



PRATIQUE

COURS DE BASE
ELECTRONIQUE

1 - RESISTANCE ELECTRIQUE ET RESISTANCES

Dans la 2ème leçon pratique, nous avons vu qu'en appliquant une tension à un circuit on y fait circuler un courant.

L'intensité du courant dans le circuit lorsqu'on applique à ce dernier une tension (par exemple lorsqu'il est relié à une batterie), dépend de la propriété que possède le circuit de s'opposer plus ou moins au passage du courant.

Cette propriété est appelée **RESISTANCE ELECTRIQUE**.

Tous les conducteurs présentent, à des degrés divers, une certaine résistance électrique ; le plus ou moins grand degré de cette résistance dépend tant de la matière que de la forme de ce conducteur.

La valeur de la résistance électrique se mesure en **OHM** (symbolisé par l' Ω ; c'est-à-dire "oméga", dernière lettre de l'alphabet grec).

Quand les valeurs de la résistance électrique sont très élevées, on les exprime au moyen de multiples de l'ohm :

$$\begin{aligned}\text{kilohm } (k\Omega) &= 1.000\ \Omega \\ \text{mégohm } (M\Omega) &= 1.000.000\ \Omega\end{aligned}$$

On écrira par exemple **5 M Ω** plutôt que **5.000.000 Ω** et **200k Ω** plutôt que **200.000 Ω** .

Lorsque la résistance est très faible, on utilise les sous-multiples de l'ohm :

$$\text{milliohm (m } \Omega \text{)} = \frac{1}{1.000} \Omega$$

$$\text{microhm (} \mu \Omega \text{)} = \frac{1}{1.000.000} \Omega$$

Comme nous l'avons déjà dit, la résistance opposée par un conducteur dépend, d'une part du matériau qui le constitue, d'autre part de la forme du conducteur.

En fait, les conducteurs opposent au passage du courant une résistance d'autant plus grande qu'ils sont longs et que leur diamètre est plus réduit.

Nous pourrions, pour mieux nous expliquer, comparer le conducteur à un tuyau et le courant électrique à l'eau qui passe dans ce tuyau.

Le tuyau oppose au passage de l'eau une certaine résistance (produite par le frottement du liquide contre les parois du tube) ; cette résistance est d'autant plus élevée que le tuyau est plus long et plus étroit, et que ses parois sont rugueuses. De même, la résistance électrique est due à une sorte de frottement du courant à travers le conducteur.

Le tableau de la *figure 1* donne les valeurs de résistance que présentent des sections de fils de cuivre de différents diamètres et d'égale longueur (1 m).

On peut noter qu'au fur et à mesure que le diamètre des conducteurs diminue, la valeur de la résistance augmente : à la température de 20°C cette valeur est de 0,0226 Ω (22,6 m Ω) pour un fil de cuivre de 1 mm de diamètre et de 9,08 Ω pour un fil de cuivre de 0,05 mm de diamètre.

La résistance des conducteurs métalliques dépend également de leur température, et augmente quand cette température augmente.

DIAMETRE DU FIL DE CUIVRE(en mm)	RESISTANCE D' 1m DE FIL DE CUIVRE EN Ω A 20° C	RESISTANCE D' 1m DE FIL DE CUIVRE EN Ω A 60°C
1	0,0226	0,0262
0,5	0,0905	0,104
0,2	0,565	0,655
0,1	2,26	2,65
0,05	9,08	10,5

Figure 1

La seconde colonne du tableau *figure 1* donne les valeurs de la résistance à la température normale de 20°C ; la troisième colonne donne les valeurs de la résistance à la température de 60°C.

L'augmentation de la résistance avec celle de la température est différente suivant les matériaux employés ; elle est très basse pour certains alliages, tel le constantan.

Le tableau *figure 2* donne les valeurs de la résistance électrique de fils conducteurs de mêmes dimensions, mais de natures différentes. Les valeurs se rapportent à des conducteurs d'1 m de long, ayant un diamètre de 0,1 mm et à la température de 20°C.

FILS CONDUCTEURS DE DIVERS MATERIAUX-LONGUEUR 1 mètre ET DIAMETRE 0,1 mm	
MATERIAU (Ω)	RESISTANCE A 20° C (Ω) MATERIAU
Argent	2,08
Cuivre 2,26	2,26
Aluminium	Cuivre 3,7
Tungstène	7
Laiton	8,95
Fer (pur)	12,5
Acier	21,7
Plomb	25,4
Nickeline	44,5
Maillechort	48,5
Manganine	57
Constantan	63,7
Nichrome	132

Figure 2

Vous retiendrez que les fils conducteurs en cuivre, argent, aluminium tungstène et laiton possèdent les résistances les plus basses, alors que ceux en maillechort, nickeline, constantan et manganine ont une résistance électrique moyenne. Le fil de nichrome (nickel au chrome) a la résistance électrique la plus élevée.

L'opposition au passage du courant est très élevée lorsque l'on utilise des matériaux isolants, c'est-à-dire des matériaux ne se laissant pas traverser par le courant électrique — comme nous l'avons mentionné dans la leçon précédente.

Les matériaux isolants habituellement utilisés, peuvent se présenter sous forme de solides (porcelaine, verre, caoutchouc, mica, amiante, résine, papier, matières plastiques), de liquides (huile, pétrole) ou bien à l'état gazeux (air ou autres mélanges gazeux).

Les fils conducteurs utilisés pour les raccordements de circuit sont en cuivre, pareils à ceux que vous avez déjà reçus ; le cuivre est justement un des matériaux qui opposent la résistance la plus faible au passage du courant.

On trouve toujours dans les circuits radioélectriques, des éléments dont la résistance est très élevée par rapport à celle des conducteurs en cuivre. Ces derniers sont donc généralement considérés comme ayant une *résistance nulle*. Donc, dans les circuits radioélectriques les courants dépendent uniquement de quelques éléments, qui concentrent une résistance élevée dans un petit espace. Ces éléments sont appelés des *RESISTANCES*.

Habituellement les résistances se présentent sous une forme cylindrique avec un fil conducteur sortant à chaque extrémité, et servant à relier la résistance au circuit. Ces fils conducteurs sont appelés *CONNEXIONS* ou familièrement les *PATTES* ou les *QUEUES*.

Les "résistances" sont caractérisées par la valeur de leur résistance, exprimée en ohms, kilohms ou mégohms. Cette valeur est toujours indiquée sur le corps de la résistance, soit directement, soit par un code spécial, que

nous examinerons plus loin.

Examinons maintenant comment se présentent de l'extérieur les résistances que vous utiliserez pour les exercices de cette leçon, et qui sont des résistances très couramment employées en radio.

Les deux résistances de 50Ω (figure 3 - a) sont du type *A COUCHE*, appelées aussi de façon inexacte "*RESISTANCES CHIMIQUES*". Leurs deux connexions sont "enroulées" sur les extrémités de la résistance et leur valeur est le plus souvent indiquée directement.

Les résistances de 100Ω sont du type *AGGLOMEREES* (figure 3 - b). Leurs connexions sont placées dans l'axe de la résistance, et leur valeur est le plus souvent indiquée au moyen du "code des couleurs".

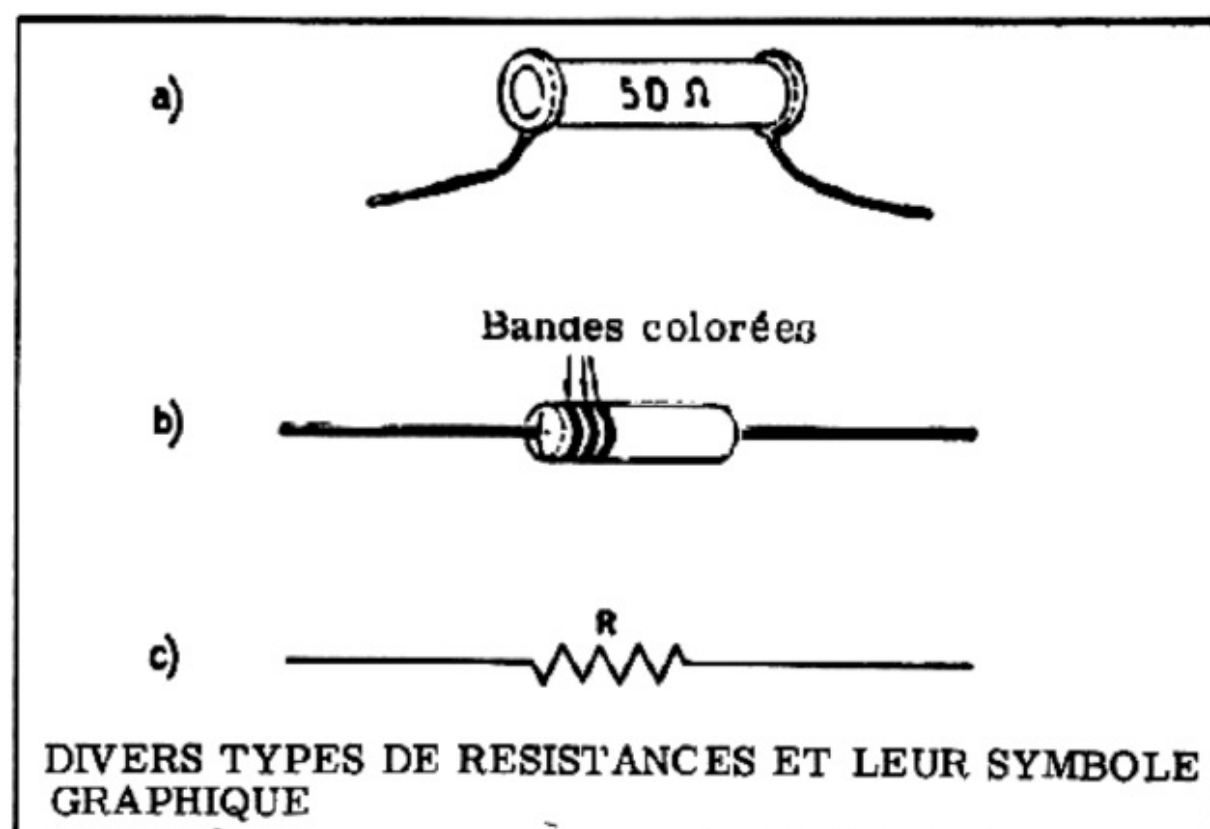


Figure 3

La manière dont est indiquée la valeur des résistances, soit en chiffres soit par le code des couleurs, ne permet pas toujours de distinguer les deux types de résistance. Il arrive, rarement d'ailleurs, que des résistances agglomérées aient leur valeur indiquée en chiffres, et que des résistances à couche utilisent le code des couleurs.

La différence d'aspect entre ces deux types de résistances provient du matériau employé pour leur fabrication et du procédé de fabrication.

La *figure 3 - c* représente le symbole graphique des résistances utilisé dans les schémas électriques ; quand nous voudrions nommer une résistance, nous utiliserons la lettre R.

CODE DES COULEURS

Quand la valeur de la résistance est indiquée au moyen du code des couleurs, il s'agit de 3 ou 4 bandes de couleur peintes à une extrémité de la résistance, comme le montre la *figure 3 - b*.

Malgré ce qu'on pourrait en penser au premier abord, ce système est très pratique. En effet, quelle que soit la position de la résistance dans un montage, il est toujours facile de voir d'un coup d'oeil la couleur des bandes colorées, ce qui ne serait pas vrai s'il s'agissait de lire des chiffres qui peuvent être plus ou moins cachés. De plus, il est très rare que l'usure et le temps fassent disparaître complètement une bande de couleur, tandis que les chiffres s'effacent assez facilement jusqu'à devenir illisibles.

Chaque bande colorée a une signification particulière, que l'on interprète en se référant au tableau *figure 4*.

On commence la lecture par la bande la plus rapprochée de l'extrémité de la résistance ; les deux premières bandes correspondent aux deux premiers nombres qui expriment la valeur de la résistance électrique ; la troisième bande indique le nombre de zéros à placer après les deux premiers chiffres. En disposant les chiffres et les zéros à la suite les uns des autres, suivant


COULEURS DE LA BANDE				
	1er CHIFFRE	2ème Chiffre	ZEROS	TOLERANCE
Noir	-	0	-	-
Marron	1	1	0	-
Rouge	2	2	00	-
Orange	3	3	000	-
Jaune	4	4	0000	-
Vert	5	5	00000	-
Bleu	6	6	000000	-
Violet	7	7	0000000	-
Gris	8	8	00000000	-
Blanc	9	9	000000000	-
Or	-	-	x 0,1	5 %
Argent	-	-	-	10 %
-	-	-	-	20 %

Figure 4

la disposition des bandes, on obtient la valeur de la résistance exprimée en ohms.

Il arrive quelquefois qu'il y ait une quatrième bande ; celle-ci indique la **TOLERANCE** ; expliquons de quoi il s'agit.

La valeur indiquée sur le corps de la résistance n'est pas sa valeur réelle, mais la valeur qu'elle devrait avoir, qu'on appelle sa **VALEUR NOMINALE**. A cause des différentes imprécisions possibles dans la fabrication, la résistance a une valeur réelle légèrement différente de la valeur nominale. La différence entre la valeur réelle et la valeur nominale s'appelle la tolérance

La tolérance s'exprime en pourcentage (% de la valeur nominale). Les résistances utilisées pour les circuits et que l'on trouve couramment dans

le commerce, ont une tolérance de 5 % , 10 % ou 20 % ; dans le cas d'instruments de mesure à haute précision on utilise des *tolérances plus serrées*, 2 % , 1 % ou même 0,5 % .

Pour citer un exemple, si une résistance d'une valeur nominale de 100Ω a une tolérance de 10 % , cela signifie que sa valeur réelle est comprise entre 110Ω ($100\Omega + 10\% = 110\Omega$) et 90Ω ($100 - 10\% = 90$).

La tolérance est indiquée par la quatrième bande de couleur : si la quatrième bande est dorée, la tolérance est 5 % ; si la quatrième bande est argentée, la tolérance est 10 % ; s'il n'y a pas de quatrième bande, la tolérance est 20 % .

Les tolérances plus serrées (2 % , 1 % , 0,5 %) ne sont pas indiquées dans le code des couleurs.

Voici quelques exemples de la façon de lire la valeur des résistances au moyen du code des couleurs. Supposons que la résistance soit marquée des couleurs ci-après :

1ère bande : marron
2ème bande : verte
3ème bande : marron
4ème bande : il n'y en a pas.

Nous référant au tableau *figure 4*, nous avons :

marron : 1
vert : 5
marron : 0
bande manquante : tolérance 20 %

La valeur nominale de résistance, en disposant à la suite les nombres et les zéros qui correspondent aux couleurs, est 150Ω . La 4ème bande n'existant pas, la tolérance sera de 20 % ; comme 20 % de 150 est égal à 30,

la valeur effective de la résistance sera comprise entre $150 +$ ou $- 30$ c'est-à-dire entre 180Ω et 120Ω .

Un autre exemple : une résistance porte les quatre bandes de couleurs suivantes :

- 1ère bande : jaune = 4
- 2ème bande : violette = 7
- 3ème bande : rouge = 00
- 4ème bande : dorée = 5 %

La valeur nominale de la résistance est par conséquent 4.700Ω ; sa valeur effective est comprise entre :

$$4465 \Omega (4700 - 235 = 4465)$$

$$\text{et } 4935 \Omega (4700 + 235 = 4935)$$

CAS PARTICULIERS : Pour les valeurs inférieures à 10Ω , la troisième bande de couleur est OR. Elle indique qu'il faut mettre une virgule entre le premier et le second chiffre.

EXEMPLE :	1ère bande verte	= 5
	2ème bande bleue	= 6
	3ème bande or	= 5,6 Ω
	4ème bande argent	= 10 %

2 - VERIFICATION EXPERIMENTALE DE LA LOI D'OHM

Les leçons précédentes nous ont montré que les valeurs qui intéressent l'étude d'un circuit électrique sont : la *TENSION* - la *RESISTANCE ELECTRIQUE* - le *COURANT*. Il existe un lien entre ces trois grandeurs : la loi d'Ohm exprime ce lien.

Cette loi peut être énoncée sous trois formes. Première forme : *lorsqu'on applique à un circuit une certaine tension, le courant qui traverse ce circuit est d'autant plus intense que la résistance est faible.*

Deuxième forme : *le courant qui parcourt un circuit ayant une certaine résistance est d'autant plus intense que la tension qui lui est appliquée est élevée.*

Troisième forme : *lorsqu'une résistance est parcourue par un courant, la tension qui se manifeste à ses bornes est d'autant plus élevée que la valeur de la résistance est élevée.*

Nous allons effectuer quelques exercices pour vérifier expérimentalement ces trois formes de la loi d'Ohm.

Démontez de la plaquette à 34 cosses, tous les composants que vous y avez montés dans la leçon précédente ; dégagez les oeillets et les languettes de l'étain qui s'y trouverait.

La plaquette ainsi préparée, vous pouvez commencer le montage.

Nota : Pour faciliter le repérage de votre plaquette vous pourrez coller 2 bandes de papier blanc indiquant le numéro respectif de chaque cosse.

a) En premier lieu, préparez trois pontets qui vous serviront à raccorder trois couples de cosses. Coupez trois morceaux de fil nu en cuivre étamé, d'une longueur de 2,5 cm chacun, et repliez leurs extrémités à angle droit. Vous pouvez utiliser pour cela la clé que vous avez reçue (vous en aurez plus tard l'utilisation pour le montage du "contrôleur à substitution").

Tenez la clé d'une main et maintenez sur son côté plat une extrémité du morceau de fil de cuivre, sur 6 ou 7 mm de long. Avec le pouce, maintenez fermement le fil sur la clé (*figure 5 - b*) ; avec l'autre main repliez vers le bas le fil, en commençant le pli exactement au bord de la clé, de façon à former un angle droit.

De la même manière, faites un deuxième pli à angle droit à environ 1 cm du premier. La *figure 5 - c* montre comment se présente le pontet terminé.

Faites de la même manière deux autres pontets identiques au premier

b) Commencez maintenant le montage de la plaquette.

Introduisez les extrémités d'un des deux supports de lampe réalisés

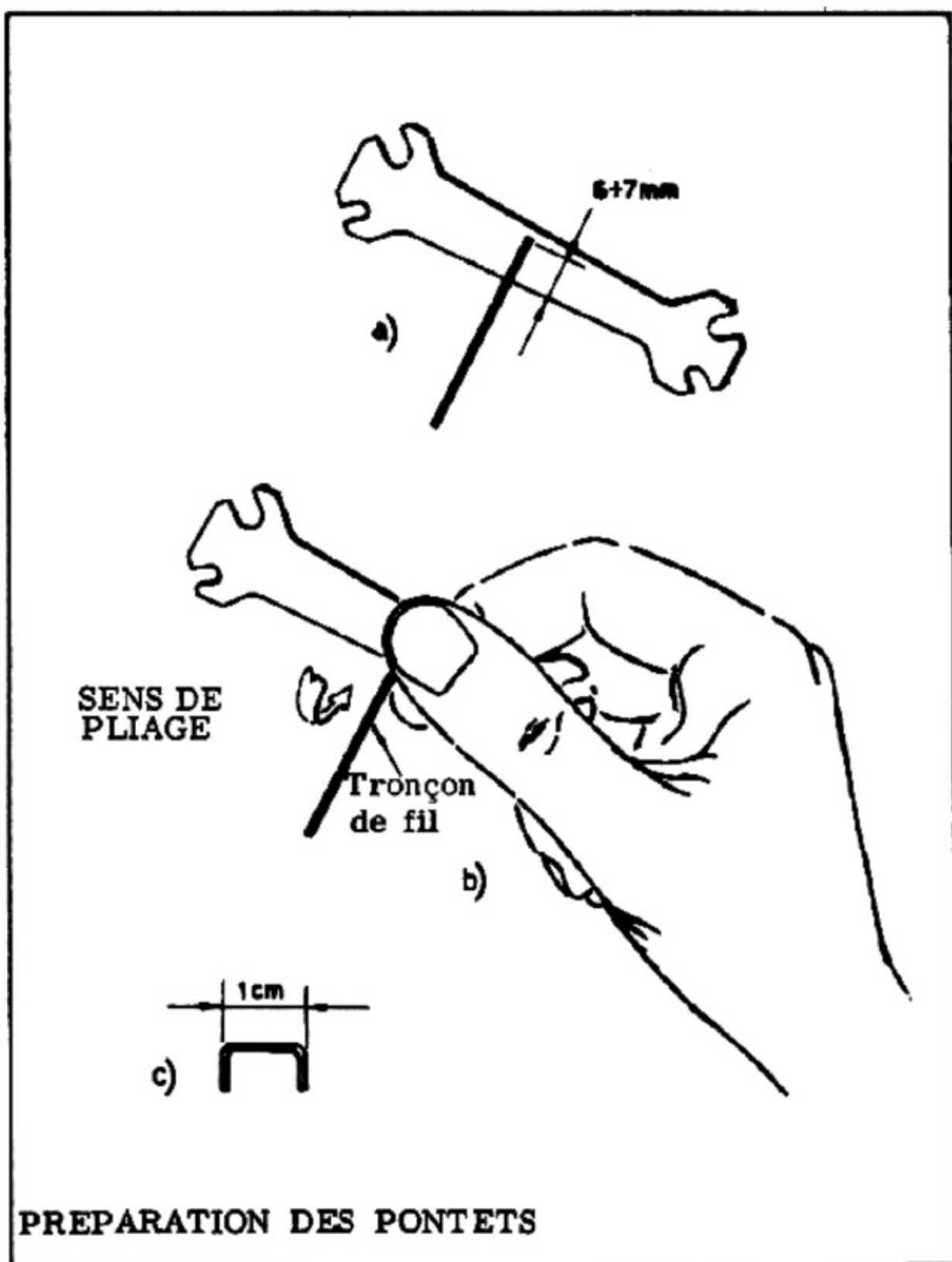


Figure 5

pendant la leçon précédente dans les oeillets des cosseS CA1 et CA3 ; soudez seulement sur l'oeillet CA1. Pour faciliter les opérations suivantes du montage, il est pratique de soulever la plaquette d'environ 1 cm au-dessus de la table ; dans ce but, placez les deux extrémités de la plaquette sur deux supports, par exemple deux réglettes en bois ou deux crayons.

c) Introduisez un des pontets dans les oeillets des cosseS CA3 et CA4 ; soudez sur CA3 seulement (vous fixerez donc en même temps le deuxième côté du support de lampe).

d) Introduisez le second pontet dans les oeillets des cosseS CA4 et CA5 : soudez sur l'oeillet CA4 seulement.

e) Coupez un morceau de fil isolant noir d'une longueur de 5 cm et placez-le comme indiqué *figure 6* entre les oeillets des cosseS CA5 et CA8 ; soudez sur les deux oeillets.

f) Introduisez le troisième pontet dans les oeillets des cosseS CA21 et CA22. Soudez aux deux extrémités.

g) Coupez un morceau de fil isolant noir de 6 cm de long, et placez-le comme indiqué *figure 6* entre les oeillets des cosseS CA19 et CA23 ; soudez sur ces deux points.

h) Disposez la résistance agglomérée R1 de $100\ \Omega$ (une des deux résistances les plus grandes, portant les bandes marron - noir - marron) entre les languettes des cosseS CA4 et CA21 — après avoir réduit la longueur de ses "queues" de 1,5 cm de chaque côté ; soudez sur les deux points.

i) Disposez la résistance à couche R2 de $50\ \Omega$ (après avoir soigneusement éliminé de ses connexions les résidus de vernis qui pourraient s'y trouver, et avoir réduit leur longueur à 1,5 cm de chaque côté) entre les languettes des cosseS CA8 et CA25 ; soudez sur les deux points.

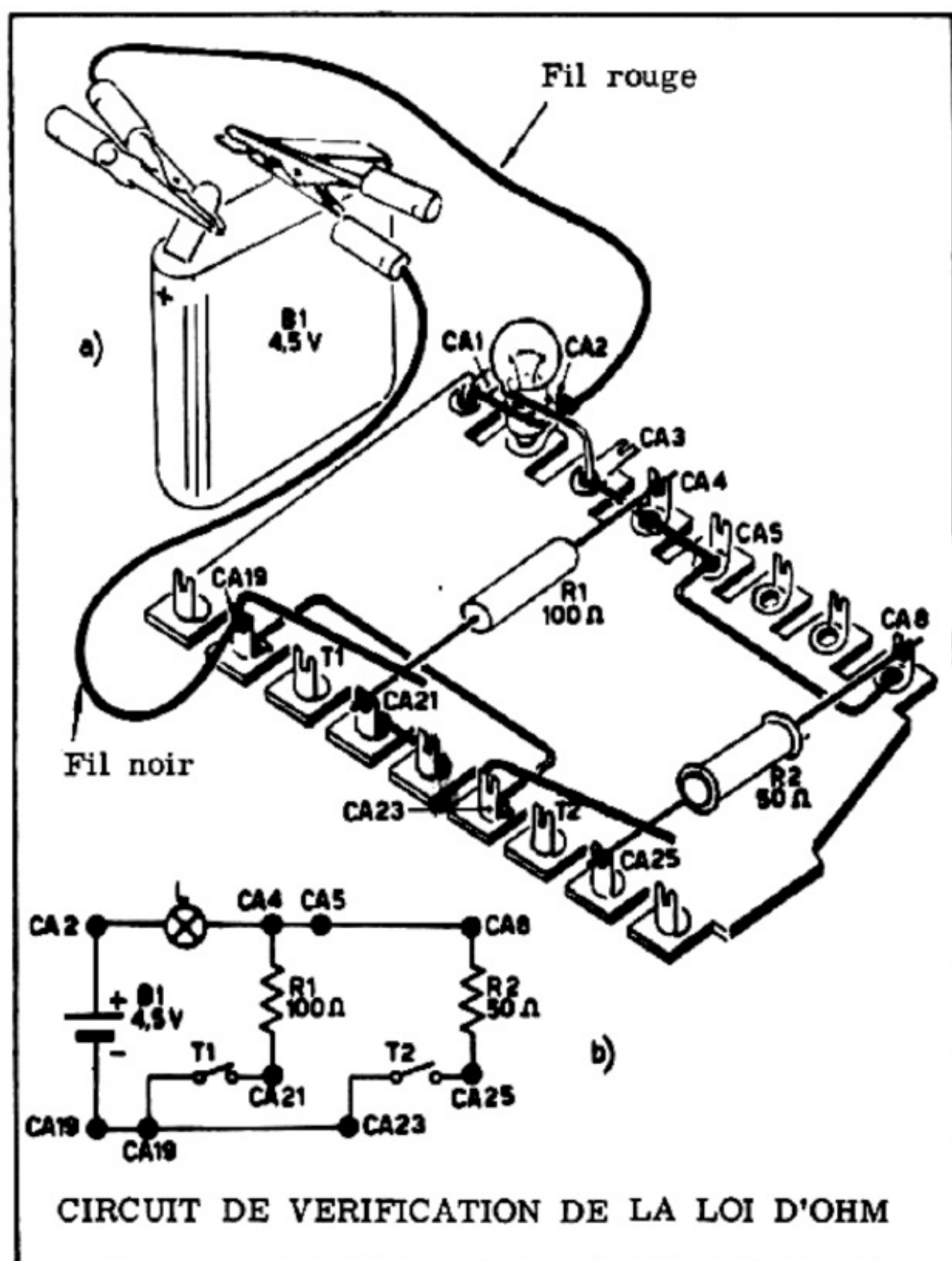


Figure 6

l) Préparez ensuite deux petits contacts en fil de cuivre nu ; ces contacts seront plus perfectionnés que ceux que vous avez déjà réalisés.

Coupez deux morceaux de fil de cuivre nu étamé de 4 cm de long et façonnez-les comme le montre la *figure 7 - a* ; pour en replier les extrémités utilisez la clé comme pour les pontets. Les deux contacts peuvent être soudés sur la plaquette.

m) Soudez un des contacts sur l'oeillet de la cosse CA19 (nous dénommerons ce contact T1). Pour faire convenablement cette opération, étamez d'abord abondamment l'oeillet de la cosse, et ensuite appuyez dessus l'extrémité repliée du contact, comme le montre la *figure 7 - b*. Maintenez entre deux doigts l'extrémité libre du contact (protégez-vous les doigts avec un chiffon) et faites fondre l'étain déposé sur l'oeillet avec la panne du fer à souder. Dès que vous constaterez que l'étain est fondu, retirez le fer à souder, tout en continuant à maintenir fermement le contact jusqu'à solidification complète de l'étain.

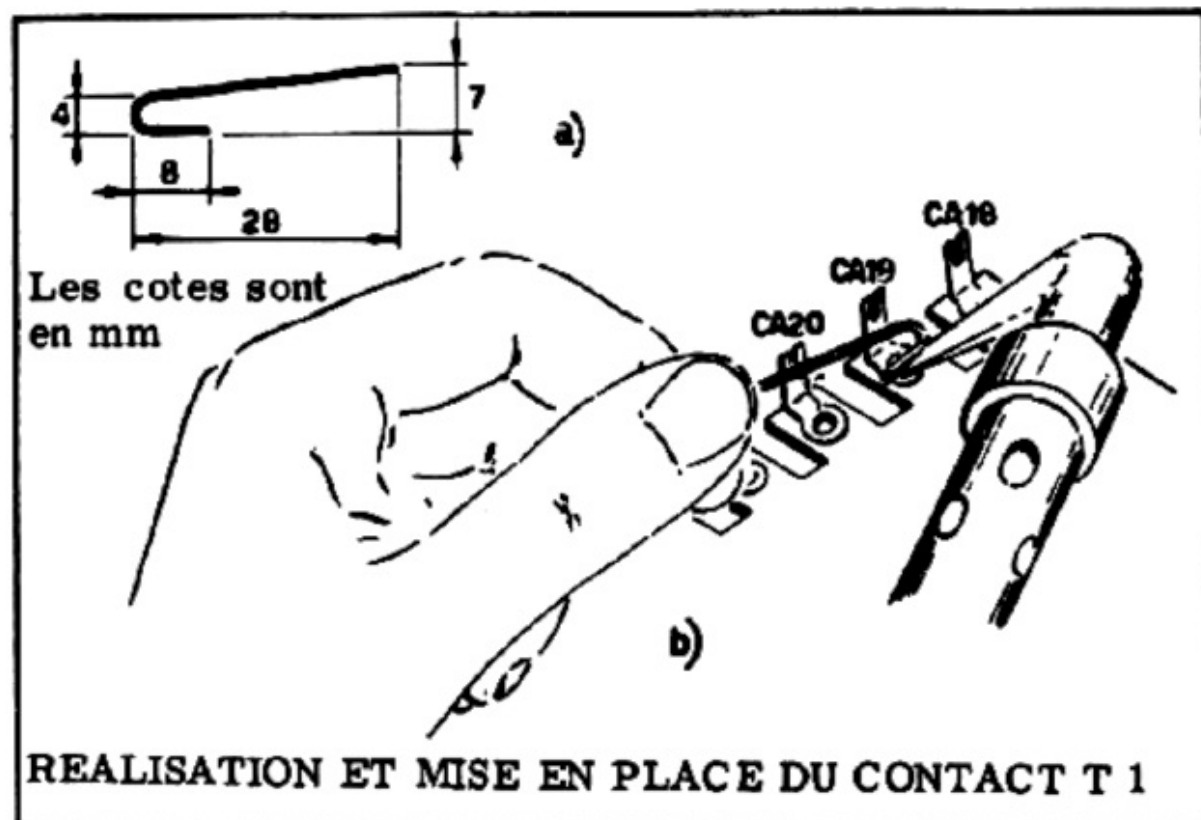


Figure 7

n) Faites de même pour souder le second contact (dénommé T2) sur l'oeillet de la cosse CA23 : assurez-vous que la partie repliée de T2 n'est pas en contact avec la cosse CA 22.

o) Soudez le fil souple rouge d'alimentation muni à une extrémité d'une pince crocodile rouge, sur la languette de la cosse CA2 .

p) Soudez le fil souple noir d'alimentation à une extrémité d'une pince crocodile noire, sur la languette de la cosse CA19.

q) Raccordez les deux fils d'alimentation partant de la plaquette à l'une des deux piles que nous dénommerons B1 ; reliez le fil souple rouge au pôle positif et le noir au pôle négatif.

Le montage est terminé ; le circuit complet est représenté par le schéma pratique *figure 6 - a* et le schéma électrique *figure 6 - b*.

Vissez à fond la lampe sur le support, en vous assurant qu'un bon contact est établi avec l'oeillet de la cosse CA2.

Pressez le contact T1 ; la lampe s'allumera de façon assez faible, à cause de la résistance de $100\ \Omega$ placée en série ; cette dernière s'oppose au passage du courant et en limite l'intensité à une valeur assez faible ; par conséquent elle limite également la luminosité de la lampe.

Vous pouvez vérifier que l'intensité du courant dépend de la valeur de la résistance placée en série avec la lampe : libérez le contact T1 et pressez le contact T2 ; à ce moment la lampe s'allumera avec une luminosité supérieure à la première fois ; c'est la preuve que le courant a une intensité supérieure, parce que la résistance en série avec la lampe est de valeur inférieure ($50\ \Omega$ seulement au lieu de $100\ \Omega$ pour le cas précédent).

Par cette expérience vous constaterez donc qu'en appliquant au circuit une certaine tension (4,5 V), le courant qui y circule est d'autant plus intense que la résistance est faible ; vous avez donc pu vérifier la loi d'Ohm sous sa première forme.

Débranchez maintenant du circuit la pile B1 et reliez-la en série à la seconde pile (que nous dénommerons B2).

Pour effectuer cette opération, employez le pontet de fil souple muni à ses extrémités de deux pinces de différentes couleurs (rouge et noire), que vous avez réalisé dans la leçon précédente.

Placez la pince noire du pontet au pôle négatif de la pile B1 et la pince rouge au pôle positif de la pile B2 ; les deux piles se trouveront ainsi raccordées en série.

Raccordez ensuite le fil noir d'alimentation provenant de la plaquette au pôle négatif de B2, et le fil rouge au pôle positif de B1.

Pressez alors le contact T1 ; la lampe s'allumera de façon très vive, preuve qu'elle est parcourue par un courant plus fort que lorsque le courant du circuit provenait d'une seule pile. Ceci provient du fait que la tension fournie au circuit est plus forte qu'auparavant : exactement elle est doublée ($4,5 \text{ V} + 4,5 \text{ V} = 9 \text{ V}$) ; par conséquent, le courant du circuit est également augmenté et rend plus lumineux le filament de la lampe.

Voici la confirmation de la seconde forme de la loi d'Ohm : en augmentant la tension appliquée à un circuit, on augmente le courant.

Débranchez maintenant les deux piles.

Dans ces exercices, le rôle de la lampe est de fournir une indication quantitative sur l'intensité du courant qui parcourt le circuit. En effet, le filament de la lampe a la propriété de devenir d'autant plus lumineux que le courant qui le parcourt est intense, en tenant compte, bien entendu, des limites fixées par son constructeur. Dans le cas où l'intensité du courant parcourant le filament d'une lampe serait supérieure à celle prévue par sa fabrication, le filament grillerait et rendrait donc la lampe inutilisable.

3 - CIRCUITS COMPOSES DE PLUSIEURS RESISTANCES

Il peut y avoir dans un circuit deux ou plusieurs résistances reliées entre elles.

Il y a deux types d'associations possibles entre les résistances : le **RACCORDEMENT EN SERIE** et le **RACCORDEMENT EN PARALLELE**.

La *figure 8 - a* représente la configuration pratique de deux résistances reliées en série et la *figure 8 - b* représente le schéma électrique.

La caractéristique de ce genre de raccordement consiste dans le fait que les deux résistances sont placées l'une à la suite de l'autre, c'est-à-dire que chaque résistance commence au point où se termine l'autre. Par conséquent le courant (représenté par une flèche *figure 8 - b*) parcourt d'abord

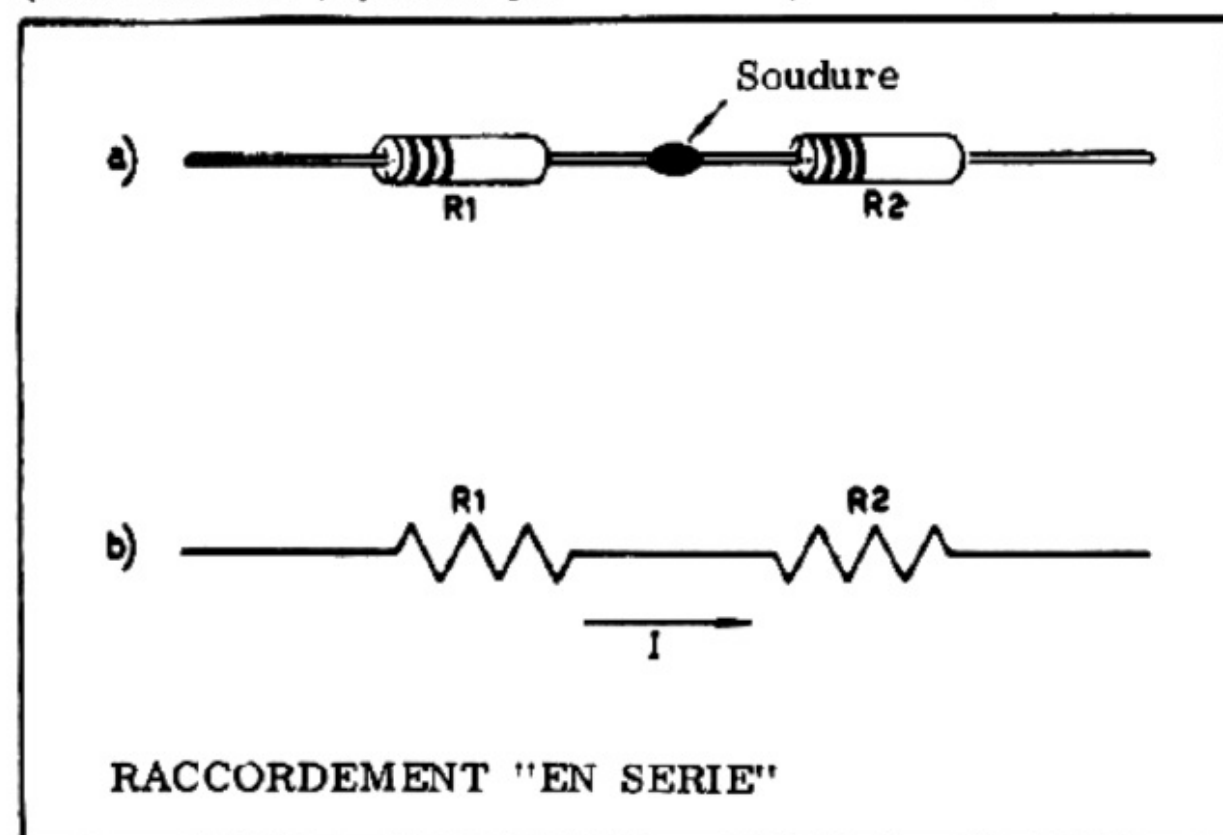


Figure 8

une résistance et ensuite l'autre (R_1 et R_2 , *figure 8 - b*) ; les résistances sont donc parcourues par le même courant.

Ce fait est très important parce qu'il est caractéristique des raccordements en série.

Examinons à présent quelle est la valeur résultante des deux résistances reliées en série.

Il est évident que dans le cas du circuit constitué par R_1 et R_2 , le courant rencontre d'abord l'obstacle présenté par R_1 et ensuite celui présenté par R_2 ; s'il y avait dans le circuit une troisième résistance (R_3) reliée en série avec les deux premières, l'obstacle au passage du courant augmenterait encore puisque le courant, après avoir parcouru les résistances R_1 et R_2 , traverserait ensuite R_3 . Par conséquent on peut affirmer, que, dans le cas de raccordement en série, la valeur totale de la résistance est égale à la somme des valeurs de chaque résistance prise séparément.

Dans le cas où on relierait en série deux résistances de valeurs égales, la valeur serait doublée et donc équivalente à la résistance obtenue dans le circuit par une seule résistance de valeur double.

Le second type possible de raccordement est celui appelé en parallèle ou bien en dérivation. Dans ce type de raccordement, deux ou plusieurs résistances sont disposées comme indiqué par la *figure 9 - a* ; la *figure 9 - b* montre le schéma électrique correspondant. Vous remarquerez que les extrémités des résistances sont directement reliées entre elles.

Si on applique (par exemple au moyen d'une pile) une tension entre les deux points A et B, le courant provenant du point A se divise en deux parties qui parcourent les deux résistances et se rejoignent au point B pour retourner à la pile. Par conséquent, les résistances ne sont plus parcourues par le même courant, mais *la même tension leur est appliquée* ; c'est là la caractéristique du raccordement en parallèle.

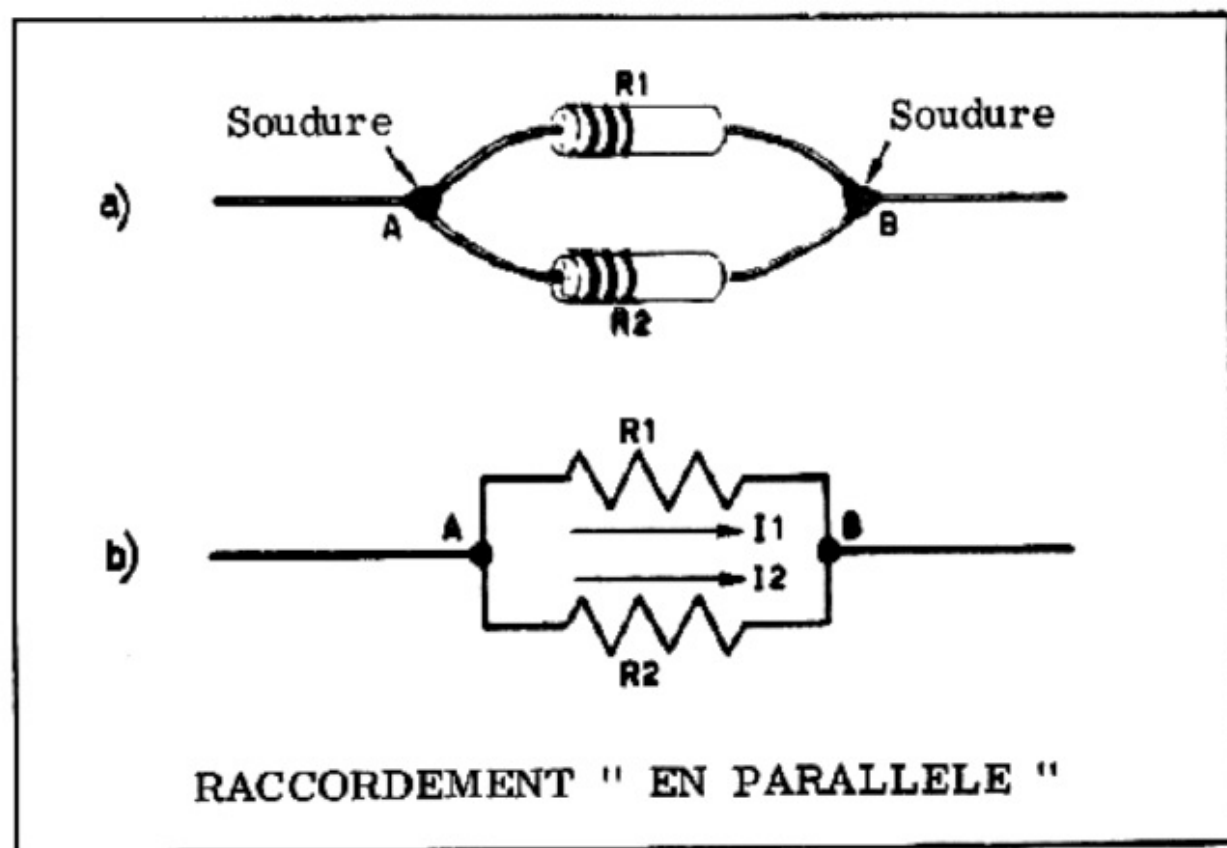


Figure 9

La valeur totale de résistance obtenue en reliant deux ou plusieurs résistances en parallèle, est toujours inférieure à la valeur de la résistance qui a la plus petite valeur.

Dans le cas de deux résistances d'égale valeur reliées en parallèle, la valeur de la résistance est égale à la moitié de la valeur de chacune des deux résistances ; trois résistances d'égale valeur reliées en parallèle sont équivalentes à une résistance dont la valeur est le tiers de la valeur de chacune des trois résistances, et ainsi de suite.

3 - 1 - RESISTANCES RELIEES EN SERIE

Le but de l'expérience à effectuer est de démontrer de façon pratique qu'en reliant en série deux résistances d'égale valeur, on arrive au même résultat qu'avec une seule résistance de valeur double.

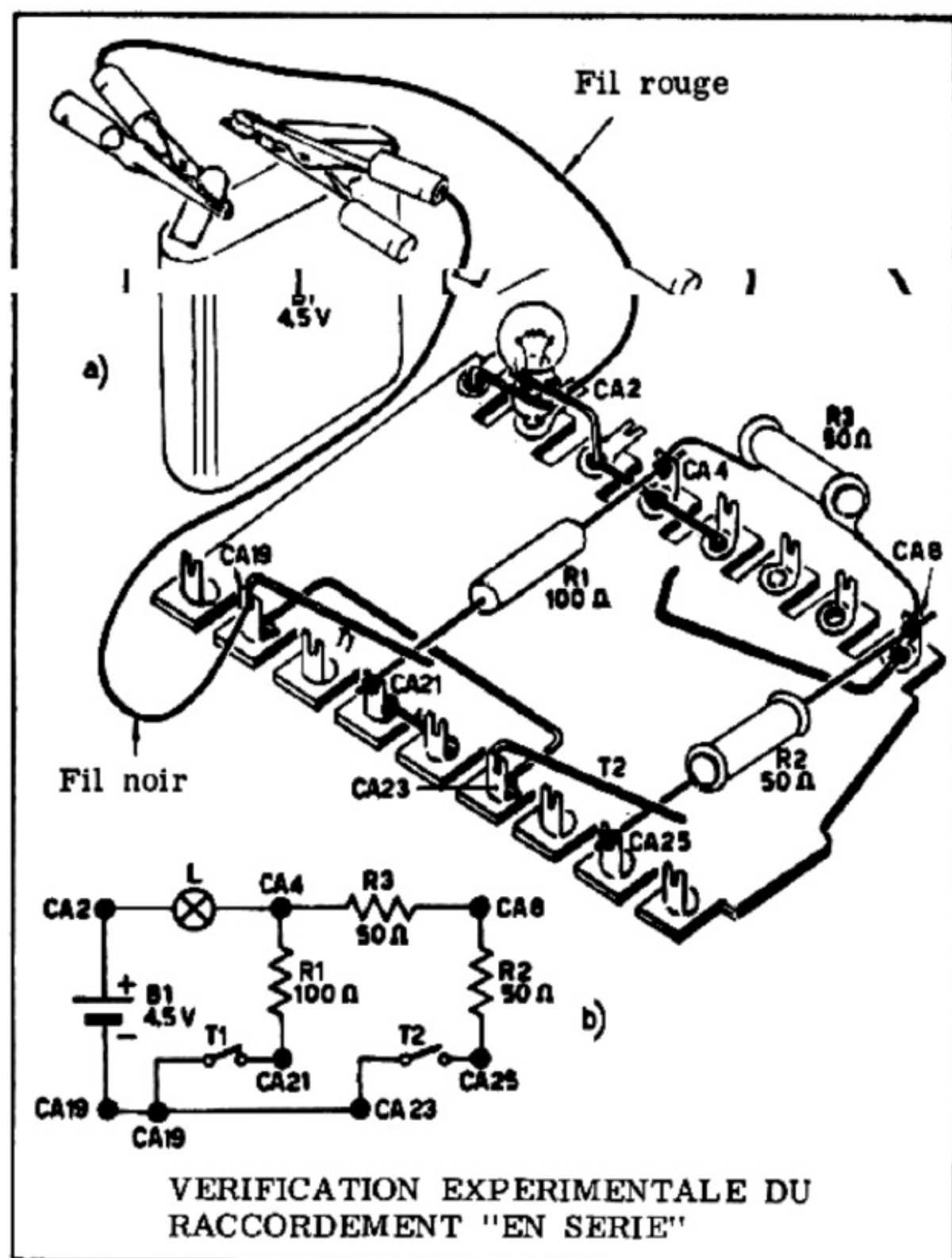


Figure 10

a) Dessoudez de l'oeillet de la cosse CA5 de la plaquette à 34 cosses le fil isolant noir et disposez-le comme indiqué *figure 10 - a* de façon qu'il ne touche pas les pièces qui l'entourent (cosses, connexions de résistances, conducteurs).

b) Disposez entre les languettes des cosses CA4 et CA8 la résistance à couche R3 de $50\ \Omega$, après avoir réduit la longueur de ses pattes à environ 1,5 cm de chaque côté ; effectuez la soudure sur les deux points.

c) Reliez le fil souple rouge d'alimentation au pôle positif d'une des deux piles (par exemple B1) et le fil souple noir d'alimentation au pôle négatif de la même pile.

La *figure 10 - b* représente le schéma électrique du circuit réalisé.

Pressez le contact T1 ; la lampe s'allumera avec une faible lueur ; en effet, l'intensité du courant dans le circuit est limitée par la résistance de $100\ \Omega$. Lâchez maintenant le contact T1 et pressez le contact T2 : vous constaterez que la luminosité du filament de la lampe est inchangée. Cela veut dire que les deux résistances de $50\ \Omega$, reliées en série, ont une valeur de résistance totale de $100\ \Omega$. En effet, le courant parcourant le circuit lorsque le contact T1 est pressé est égal à celui parcourant le circuit lorsque le contact T2 est pressé.

3 - 2 - RESISTANCES RELIEES EN PARALLELE

Par l'expérience qui va suivre vous pourrez constater que deux résistances d'égale valeur reliées en parallèle, équivalent à une seule résistance dont la valeur est la moitié de la valeur de chaque résistance.

a) Dessoudez de la plaquette à 34 cosses la résistance R3 de $50\ \Omega$ qui était placée entre les languettes des cosses CA4 et CA8 pour l'expérience précédente.

b) Soudez le fil noir provenant de la cosse CA8 (qui avait été laissé "en l'air" pour l'exercice précédent) à la cosse CA5.

c) Placez entre les languettes des cosses CA5 et CA22 la résistance à couche R4 de $100\ \Omega$ (elle a les mêmes dimensions que R1), après en avoir réduit les pattes à 1,5 cm de chaque côté ; effectuez la soudure sur les deux points.

Reliez ensuite le circuit réalisé à la pile B1 par l'intermédiaire des deux fils d'alimentation, le fil noir au pôle négatif et le fil rouge au pôle positif. Le montage est terminé ; la disposition des éléments est indiquée par la *figure 11 - a*, et le schéma électrique se trouve *figure 11 - b*.

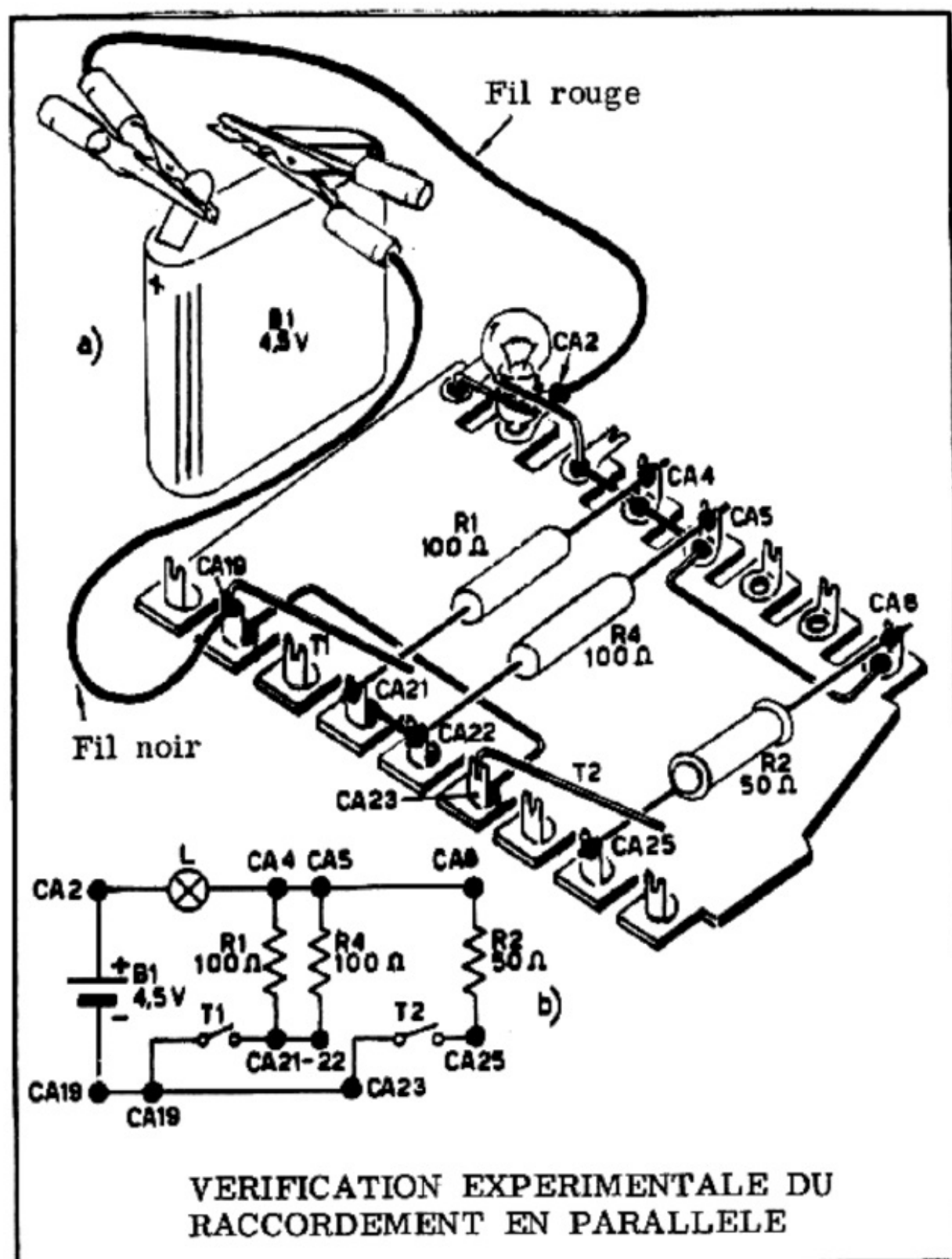


Figure 11

Fermez à présent le contact T2 ; la lampe s'allume avec une luminosité sensiblement plus forte que lors de la précédente expérience ; en effet, la résistance placée en série avec la lampe est de valeur inférieure ($50\ \Omega$ au lieu de $100\ \Omega$). Lâchez maintenant le contact T2 et fermez le contact T1 ; la lampe s'allume avec la même intensité que lorsque vous avez fermé T2.

Il est ainsi démontré que les deux résistances de $100\ \Omega$ reliées en parallèle équivalent à une seule résistance de $50\ \Omega$, puisque le courant circulant dans le filament de la lampe est de valeur égale dans les deux cas.

3 - 3 - DIVISEUR A RESISTANCES

Vous avez pu vérifier dans une expérience précédente que, dans le cas d'un circuit formé de deux ou plusieurs résistances en série, les résistances sont parcourues par le même courant électrique.

Par conséquent, on obtient aux extrémités de chaque résistance, une tension inférieure à la tension fournie par la pile du circuit. Nous pouvons donc affirmer que chaque résistance détermine une *CHUTE DE TENSION*, c'est-à-dire qu'une partie seulement de la tension de la pile s'établit à ses bornes.

Si les résistances composant le circuit sont de valeurs égales, la tension de la pile est distribuée en parties égales sur chaque résistance ; en d'autres termes, dans le cas de résistances d'égales valeurs, chaque résistance détermine une chute de tension égale.

Si les résistances qui composent le circuit sont de valeurs différentes, la résistance de valeur la plus élevée détermine la plus grande chute de tension, et la résistance de valeur la plus faible détermine la chute de tension la moins élevée.

Il est ainsi possible de vérifier "quantitativement" la troisième forme de la loi d'Ohm.

Pour ce faire, nous réaliserons un *DIVISEUR A RESISTANCES* c'est-à-dire un circuit composé de deux résistances reliées en série et alimentées par une pile.

Avant d'effectuer ce nouveau montage, il faut démonter en partie le montage réalisé précédemment.

a) Dessoudez la résistance R2 de 50 Ω des languettes des cosse CA8 et CA25.

b) Dessoudez la résistance R4 de 100 Ω des languettes des cosse CA5 et CA22.

c) Dessoudez la résistance R1 de 100 Ω des languettes des cosse CA4 et CA21.

d) Dessoudez le contact T1 de l'oeillet de la cosse CA 19.

e) Dessoudez le contact T2 de l'oeillet de la cosse CA23.

f) Dessoudez le fil d'alimentation rouge de la languette de la cosse CA 2.

g) Dessoudez le fil d'alimentation noir de la languette de la cosse CA 19.

Après avoir préparé ainsi la plaquette, commencez le nouveau montage.

a) Placez la résistance R2 de 50 Ω entre les languettes des cosse CA18 et CA21 ; effectuez la soudure sur les deux points.

b) Placez la résistance R3 de 50 Ω entre les languettes des cosse CA22 et CA25 ; effectuez la soudure sur les deux points.

c) Coupez un morceau de fil noir souple de 14 cm de long et soudez une de ses extrémités à la languette de la cosse CA2. Enlevez la gaine de l'au-

tre extrémité sur environ 1 cm ; torsadez ensuite entre eux les divers fils qui constituent le conducteur et étamez-les.

d) Coupez un morceau de fil souple rouge de 14 cm de long et soudez une de ses extrémités sur la languette de la cosse CA3. Effectuez sur l'autre extrémité les mêmes opérations qu'en C.

e) Soudez le fil souple d'alimentation noir (muni de la pince crocodile noire) sur l'oeillet de la cosse CA 25.

f) Soudez le fil d'alimentation rouge (muni de la pince crocodile rouge) sur l'oeillet de la cosse CA18.

Le montage de la plaquette est terminé. La tension d'alimentation du circuit sera fournie par les deux piles reliées en série.

g) Branchez au pôle négatif d'une des deux piles (que nous nommerons B1) la pince crocodile noire reliée à une extrémité du pontet réalisé dans ce but ; branchez la pince rouge de l'autre extrémité du pontet au pôle positif de la seconde pile (que nous nommerons B2). Les deux piles sont ainsi reliées en série.

h) Reliez le fil noir d'alimentation provenant de la plaquette au pôle négatif de B2 ; reliez le fil rouge d'alimentation au pôle positif de B1.

La *figure 12 - a* montre les raccordements effectués jusqu'à ce moment ; la *figure 12 - b* montre le schéma électrique du circuit.

La tension fournie par les deux piles reliées en série se divise en deux parties, aux bornes de chacune des deux résistances (4,5 V pour chaque résistance).

Vous pouvez vérifier ce fait, en plaçant la lampe en parallèle d'abord sur une résistance, puis ensuite sur l'autre résistance ; la lampe indiquera ainsi de façon quantitative que les deux tensions sont égales, puisque dans les

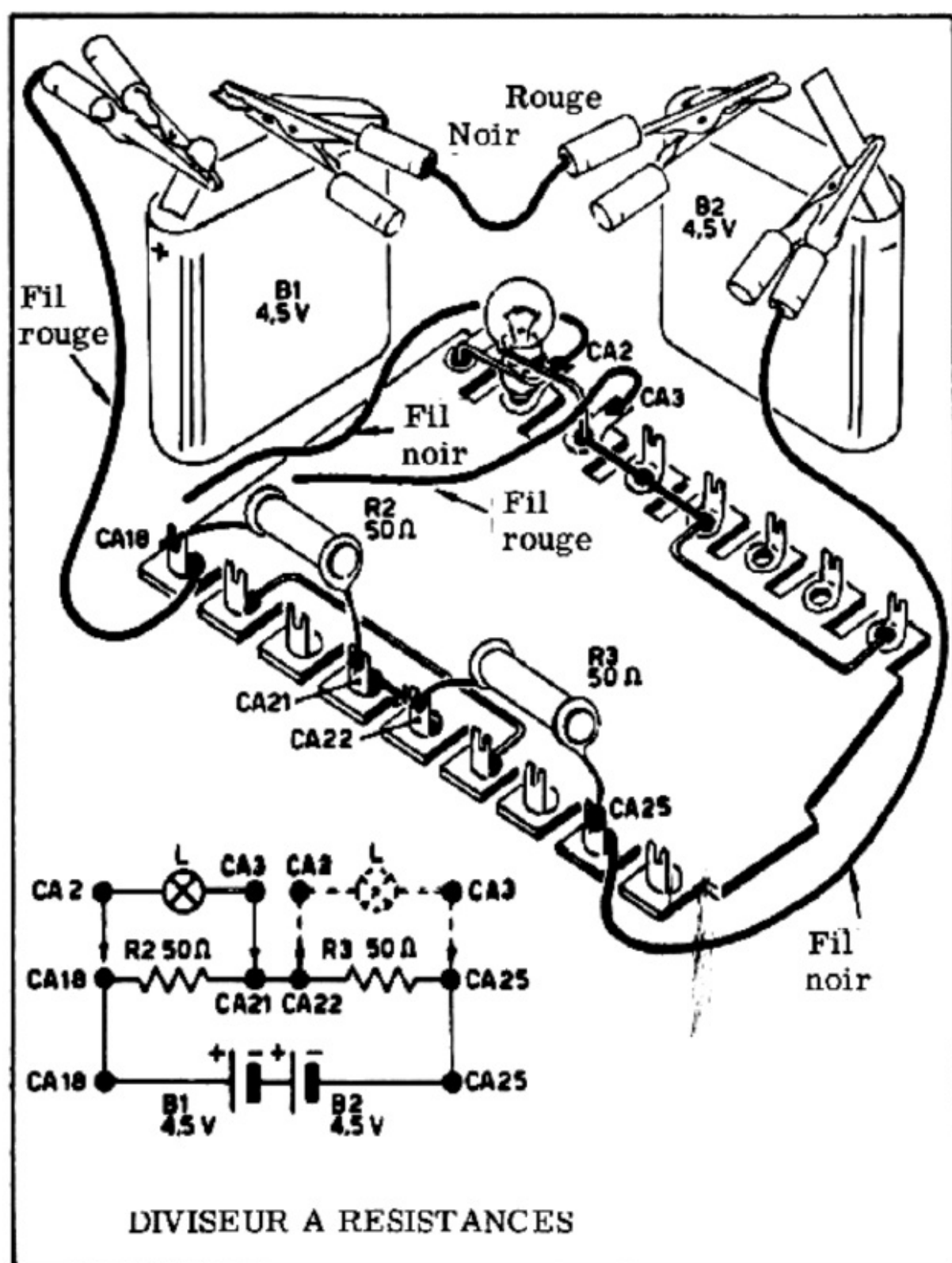


Figure 12

deux cas la lampe s'allumera avec la même intensité.

Mettez en contact l'extrémité libre du fil souple provenant de la cosse CA2 avec la cosse CA18 ; en même temps mettez en contact l'extrémité du fil provenant de la cosse CA3 avec la cosse CA21 ; la lampe s'allumera avec une certaine intensité ; ceci indique qu'une partie de la tension fournie par les deux piles est présente aux bornes de la résistance R2.

Ensuite, mettez en contact l'extrémité du fil provenant de CA2 avec la cosse CA22 ; en même temps mettez en contact le fil provenant de la cosse CA3 avec la cosse CA25 ; la luminosité du filament de la lampe reste la même ; parce que les deux tensions aux bornes des résistances R2 et R3 sont égales.

Nous allons maintenant vérifier qu'en remplaçant l'une des deux résistances par une autre de valeur plus élevée, la tension qui s'établira à ses bornes sera plus élevée.

a) Débranchez du circuit les deux piles.

b) Dessoudez la résistance R3 des languettes des cosses CA22 et CA25 ; raccordez à ces mêmes cosses la résistance R1 de 100Ω que vous avez employée pour l'exercice précédent.

c) Reliez de nouveau la plaquette aux deux piles comme précédemment (le fil noir au pôle négatif de B2 et le fil rouge au pôle positif de B1).

La tension qui est fournie au circuit par les deux piles est maintenant divisée entre les deux résistances, mais elle n'est plus divisée en parties égales comme dans l'exercice précédent.

Pour vérifier ce fait, mettez en contact l'extrémité libre du fil provenant de la cosse CA2 avec la cosse CA18 ; en même temps mettez en contact l'extrémité libre du fil provenant de la cosse CA3 avec la cosse CA21 : la lampe s'allume avec une certaine luminosité.

Mettez à présent en contact l'extrémité du fil provenant de la cosse CA2 avec la cosse CA22 ; en même temps mettez en contact le fil provenant de la cosse CA3 avec la cosse CA25 ; la lampe s'allume avec une luminosité beaucoup plus vive, signe qu'une tension plus élevée est présente aux bornes de la résistance de 100 Ω .

Le circuit ainsi réalisé, appelé *DIVISEUR A RESISTANCES*, est aussi appelé *DIVISEUR DE TENSION*, parce qu'il permet de diviser la tension fournie par la pile suivant la valeur des résistances utilisées.

4 - RESISTANCES FIXES

Nous allons examiner la constitution des différents types des résistances fixes, c'est-à-dire des résistances possédant une valeur bien déterminée.

Suivant les méthodes de fabrication et les matériaux employés, on peut distinguer trois types de résistances fixes : *A COUCHE* (de graphite), *AGGLOMEREES*, *A FIL* (bobinées).

4 - 1 - RESISTANCES A COUCHE

Elles sont également dénommées *RESISTANCES A FILM* et sont essentiellement constituées par un support en porcelaine ou en stéatite sur lequel on a déposé une mince couche d'une substance à résistance électrique élevée (tels le graphite, la silice et le carbone).

Le dépôt est effectué par application d'un vernis ou par "cracking" (dépôt de carbone par un procédé chimique à haute température).

La valeur de la résistance dépend de l'épaisseur de la couche déposée et naturellement, du matériau la constituant ; elle est d'autant plus élevée que la couche est mince.

Comme il est difficile de contrôler avec précision l'épaisseur de la couche lorsqu'elle est très mince, on préfère, pour obtenir des résistances de

valeur élevée, déposer une couche qui ne soit pas trop mince, et ensuite la façonner en spirale.

Cette opération est effectuée au moyen d'un tour qui permet de graver une rainure en hélice sur le support en porcelaine ou en stéatite, revêtu au préalable de la couche résistance ; cette couche prend alors la forme d'un ruban enroulé en spirale *figure 13 - a*.

On augmente ainsi la valeur de la résistance, car le courant aura ainsi à parcourir un conducteur (le ruban de graphite) d'autant plus mince et long que le pas du filetage est fin. On obtient donc par la spiralisation des résistances de valeur élevée.

La *figure 13 - b* montre une résistance à couche dont la surface n'a pas été spiralisée. Dans ce type de résistances, la valeur de la résistance est plus faible parce que le courant peut passer d'une extrémité à l'autre directement ; c'est donc ainsi qu'on fabrique les résistances de faibles valeurs. La couche

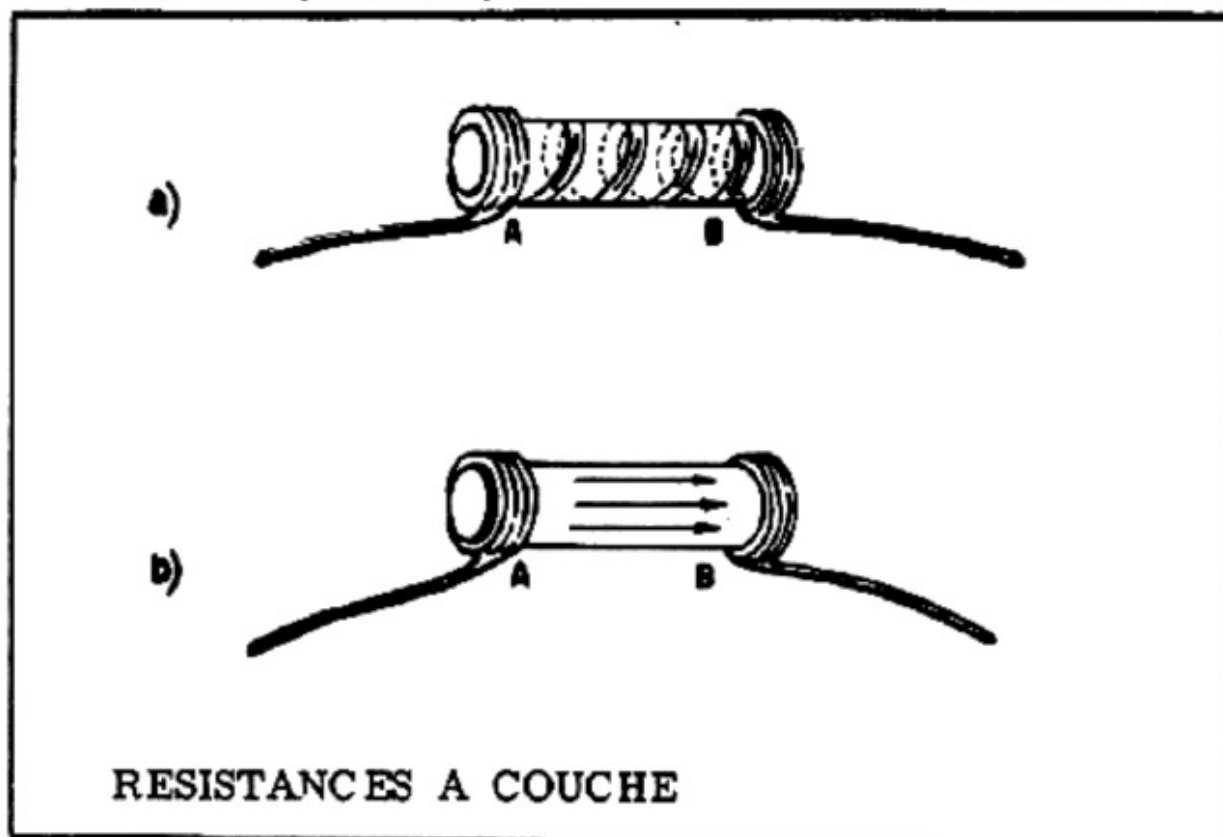


Figure 13

constituant la résistance est protégée par un vernis isolant.

Le matériau résistant qui y est déposé est en contact avec deux fils de cuivre étamé, fixés directement sur le corps de la résistance, qui constituent les connexions.

Dans d'autres types de résistance à couche, les deux connexions sont fixées aux extrémités de la résistance par deux capuchons ou "embouts" métalliques (figure 14).

4 - 2 - RESISTANCES AGGLOMERÉES

On peut les diviser en deux genres : à corps conducteur et à couche conductrice.

Les résistances à *CORPS CONDUCTEUR* sont constituées par une

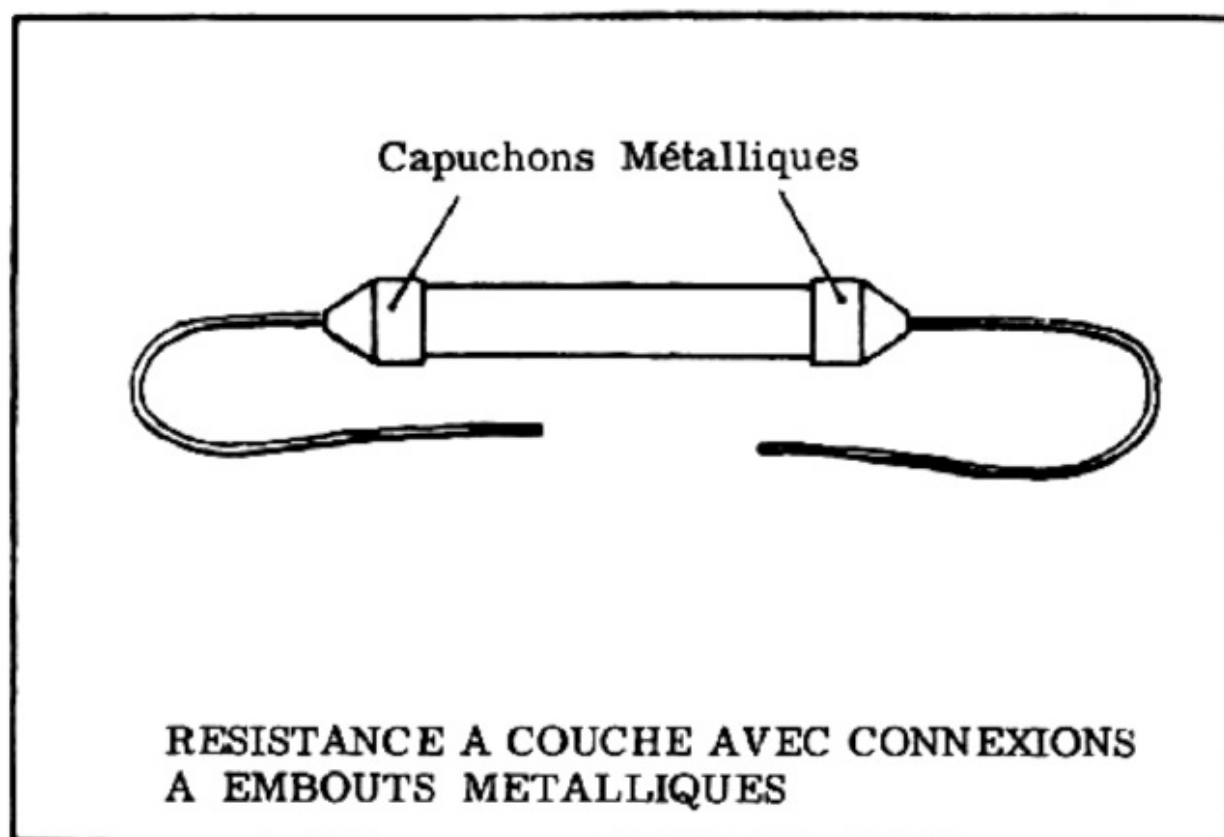


Figure 14

pâte d'oxydes métalliques de carbone ou de carborundum mélangée à des substances agglomérantes, à laquelle on donne une forme cylindrique.

Les deux connexions sont scellées dans le corps de la résistance, et le tout est protégé par une enveloppe de matière isolante. La valeur d'une résistance de ce type est déterminée par les dimensions de la partie du cylindre comprise entre les deux connexions (*figure 15 - a*).

Les résistances à couche conductrice sont les plus courantes ; elles sont formées d'un mélange de carbone et d'un matériau agglomérant constituant une couche d'une certaine épaisseur à l'intérieur d'un petit tube de verre. Les deux connexions pénètrent à l'intérieur de ce tube de verre et sont en contact avec la couche résistante. Le tout est contenu dans une enveloppe extérieure de matière plastique (*figure 15 - b*).

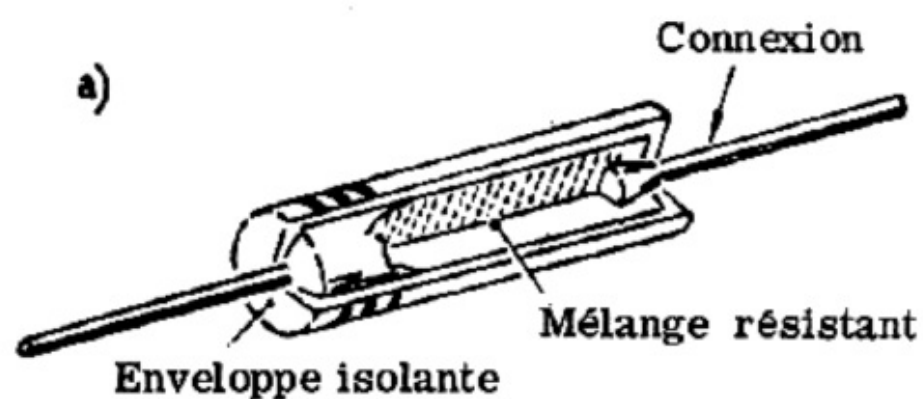
Ce type de résistance est de dimensions très réduites, car les connexions qui pénètrent à l'intérieur même de la couche résistante favorisent l'évacuation de la chaleur.

4 - 5 - RESISTANCES A FIL (BOBINEES)

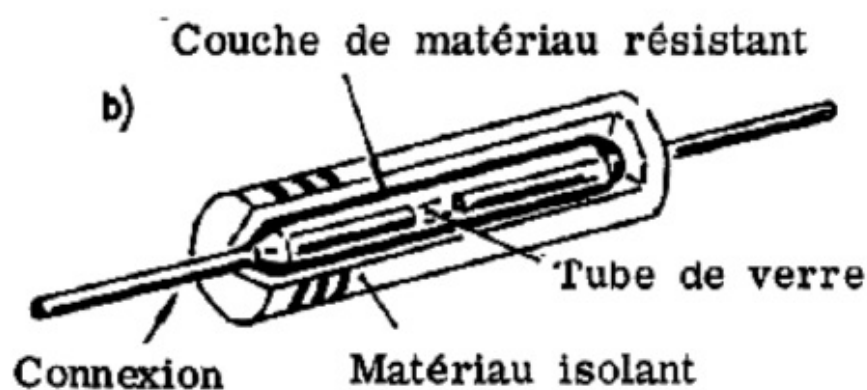
Ces résistances sont conçues de façon à pouvoir être parcourues par des courants de valeur élevée. Elles sont formées d'un support isolant sur lequel est enroulé un fil à haute résistance électrique. Les fils utilisés habituellement sont en constantan, en manganèse ou en nichrome.

La *figure 16 - a* montre un type de résistance réalisée en enroulant de façon uniforme le fil résistant autour d'un support tubulaire de porcelaine. Les deux extrémités du fil résistant sont soudées directement aux deux connexions en fil de cuivre étamé. L'enroulement est ensuite recouvert d'un vernis isolant de protection.

La *figure 16 - b* montre un type de résistance à fil, formée par un fil résistant enroulé autour d'une petite planchette de bakélite. Le fil résistant est relié à deux languettes métalliques fixées sur les extrémités de la plaquet-



TYPE A CORPS CONDUCTEUR



TYPE A COUCHE CONDUCTRICE

RESISTANCES AGGLOMEREES

Figure 15

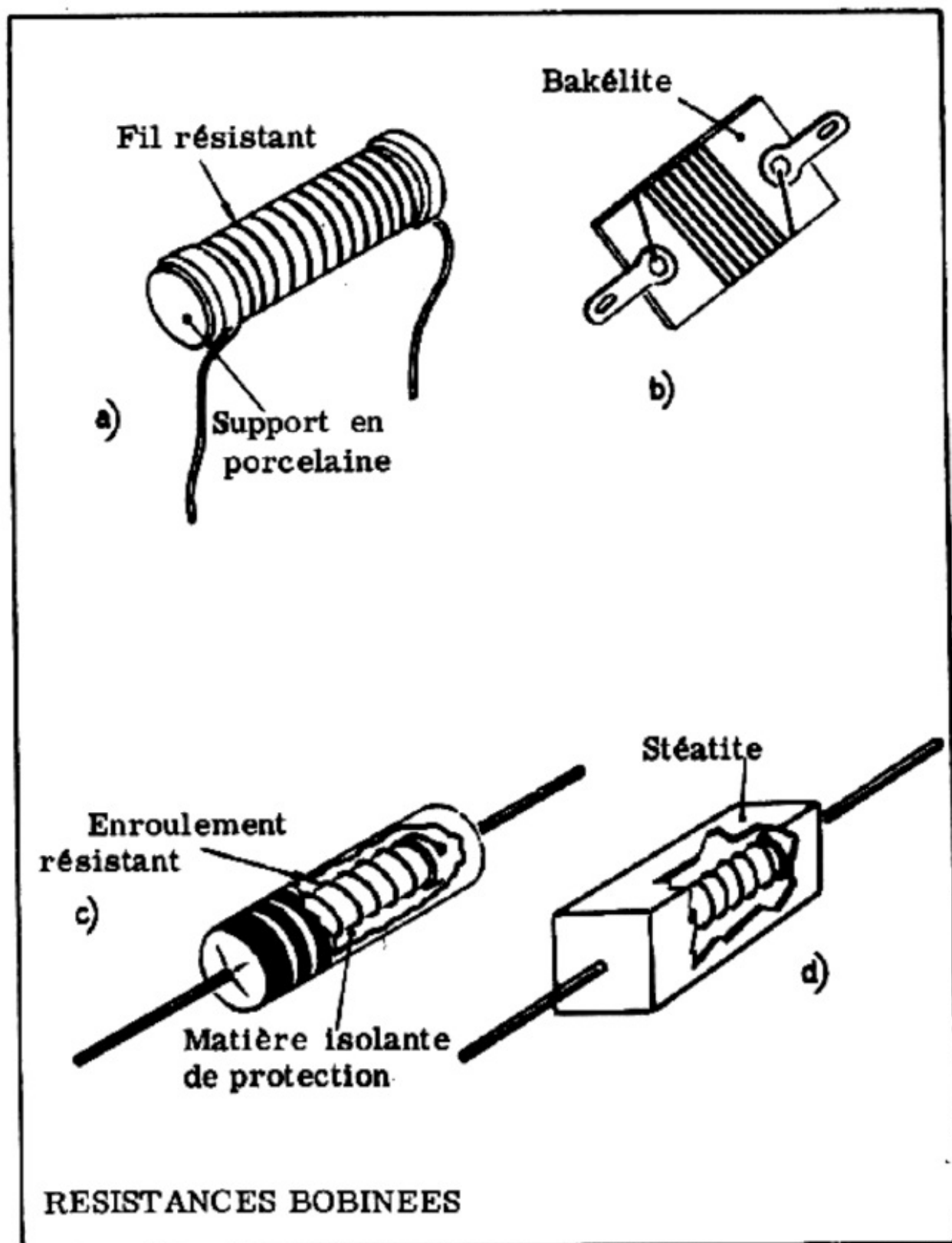


Figure 16

te en bakélite ; ces languettes peuvent avoir diverses formes suivant l'utilisation prévue pour la résistance.

La *figure 16 - c* représente un autre type de résistance à fil, obtenu en enroulant le fil résistant autour d'un support minéral résistant aux fortes températures. L'élément résistant est fixé solidement aux deux extrémités ; le tout est recouvert d'un revêtement fortement isolant en matière plastique.

Ce type de résistance a le même aspect que les résistances agglomérées ; il en diffère du fait que la première bande du code de couleurs a une largeur double des autres bandes.

La *figure 16 - d* représente le dernier type de résistance à fil. Comme le précédent il est composé d'un support minéral sur lequel un fil résistant est enroulé de façon uniforme. Le tout est placé dans une enveloppe de stéatite à section carrée et scellé par un ciment spécial. Ce genre de résistance peut supporter une intensité de courant plus grande que les types précédents.

La *figure 17* donne le tableau récapitulatif des divers types de résistances que nous venons d'examiner.

5 - CONTROLEUR DE CIRCUITS A SUBSTITUTION

Le second envoi de matériel comprend les composants nécessaires pour procéder à une partie du montage du contrôleur de circuits à substitution.

Le contrôleur de circuits à substitution est un appareil qui sera utilisé pour les exercices pratiques prévus dans ce cours ; il pourra également vous être utile pour rechercher les défauts dans les appareils électriques.

Le contrôleur de circuits à substitution, permet de réaliser des circuits électriques plus ou moins complexes ; ces circuits peuvent être incorporés

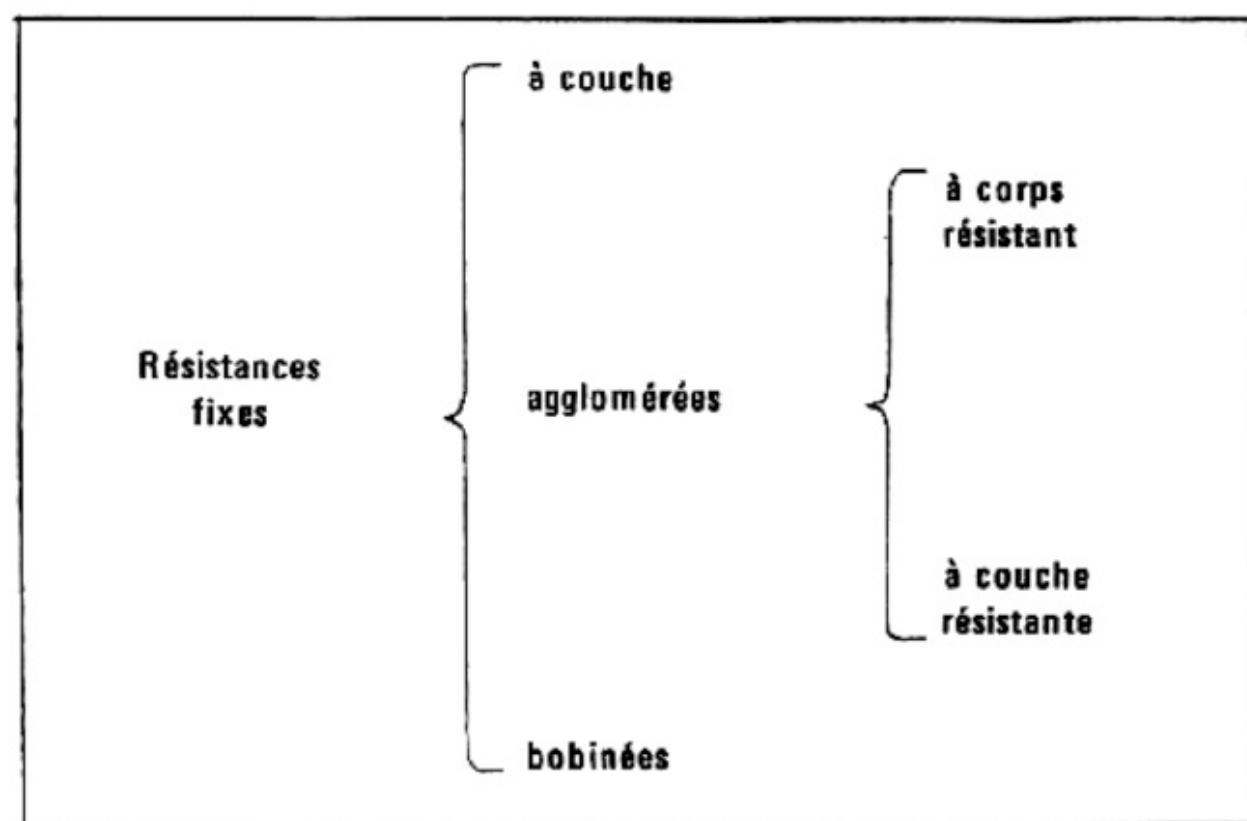


Figure 17

dans le circuit à réparer, au moyen de raccords volants assez simples ; ils permettent ainsi de remplacer les composants défectueux.

Par la suite, après l'avoir monté, nous étudierons en détail le fonctionnement et l'emploi du contrôleur de circuits ; vous ne réaliserez dans cette leçon que le montage mécanique d'une partie de l'appareil.

Examinons en premier lieu les composants à utiliser pour le montage mécanique.

PANNEAU — Sur sa face extérieure (*figure 18*), vous remarquerez des inscriptions et des symboles graphiques ; ne vous occupez pas de certains signes que vous n'avez pas encore étudiés ; nous expliquerons leur signification plus tard.

Sur la face intérieure du panneau il n'y a pas d'inscriptions ; vous effectuerez le montage électrique de l'appareil sur cette face intérieure.

Comme le montre la *figure 18*, divers trous sont disposés sur le panneau, une partie de ces trous sert à la fixation des douilles isolantes ; un montage de cette sorte sera effectué dans cette leçon.

DOUILLES ISOLANTES — Ce sont des prises spéciales qui permettent d'effectuer des raccordements électriques mobiles. Elles sont placées d'habitude sur les panneaux des instruments de mesure et permettent d'utiliser, de l'extérieur, le circuit se trouvant à l'intérieur de l'appareil ou de l'instrument.

Comme le montre la *figure 19 - a*, chaque douille est formée de quatre pièces différentes : deux pièces en matière isolante et deux en métal, presque toujours du laiton (le petit cylindre fileté et l'écrou).

On relie une ou plusieurs cosses aux douilles par des écrous (*figure 19 - b*) ; leur fonction consiste à assurer le raccord de la pièce métallique de la douille au circuit. Comme le panneau du contrôleur de circuits à substitution est en métal, les douilles doivent être fixées de telle sorte que la partie métallique soit isolée du panneau par un matériau isolant : autrement on obtiendrait un court-circuit, avec le risque d'endommager les composants électriques reliés aux douilles.

5 - 1 - MONTAGE MECANIQUE DU CONTRÔLEUR DE CIRCUITS A SUBSTITUTION

Pour cette première opération de montage, vous monterez dans leurs ouvertures respectives les douilles isolantes avec leurs cosses. Il faut suivre scrupuleusement les instructions de montage dans l'ordre indiqué.

La *figure 20* montre la face intérieure du panneau : les ouvertures sont repérées par des lettres de l'alphabet ; les opérations de fixation des douilles et des autres composants en seront facilitées.

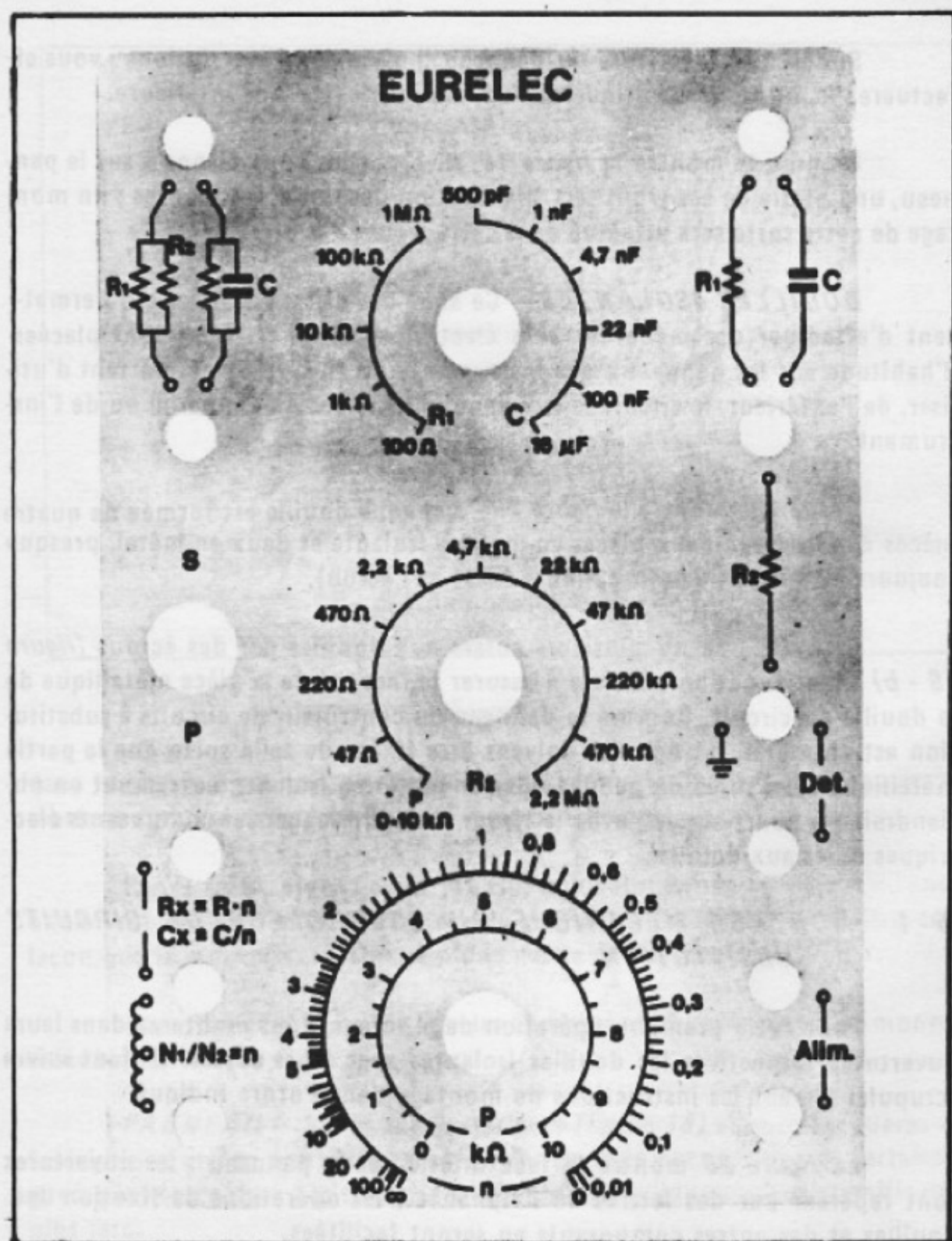


Figure 18

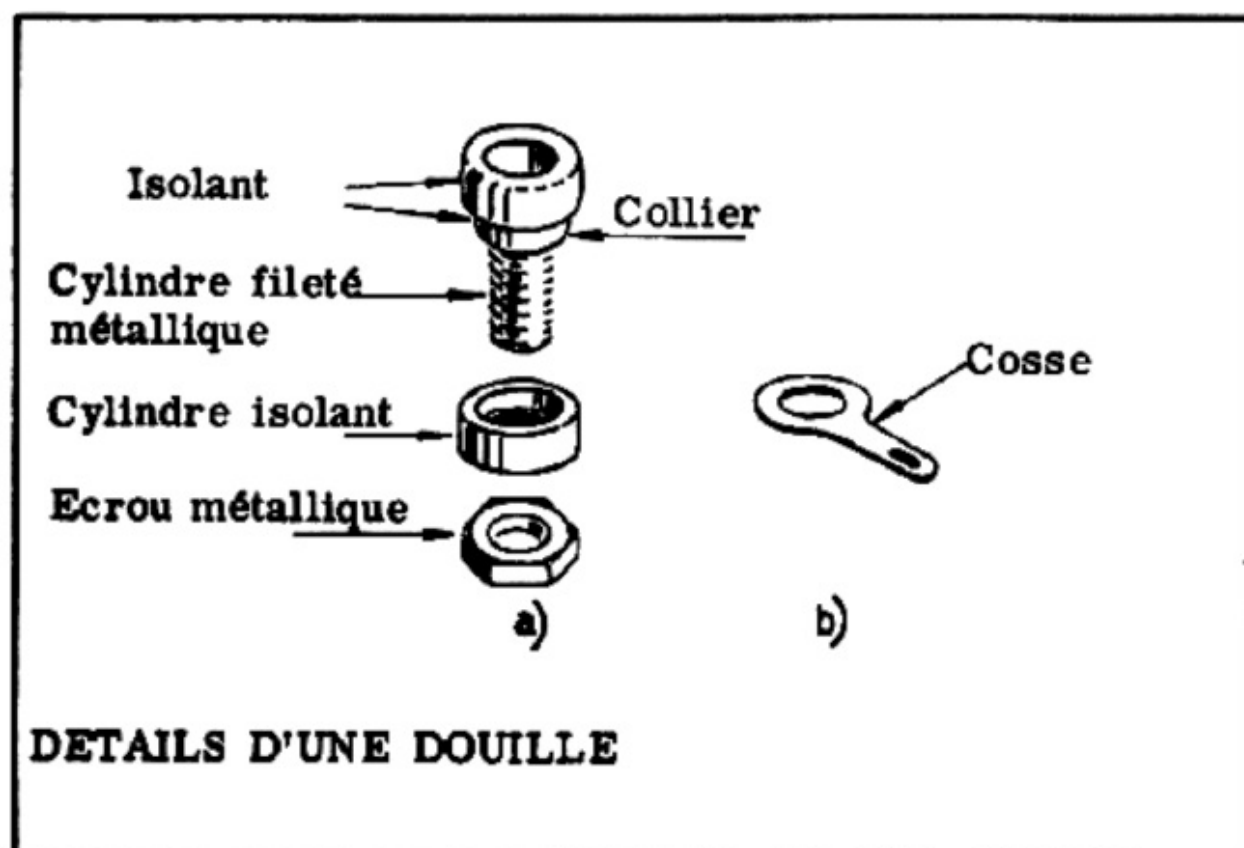


Figure 19

a) Posez le panneau sur la table dans la position montrée par la *figure 20*.

b) Prenez une douille noire, dévissez l'écrou et le petit cylindre isolant ; passez la douille dans l'ouverture A du panneau, *par l'extérieur* ; assurez-vous que la rondelle isolante se place dans l'ouverture.

c) Placez ensuite le petit cylindre isolant que vous avez tout d'abord retiré ; posez dessus 3 cosses orientées comme le montre la *figure 21 - a*.

d) Vissez fermement l'écrou avec la clé spéciale à découpe de 8 mm, que vous avez reçue avec le second envoi de matériel, de manière à bien fixer la douille mais *sans trop forcer* pour ne pas risquer de casser l'isolant en bakélite.

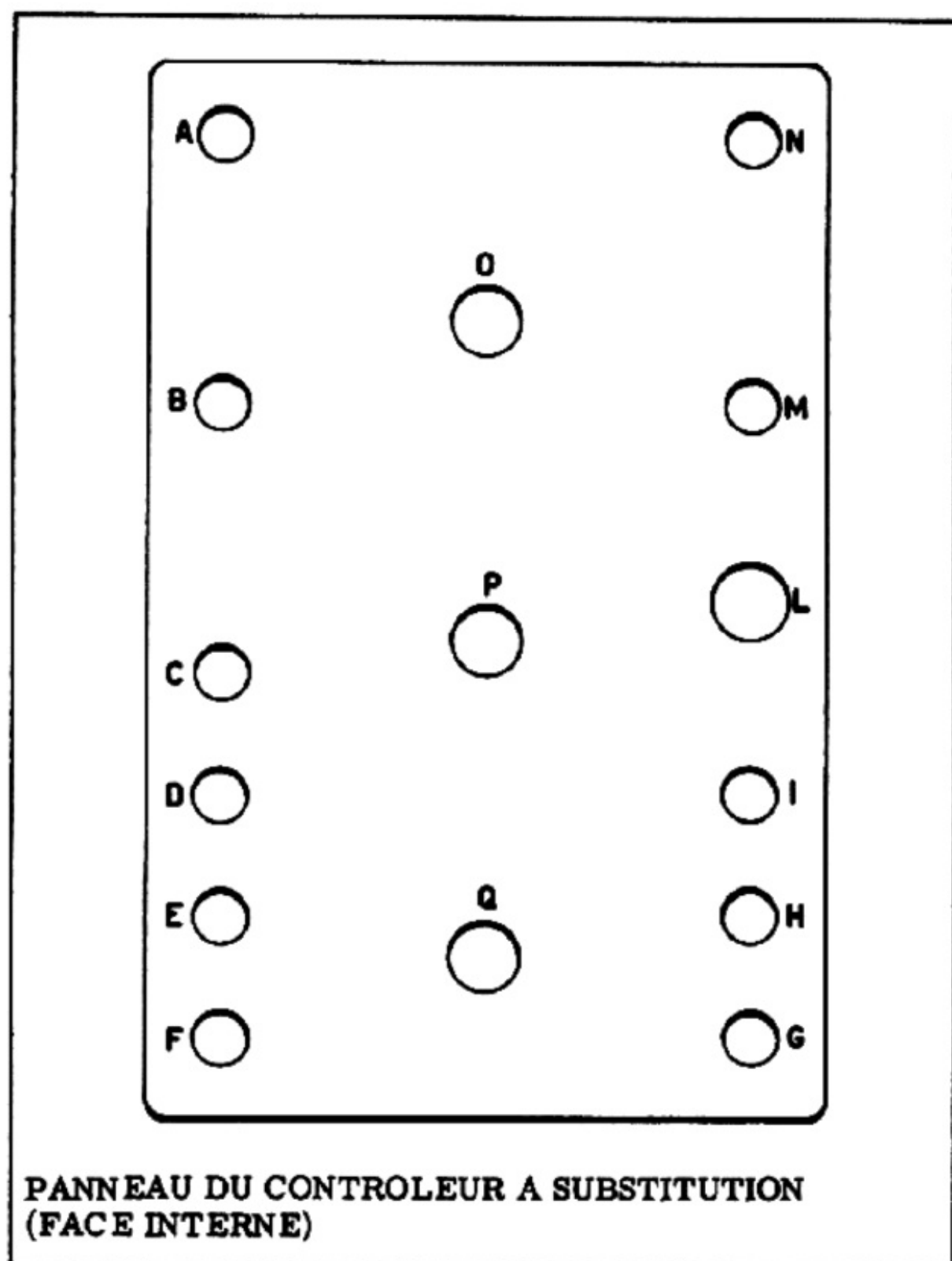


Figure 20

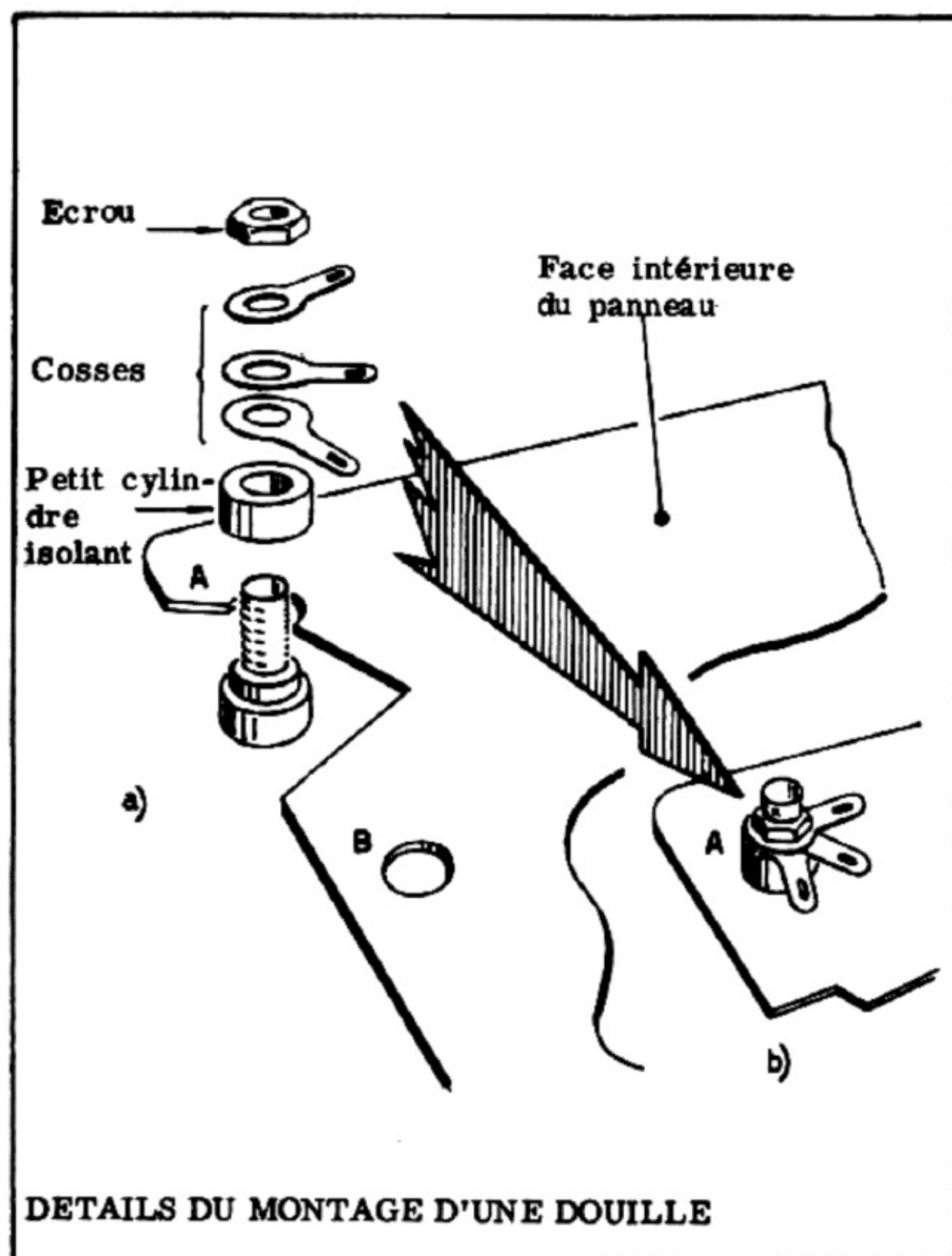


Figure 21

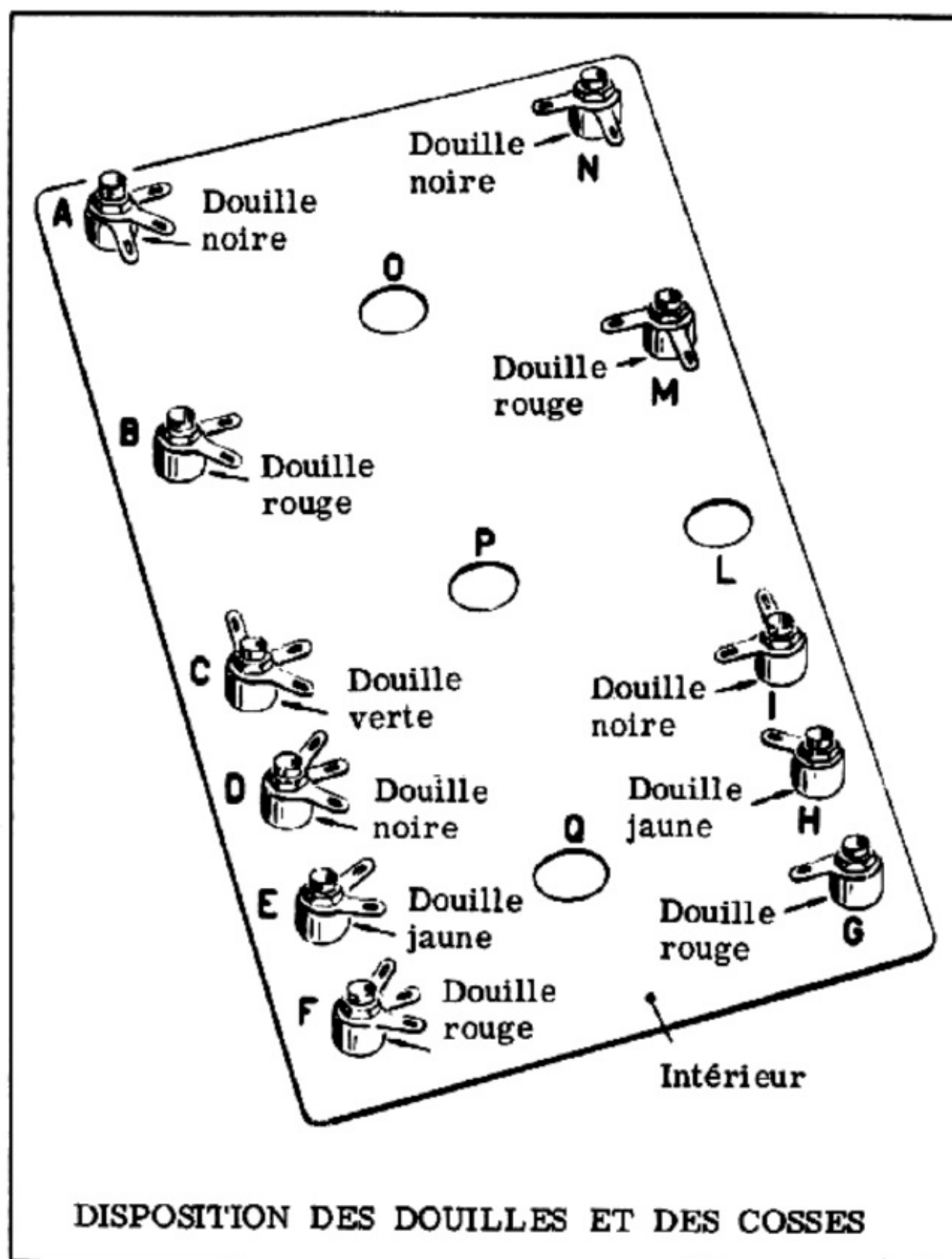


Figure 22

La figure 21 - b montre la douille montée.

e) Fixez ensuite les autres douilles dans leurs ouvertures respectives, *en suivant rigoureusement l'ordre indiqué ci-après, et en plaçant toujours les cosses comme le montre la figure 22.*

Ouverture B	: douille rouge et deux cosses
C	: douille verte et trois cosses
D	: douille noire et trois cosses
E	: douille jaune et deux cosses
F	: douille rouge et trois cosses
G	: douille rouge et une cosse
H	: douille jaune et une cosse
I	: douille noire et deux cosses
M	: douille rouge et deux cosses
N	: douille noire et deux cosses

En montant les douilles avec plus de deux cosses, on évitera que ces dernières ne soient en contact avec les cosses des douilles voisines.

Dans la prochaine leçon, nous commencerons le montage électrique du contrôleur de circuits à substitution. En outre, vous effectuerez une expérience avec un nouveau composant des circuits électroniques : le *CONDENSATEUR*.

