imprimé a été déjà étudiée lors de la réalisation de la boîte de substitution ; nous estimons donc que la technique du montage des composants sur circuit imprimé vous est connue.

Nous la rappelons sommairement.

Examinez le circuit imprimé, fourni avec la quatrième série de matériel.

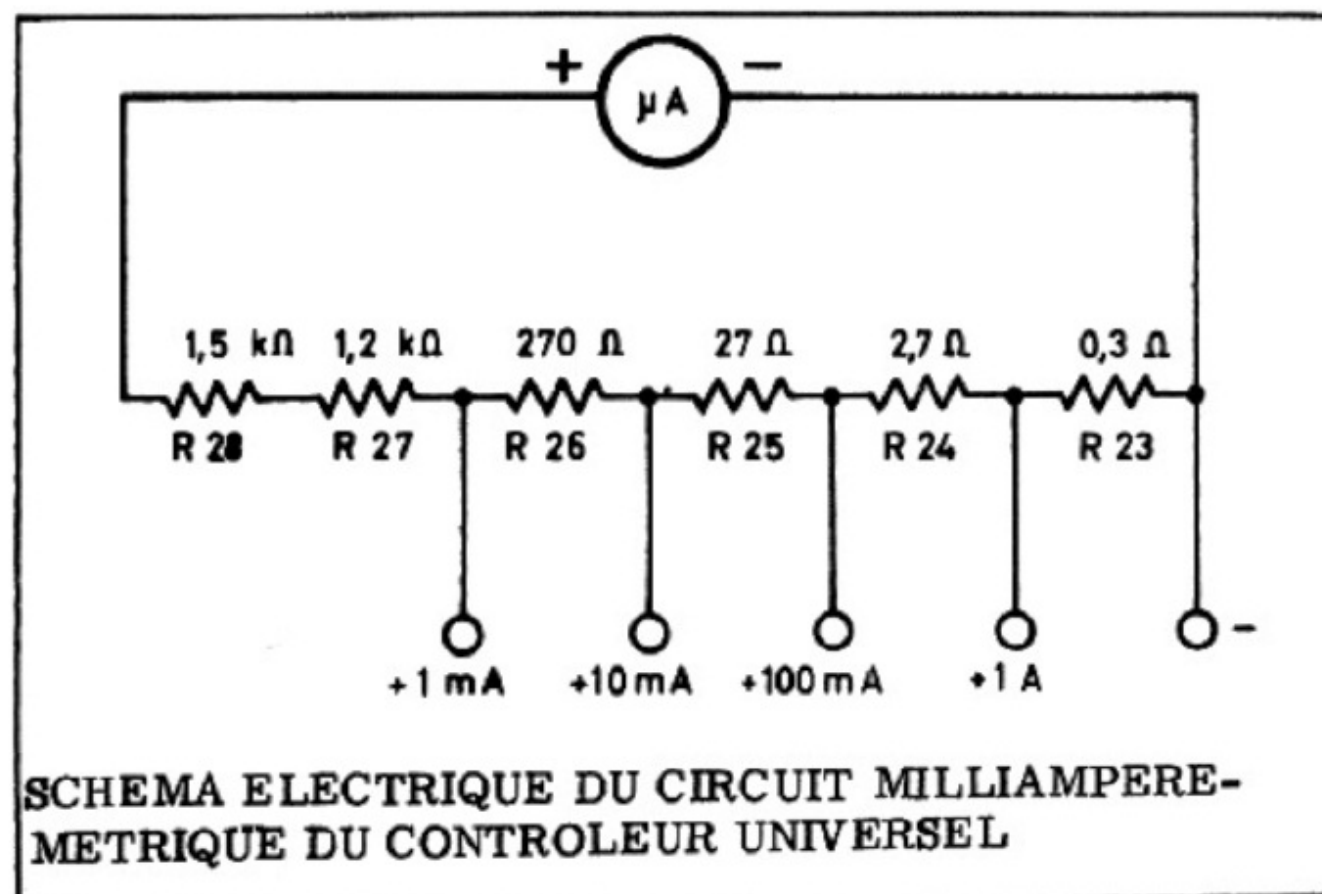


Figure 23

Comme nous l'avons fait pour la boîte de substitution, nous désignerons le côté sur lequel se trouvent les bandes de cuivre qui constituent les liaisons *COTE INTERIEUR* ; nous appellerons *COTE EXTERIEUR* le côté opposé, sans bandes de cuivre, le côté donc sur lequel seront montés les composants.

Le montage des composants doit être réalisé de la même façon que lors du montage de la boîte de substitution.

Il faut d'abord reconnaître les trous dans lesquels doivent être soudées les bornes de chaque composant.

On commence par plier les bornes à angle droit en les insérant dans les trous repérés à l'avance, de sorte que le corps du composant adhère parfaitement sur le côté extérieur du circuit imprimé.

Enfin on effectue la soudure des bornes sur les bandes de cuivre en

suivant les indications données lors du montage de la boîte de substitution.

La *figure 24* montre le côté intérieur du circuit imprimé du contrôleur.

Vu le nombre élevé des trous du circuit imprimé et pour éviter des possibilités d'erreur nous avons jugé utile de ne pas désigner chaque trou par un sigle mais d'indiquer seulement de façon précise les diverses liaisons qui doivent y être reliées.

Chaque liaison du circuit imprimé (*figure 24*) est désignée par le sigle CE suivi d'un numéro d'ordre qui identifie chaque bande de cuivre.

Nous indiquerons, avec les instructions de montage, les sigles qui permettent de distinguer les liaisons ayant un potentiel équivalent entre lesquels vous devez disposer chaque composant ; comme chaque liaison a deux trous ou plus, il vous faudra consulter le schéma pratique de montage chaque fois ; ces schémas vous parviendront au fur et à mesure du montage.

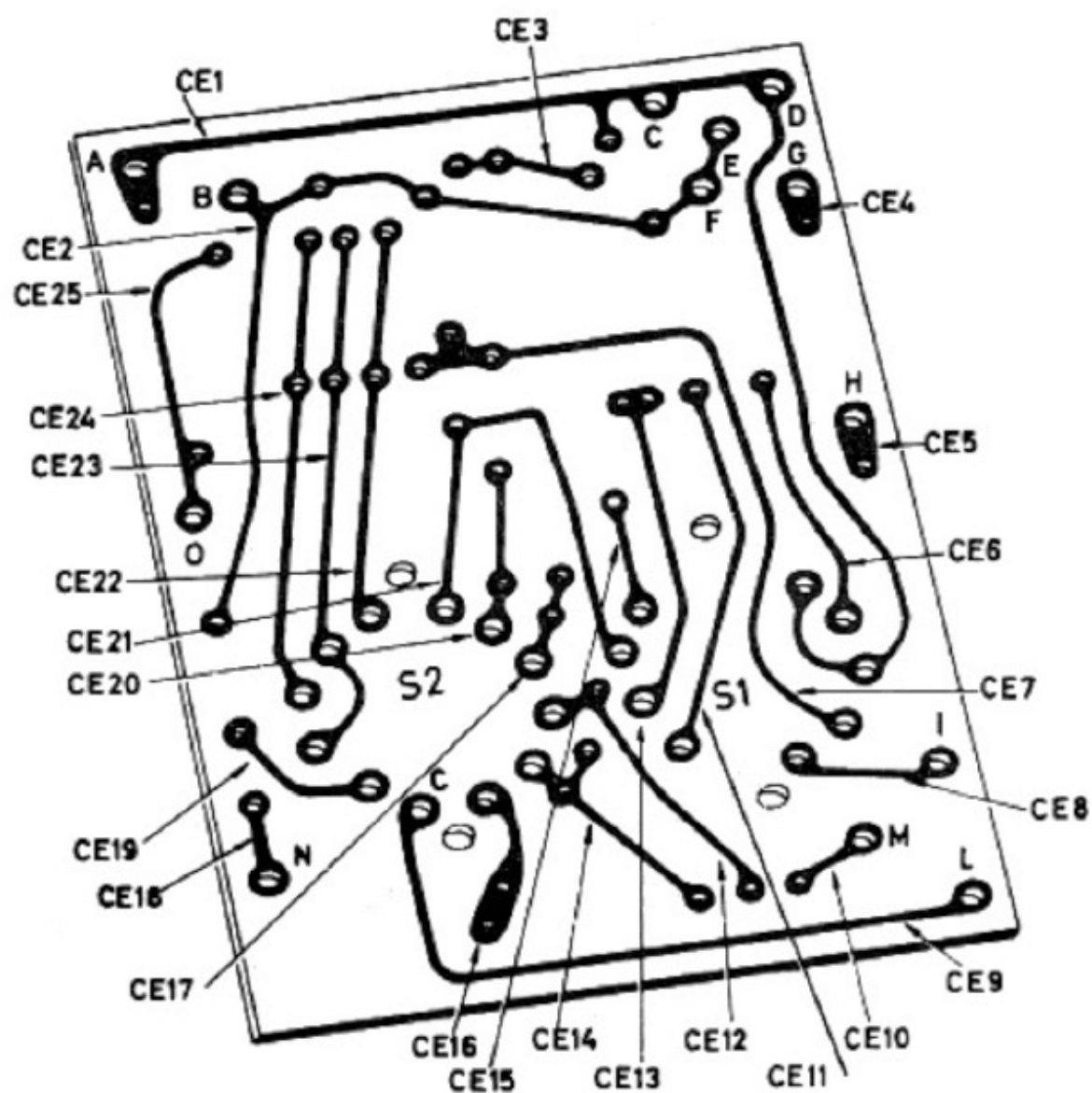
En examinant le côté extérieur du circuit imprimé, c'est-à-dire le côté sur lequel sont disposés les composants, on ne peut voir les bandes de cuivre mais seulement les trous. Pour éviter des possibilités d'erreur dans les liaisons avant de réaliser le raccord, examinez à contre-jour le côté extérieur du châssis ; de cette façon, les bandes du circuit imprimé apparaissent par transparence et il est plus facile ainsi de reconnaître les trous.

Avant de commencer le montage rappelez-vous que les petits cylindres métalliques qui sont rivés sur les bandes de cuivre seront utilisés pour raccorder le circuit imprimé sur les douilles montées sur la face avant du contrôleur universel. Nous désignerons chaque cylindre par une lettre pour en faciliter le montage.

Comme nous l'avons déjà fait pour le montage du contrôleur de circuits par substitution, soudez sur les bandes de cuivre du circuit imprimé les 13 bornes (cylindres) qui sont déjà rivées sur le circuit ; vous assurerez ainsi un bon contact électrique entre les bornes et les bandes de cuivre.

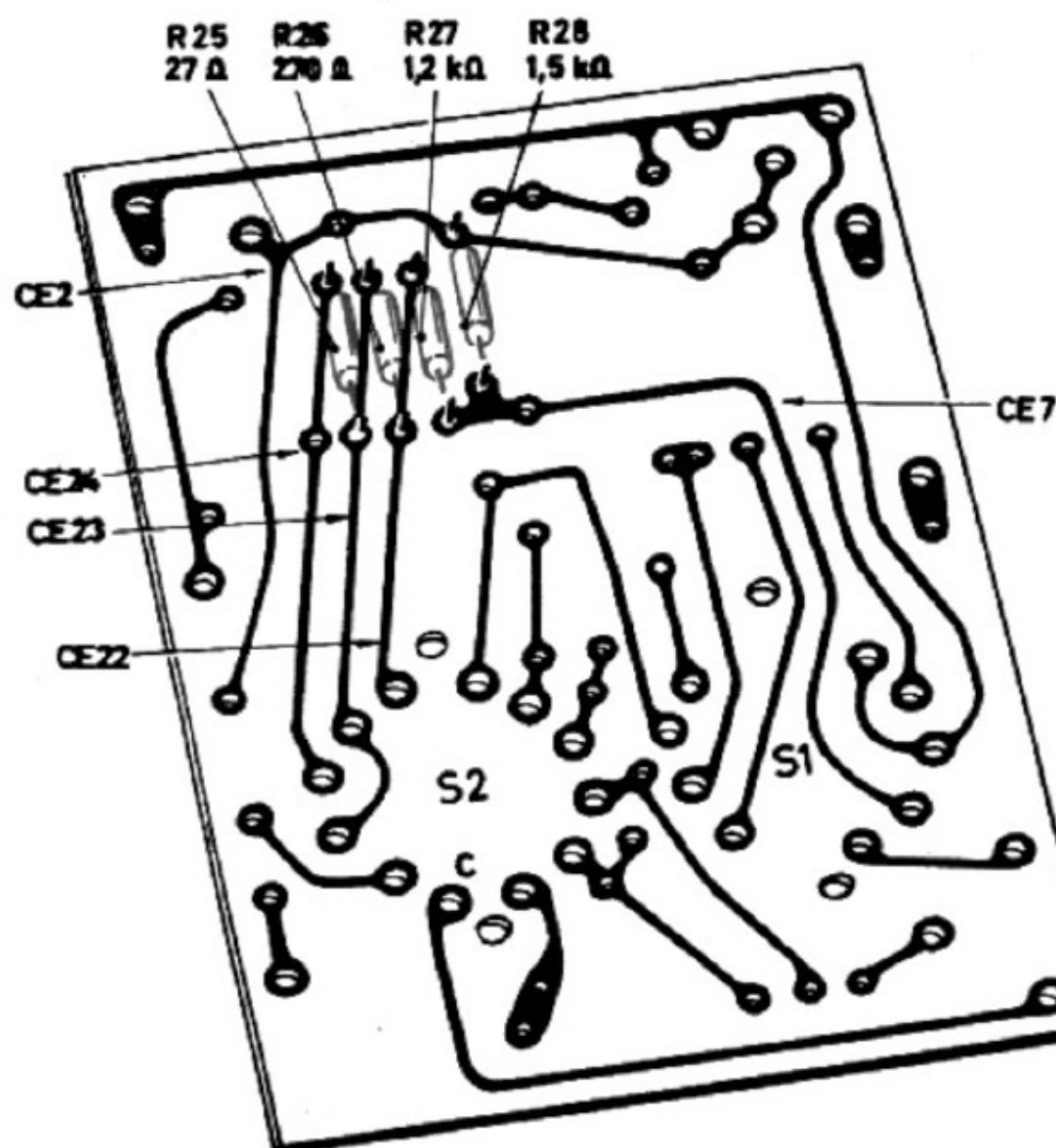
La première partie du montage électrique consiste à disposer toutes les résistances shunts, excepté les résistances R23 de 0,3 Ω et R24 de 2,7 Ω , sur le circuit imprimé.

Les résistances shunts doivent être placées sur la platine de sorte que la valeur qui est imprimée sur la résistance soit nettement visible : ainsi



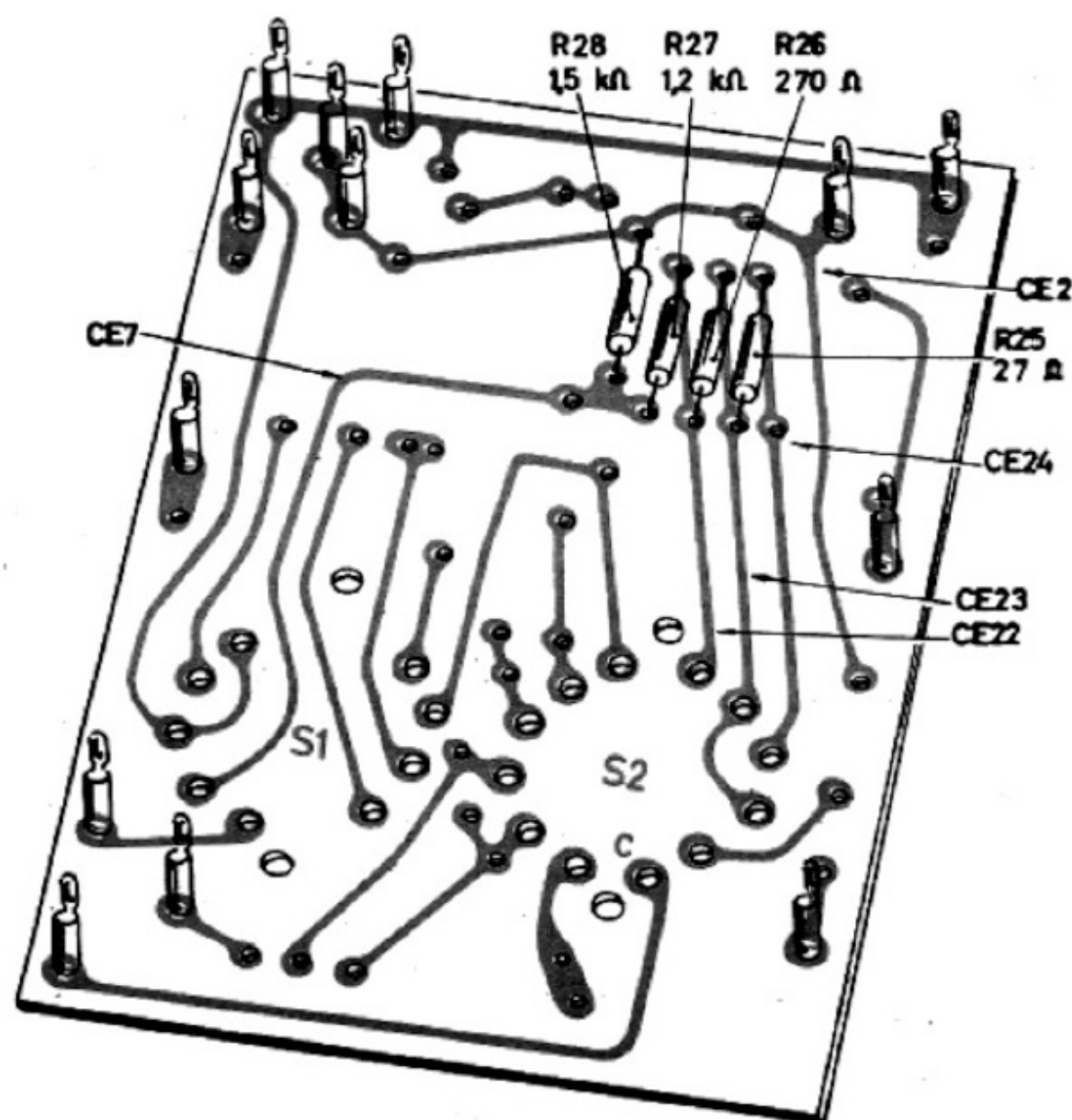
NUMEROTATION DES TROUS DU CIRCUIT IMPRIME

Figure 24



MONTAGE PARTIEL VU DU COTE INTERIEUR
DU CIRCUIT IMPRIME

Figure 25



MONTAGE PARTIEL VU DU COTE EXTERIEUR
DU CIRCUIT IMPRIME

Figure 26

vérification du circuit sera beaucoup plus facile une fois le montage terminé.

Vous pouvez maintenant mettre les résistances sur le circuit imprimé, en vous référant aux *figures 25* et *26* pour identifier les trous nécessaires aux bornes.

Nous avons souligné en rouge, dans ces figures également, les composants que l'on peut voir par transparence lorsque l'on met le circuit à contre-jour. Pour cette raison la *figure 25* montrant le côté intérieur du circuit présente en rouge les composants ; la *figure 26* (côté extérieur du châssis) montre en rouge les liaisons du circuit imprimé.

Ayez soin de *bien nettoyer les bornes des résistances* avant de les mettre dans les trous du circuit imprimé pour éliminer toute trace de vernis qui pourrait affecter la soudure ; veillez pendant l'opération à ne pas trop forcer les bornes ; vous risqueriez de les détacher du corps de la résistance.

Les résistances shunts doivent être disposées de la façon suivante :

a) Introduisez dans les trous des liaisons CE24 et CE23 les bornes de la résistance R25 de $27\ \Omega$, tolérance 1 % - 1/4 W ; effectuez la soudure sur les deux bandes et coupez la partie des bornes qui dépasse.

b) Introduisez dans les trous des liaisons CE23 et CE22 les bornes de la résistance R26 de $270\ \Omega$, tolérance 1 % - 1/4 W ; effectuez la soudure sur les deux bandes et coupez ensuite la partie des bornes qui dépasse.

c) Introduisez dans les trous des liaisons CE22 et CE7 les bornes de la résistance R27 de $1,2\ k\Omega$, tolérance 1 % - 1/4 W ; soudez sur les deux bandes et coupez la partie des bornes qui dépasse.

d) Introduisez dans les trous des liaisons CE2 et CE7 les bornes de la résistance R28 de $1,5\ k\Omega$, tolérance 1 % - 1/4 W ; soudez sur les deux bandes et coupez ensuite la partie des bornes qui dépasse.

Avec cette opération, vous terminez maintenant le montage du contrôleur universel. La prochaine leçon vous permettra d'effectuer de nouvelles et très intéressantes mesures de tension, en continu et alternatif, et de connaître un nouveau composant électronique : la *DIODE AU GERMANIUM*.

