

## 6. l'essai des semi-conducteurs

LES semi-conducteurs sont évidemment utilisés sur la plupart des montages d'essai de l'amateur électronique, mais équiper aussi les instruments de mesure modernes, se retrouvent dans le poste portatif, la chaîne haute-fidélité, le récepteur de télévision, le magnétophone, ... voire dans l'électroménager, l'automobile ou les équipements photographiques ou cinématographiques.

En raison de leur taille très réduite, leur faible consommation et leur prix (relativement) raisonnable, ils ont presque complètement éliminé les tubes électroniques fragiles et encombrants, à la durée de vie limitée et aux performances évolutives.

Bien qu'ils aient une fiabilité exceptionnelle et une durée de vie dont on hésite à définir la longueur, ils sont plus sensibles aux excès de courant, de tension, de température que les tubes électroniques et passent assez volontiers de vie à trépas en quelques millisecondes pour peu que l'on dépasse une limite extrême des conditions de fonctionnement. De plus, leurs caractéristiques sont assez

mal définies : si l'on examine chacun des paramètres significatifs (impédance, bruit, réponse transitoire, gain, etc.), on mesure un ensemble de valeurs très dispersées, ce qui amène à une certaine prudence dans le choix et l'utilisation de ces composants.

La famille des semi-conducteurs, malgré sa simplicité de présentation, est très vaste (plusieurs dizaines de milliers de types différents). Elle s'étend des diodes (de signal, de puissance, zener, tunnel, à capacité variable, électroluminescente photorésistante, etc.) jusqu'aux transistors (PNP, NPN, à faible ou à grand gain, à faible ou forte puissance, à bande large ou étroite, à faible bruit, à effet de champ, unijonction, etc.) en passant par les thyristors, triacs et autres dispositifs particuliers.

Les essais que l'on effectue sur ces composants revêtent donc une importance particulière. On peut les classer grossièrement en deux catégories :

— la détermination précise, dans des conditions particulières, de paramètres statiques ou dynamiques essentiels : tensions, courants, gain, impédance, au moyen

d'un appareillage de mesure approprié,

— l'appréciation grossière des principales caractéristiques ou la connaissance de l'état de fonctionnement global (bon/mauvais) par une manipulation simple et rapide.

La première catégorie de ces essais s'adresse plus particulièrement aux professionnels qui obtiennent des éléments de calcul pour leurs circuits. C'est ainsi que l'on a créé une quantité d'appareils très perfectionnés, assez précis, mais aussi très onéreux, sur lesquels il n'est pas nécessaire de s'étendre.

La seconde catégorie sera appréciée de l'amateur et du réparateur pour qui la connaissance précise des caractéristiques d'un transistor, par exemple, n'est pas indispensable, mais qui recherchera plutôt la valeur grossière du gain, pour constituer une paire, la stabilité du courant collecteur ou simplement (ce qui est le cas le plus répandu) souhaitera savoir si la dernière et (peut-être) malencontreuse manipulation sur un montage d'essai n'a pas détruit une jonction. C'est à ces amateurs-là que nous nous adressons.

### QUELQUES RAPPELS

Bien qu'il n'entre pas dans nos intentions de faire un cours de transistors il est indispensable de rappeler quelques définitions qui aideront à la compréhension de ce qui suit.

La figure 1 a représente un transistor NPN monté, comme c'est le cas le plus fréquent, en émetteur commun. Un schéma identique aurait pu être constitué avec un PNP en inversant la tension.

Les valeurs des courants et des tensions indiquées sur la figure correspondent aux caractéristiques statiques du transistor. Si l'on fait varier  $V$  on obtiendra des valeurs de courant base  $I_b$  différentes :  $I_{b1}$ ,  $I_{b2}$ ,  $I_{b3}$ , ...  $I_{b5}$ .

De même, si l'on modifie la tension  $V$ , on fera varier le courant  $I_c$  et la tension  $V_{ce}$ , soit respectivement :  $I_{c1}$  et  $V_{ce1}$ ,  $I_{c2}$  et  $V_{ce2}$ , ...  $I_{c5}$  et  $V_{ce5}$ .

La forme du réseau de caractéristiques  $I_c = f(V_{ce})$  avec  $I_b$  en paramètre est bien connue (voir fi-

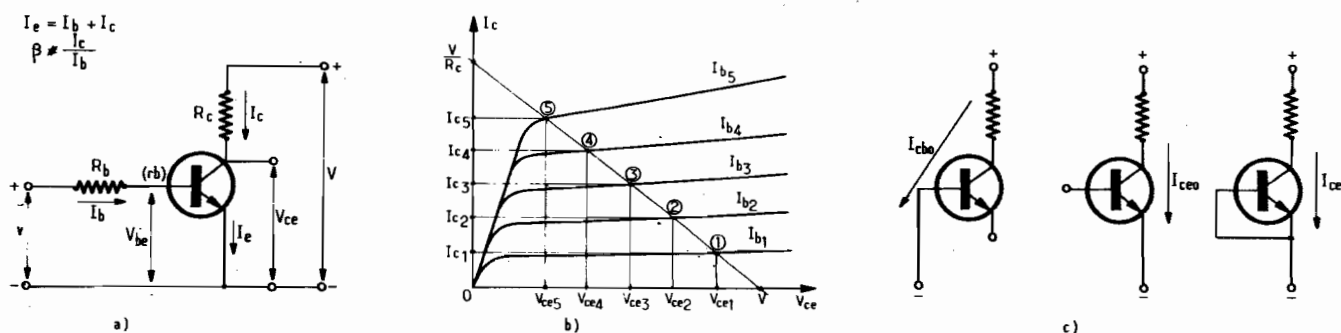


Fig. 1 - Caractéristiques d'un transistor NPN. (a) Principales tensions et principaux courants dans un transistor NPN en émetteur commun. (b) Réseau de caractéristiques  $I_c/V_{ce}$  avec  $I_b$  en paramètre. (c) Principaux courants de fuite.

gure 1b), elle rappelle la forme des caractéristiques  $I_p/V_p$  des tubes électroniques (pentodes).

On peut aisément porter sur ce diagramme la droite joignant  $V$  sur l'axe  $V_{ce}$  à  $V/R_c$  sur l'axe  $I_c$  : c'est la droite de charge. La pente est inversement proportionnelle à la valeur de  $R_c$ . Cette droite coupe les courbes en des points 1, 2, 3, ... 5.

Au point 1 correspondent un courant base  $I_{b1}$ , un courant collecteur  $I_{c1}$ , une tension collecteur  $V_{ce1}$  et ainsi de suite.

On sait que le courant collecteur  $I_c$  est, dans un réseau linéaire idéal, proportionnel au courant base dans le rapport du gain  $\beta$ . On voit donc que le montage élémentaire de la figure 1 a permet de connaître les caractéristiques essentielles du transistor : valeur du courant base, du courant collecteur, du gain en courant, de la tension base, et de la tension collecteur. La connaissance de quelques valeurs de  $I_c$  en fonction de  $I_b$  permet d'apprécier la non-linéarité des caractéristiques, source de distorsion et, ainsi, de rechercher la meilleure polarisation  $I_b$ .

De même, en donnant à  $R_c$  une valeur assez faible (droite de charge presque verticale) on peut tracer le réseau complet et déterminer ainsi la position de la droite de charge, donc de la résistance de collecteur qui assure la dynamique la plus importante, dans des conditions de linéarité et de dissipation acceptables.

On peut aussi, connaissant  $V$ ,  $R_b$  et  $I_b$ , en tirer la valeur de la résistance d'entrée  $r_b$ .

La bonne stabilité et les qualités intrinsèques du transistor en essai seront appréciées en mesurant la valeur des courants de fuite les plus significatifs :  $I_{cbo}$ ,  $I_{ceo}$ ,  $I_{ces}$  (voir figure 1c).

Pour réaliser toutes ces mesures, il faut disposer d'un certain nombre d'appareils : microampèremètres, milliampèremètre, voltmètre à haute résistance, alimentations, boîtes de résistances etc. ; de sorte que le relevé des caractéristiques point par point d'un transistor, que l'on fait exécuter par les élèves des écoles techniques pour leur montrer ce qu'est un semi-conducteur, s'avère assez peu commode à réaliser dans le laboratoire de l'amateur.

Le rôle d'un transistormètre est précisément de s'affranchir de toute cette mise en œuvre et d'offrir un montage tout prêt pour exécuter quelques opérations de vérification afin de connaître les courants, le gain et la fuite des transistors NPN et PNP de tous types ainsi que les courants direct et inverse des diodes.

### DE L'APPAREIL LE PLUS COMPLEXE : LE TRACEUR DE COURBES...

Le modèle le plus perfectionné et le plus attrayant est sans doute le traceur de courbes dont le principe est présenté sur la figure 2.

Si l'on donne au courant base l'allure d'un escalier et à la tension  $V_{ce}$  celle d'une dent de scie, par exemple, on pourra obtenir sur l'écran d'un oscilloscope la représentation du réseau  $I_c/V_{ce}$  avec  $I_b$  en paramètre. Pour cela, il est nécessaire que la tension collecteur varie de 0 à  $V_{ce}$  max. à chaque marche de « l'escalier de courant base ».

La figure 2 indique un exemple de réalisation où la tension  $V_{ce}$  est obtenue à partir de la dent de scie de balayage de l'oscilloscope. Cette même tension synchronise un générateur de tension en esca-

lier à faible résistance de sortie. La tension émetteur, proportionnelle au courant  $I_c$  est envoyée sur l'amplificateur vertical ( $I_e = I_c$ ).

En jouant sur les valeurs des résistances  $R_b$  et  $R_c$  et sur l'amplitude de la dent de scie, on peut adapter l'échelle au transistor en essai.

Naturellement, de tels appareils possèdent un grand nombre de possibilités d'emploi, y compris en régime de saturation sans entraîner la destruction des jonctions. Le prix élevé de ces appareils ne les met pas, hélas, à la portée des amateurs moyennement fortunés !

Plus économique, le dispositif traceur de courbe adaptable à un oscilloscope est relativement facile à construire. Comme une excellente description en a été faite dans le numéro 1465 du Haut-Parleur (« Représentation oscillographique des réseaux de caractéristiques de transistors » par H. Schreiber), nous renvoyons les lecteurs intéressés à cet article.

### ... À UN APPAREIL ULTRA-SIMPLE : LE MINI-TRANSISTORMÈTRE

La plupart du temps, l'amateur ne cherche pas à chiffrer avec précision les caractéristiques d'un transistor, mais souhaite savoir si ce composant n'est pas détruit. Il n'est pas nécessaire, alors, de disposer d'un appareil compliqué et onéreux.

Comme on peut le voir, le montage de la figure 3 est un modèle de simplicité. Son principe de fonctionnement est le suivant : lorsqu'un transistor, ou une diode en bon état sont polarisés dans le sens convenable ils sont assimila-

bles à une résistance de valeur plus ou moins faible (le terme de semi-conducteur prenant ici tout son sens). Il suffit alors de mesurer cette résistance au moyen d'un multimètre monté en ohmmètre (que l'on peut assimiler à un galvanomètre en série avec une pile et une résistance).

Si l'on a pris la précaution de repérer les polarités des bornes de l'ohmmètre (qui sont souvent différentes de celles que l'on utilise en voltmètre) il suffit de relier les deux cordons du mini-transistormètre aux bornes correspondant à la polarité du transistor ou de la diode en essai. Pour la polarité inverse, il suffit d'inverser les cordons comme indiqué sur la figure.

Les transistors de faible ou moyenne puissance seront montés sur le support, tandis que les transistors de puissance seront reliés aux bornes EBC. Les diodes seront essayées entre E et C.

Lorsque le poussoir n'est pas enfoncé, il ne doit circuler aucun courant ( $I_{ceo} = 0$ ) sauf si le transistor est de médiocre qualité ou en court-circuit. La lecture correspond à une valeur très grande ou infinie de résistance.

Si on appuie sur le poussoir, on polarise la base du transistor et un courant collecteur prend naissance. La valeur de la résistance lue sur l'ohmmètre doit alors diminuer très sensiblement sauf si le transistor est coupé.

Les diodes seront essayées en sens direct (anode sur +). Leur résistance varie suivant le type. Si cette résistance est infinie, c'est que le sens de branchement est incorrect ou que la diode est coupée. Dans le cas où une résistance de très faible valeur est lue dans les deux sens, on peut conclure au court-circuit de la jonction,

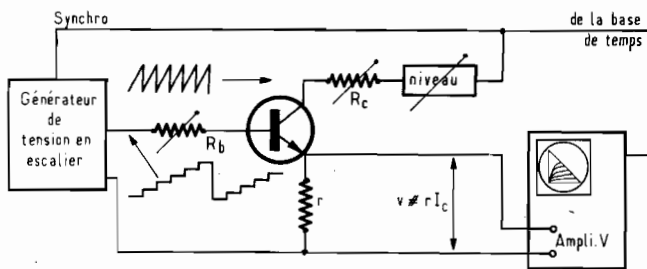


Fig. 2 - Traceur automatique de réseaux de caractéristiques. La tension en dent de scie peut être remplacée par une tension de forme différente pourvu que sa valeur crête atteigne  $V_{ce}$  max.

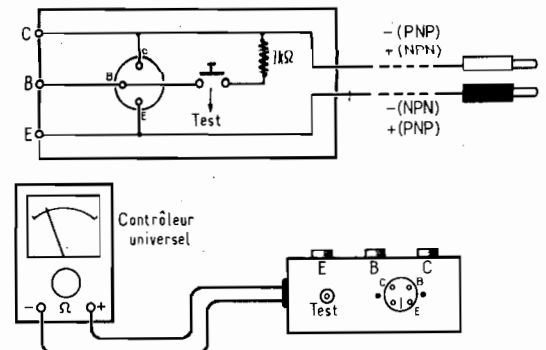


Fig. 3 - Utilisation d'un contrôleur universel en transistormètre.

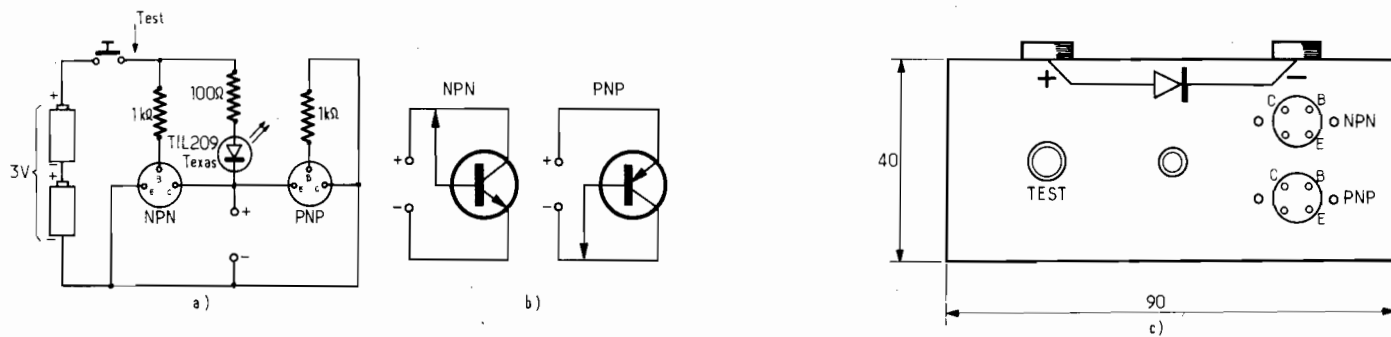


Fig. 4 - Transistormètre simple à diode électroluminescente

En jouant sur les gammes de l'ohmmètre, on pourra faire circuler un courant plus ou moins important dans les jonctions et mesurer ainsi des résistances équivalentes de valeurs différentes. On choisira la gamme qui donnera la meilleure lecture, en se méfiant toutefois de celle qui correspond aux valeurs de résistances les plus faibles, pour les transistors ou les diodes fragiles, car le courant de mesure risquerait d'être prohibitif.

Comme on peut le voir, ce petit accessoire peut rendre de signalés services à l'amateur. Son prix de revient extrêmement bas et sa simplicité de réalisation le rendront attrayant pour les débutants.

### VÉRIFICATEUR SIMPLE ET AUTONOME À DIODE ÉLECTROLUMINESCENTE

Il peut être gênant de dépendre d'un multimètre pour exécuter une opération de vérification. Cet appareil est en effet, le plus souvent, requis pour les besoins d'une autre mesure sur un montage en cours d'essai, et il serait alors nécessaire de le déconnecter.

D'autre part, l'achat d'un microampèremètre exclusivement destiné à l'usage de transistormètre est une dépense que les amateurs peu fortunés ou débutants hésiteront à faire ; pour les autres nous avons prévu un appareil plus complet, mais nous recommandons vivement la construction d'un petit vérificateur même aux professionnels qui éviteront ainsi des pertes de temps, et, en tous cas, aux amateurs qui ne s'encombreront pas d'un appareil cher et fragile.

Nous avons donc imaginé deux appareils très économiques pour la vérification du fonctionnement des semi-conducteurs courants.

Ils utilisent tous les deux une ou plusieurs diodes électroluminescentes que l'on trouve facilement dans le commerce pour quelques francs (diode époxy à fils TIL 209 de Texas, achetée chez Radio-Voltaire). Cette diode est utilisée en indicateur visuel de fonctionnement.

Le premier modèle de ces appareils est représenté sur la figure 4. Il a été conçu pour l'essai des transistors NPN et PNP courants, les diodes de signal et de redressement. Il possède deux supports distincts pour les transistors ce qui évite une commutation.

Le schéma de la figure 4 a permis de comprendre le principe de fonctionnement. Supposons qu'un NPN soit disposé sur le support correspondant. Si l'on appuie sur le poussoir, on polarise la base et on alimente le collecteur par une tension positive, de sorte qu'un courant collecteur peut circuler dans la résistance de 100 Ω et la diode électroluminescente qui s'éclaire aussitôt.

Dans le cas d'un PNP, le raisonnement est le même si ce n'est que la tension positive est appliquée sur l'émetteur.

Un transistor en court-circuit donnerait une illumination plus importante de la diode qui ne serait pas modifiée par l'établissement d'un contact volontaire entre + et -. Un transistor coupé, au contraire, ne donnerait aucun allumage. Si l'on ignore la polarité d'un transistor, il suffira de la monter sur chacun des supports : celui sur lequel on peut obtenir un allumage indique la polarité recherchée (aucun danger de claquage par tension inverse).

Les bornes + et - seront très utiles pour contrôler le sens et le bon fonctionnement des diodes ou des transistors de puissance, et pourront accessoirement servir à faire une mesure de continuité.

L'appareil comprend sa propre alimentation constituée par deux éléments de 1,5 volt. La faible valeur de cette tension est une protection contre les fausses manœuvres qui pourraient engendrer un courant trop élevé. L'ensemble est contenu dans un petit boîtier métallique de 90 x 40 x 40 mm approximativement. Compte tenu du faible débit, la durée des piles est très longue.

### TESTEUR DE SEMI-CONDUCTEURS

En utilisant également des diodes électroluminescentes, suivant un principe un peu différent du précédent, nous avons imaginé et conçu ce second appareil relativement simple à réaliser, qui s'est avéré, à l'usage, extrêmement pratique.

Pour en comprendre le fonctionnement, il convient de rappeler les caractéristiques d'une diode électroluminescente. La figure 5 indique le montage élémentaire et la courbe Id/Vd relevée pour une diode TIL 209, déjà citée.

Du point de vue électrique, comme on peut le voir, cette caractéristique s'apparente beaucoup à celle d'une diode régulatrice, à cela près que le point de régulation s'obtient en sens direct et non en sens inverse comme pour les diodes zener.

La tension Vd aux bornes de la diode se stabilise aux environs de 1,6 V pour un éclairage normal avec une résistance série de 150 Ω et une pile de 4,5 volts.

Si l'on diminue le courant Id, en diminuant V ou en augmentant R, on s'aperçoit que la tension Vd varie peu jusqu'à un coude très prononcé situé vers 1,4 V qui correspond précisément à un seuil d'éclairage. En deçà de ce point, la diode reste sombre, et le courant et la tension s'annulent rapidement.

Il nous a paru intéressant de profiter de ces caractéristiques particulières pour utiliser la diode en détecteur de tension à seuil.

Le principe de fonctionnement de notre testeur est indiqué sur la figure 6 (le raisonnement établi pour un transistor NPN est valable également pour un PNP à condition d'inverser les polarités de la pile et de la diode).

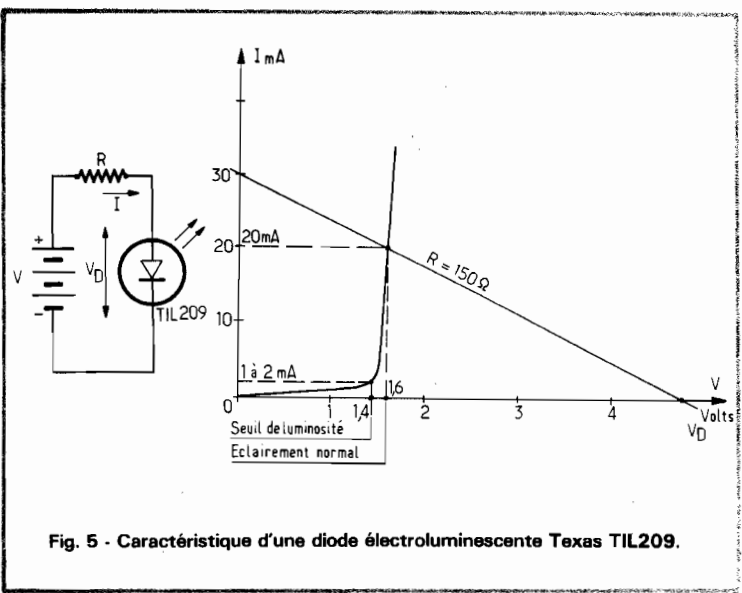


Fig. 5 - Caractéristique d'une diode électroluminescente Texas TIL209.

Une pile de 4,5 volts alimente la diode en sens direct avec une résistance de 150 Ω en série. Suivant la courbe de la figure 5, la diode s'éclaire normalement avec un courant voisin de 20 mA.

Plaçons un transistor NPN, comme indiqué sur la figure 6a. Si le pont R1/R2 est tel que le courant base soit suffisant, un courant collecteur prendra naissance qui entraînera une chute de tension supplémentaire aux bornes de R3. Si le courant collecteur est suffisant, la tension collecteur sera égale ou inférieure à 1,4 V et on observera l'extinction de la diode. En réglant R1 on aura ainsi la possibilité de se placer en un point de courant base qui corresponde au seuil d'éclairement de la diode. Ce réglage est relativement précis.

Si le transistor est bon, on observe le phénomène décrit dès que l'on presse un bouton « test ».

Dans le cas d'un transistor défectueux, on observera :  
 - en cas de court-circuit : le non allumage de la diode avant que l'on ne presse sur le bouton,  
 - en cas de coupure : l'allumage permanent de la diode que le bouton soit pressé ou non.

A partir de ce principe, on a élaboré l'appareil dont le schéma est représenté en 6b.

La pile de 4,5 volts est un modèle plat, courant et économique pour lampe de poche. Un double inverseur à glissière NPN/PNP permet, sans changer de support, de faire l'essai de tous les types de jonctions. L'interrupteur marqué « pile » commande le circuit de mesure. Dès que cet interrupteur est abaissé en position M, les deux diodes tête-bêche sont alimentées ; celle qui correspond à la polarité NPN (ou PNP) en sens direct s'allume. Si la position de l'inverseur NPN/PNP était changée c'est l'autre diode qui s'illuminerait servant ainsi de repère. Ces voyants peuvent également indiquer l'état de la pile qu'il conviendra de changer dès que la brillance diminue quelque peu.

Le circuit du transistor correspond au schéma de principe. Une résistance de 1 k Ω est placée en série avec le potentiomètre monté en rhéostat : elle limite le courant base lorsque le curseur est en position limite. Comme nous l'avons indiqué, la diode préalablement allumée s'éteindra dès que l'on pressera le poussoir test si le transistor est bon et si le courant base est réglé à une valeur suffisante.

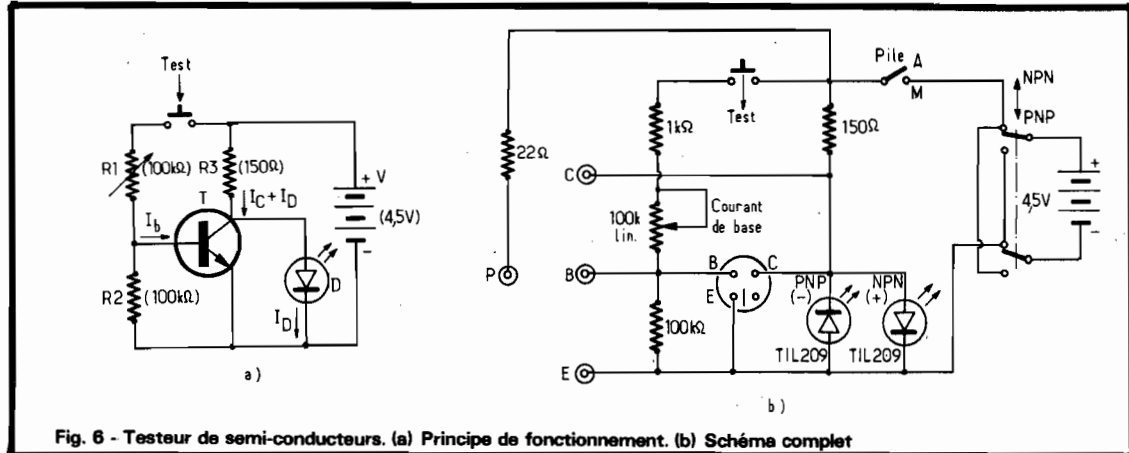


Fig. 6 - Testeur de semi-conducteurs. (a) Principe de fonctionnement. (b) Schéma complet

### C) Tableau d'utilisation

ESSAI	COMMUTATEUR NPN/PNP	ÉTAT DES VOYANTS (0 = éteint, 1 = allumé)				BRANCHEMENT
		MARCHÉ		TEST		
		NPN	PNP	NPN	PNP	
TRANS. NPN	NPN	1	0	0	0	E B C
TRANS PNP	PNP	0	1	0	0	E B C
FET CANAL N	NPN	0	1	0	0	CONNECTER Source (S) — E GATE (G) — B DRAIN (D) — C
FET CANAL P	PNP	1	0	0	0	— d° —
UJT	NPN	1	0	[ESSAI AUDITIF] 500 Hz		CONNECTER B1 — E (voir E — B note 1) B2 — C
HYRISTOR (voir note 2)	PNP	1	0	0	0	CONNECTER E — E GACHETTE — B C — C
DIODE (directe)	NPN	0	0	NON UTILIS		CONNECTÉ CATHODE = E ANODE = C
DIODE (INV.)	PNP	0	1	"	"	— d° —

NOTE 1 : Brancher un condensateur de 0,1 μF entre E et B.  
 Brancher un écouteur (2 000 Ω) entre E et B, à travers un autre condensateur de 0,1 μF.  
 Régler le potentiomètre à mi-course.

NOTE 2 : Seulement pour les thyristors dont le courant gachette est inférieur à 4 mA au déclenchement et le courant collecteur inférieur à 40 mA.

L'appareil convient également à l'essai d'un transistor de puissance en connectant celui-ci aux bornes EBC au moyen de petits cordons terminés par des pinces

crocodile miniatures.

Pour résumer les possibilités d'utilisation du testeur, nous avons dressé un tableau en 6c auquel il convient de se reporter.

Une remarque est à faire à propos de l'essai des transistors unijonction qui sont testés en régime oscillatoire : le bon fonctionnement est contrôlé par la présence d'une

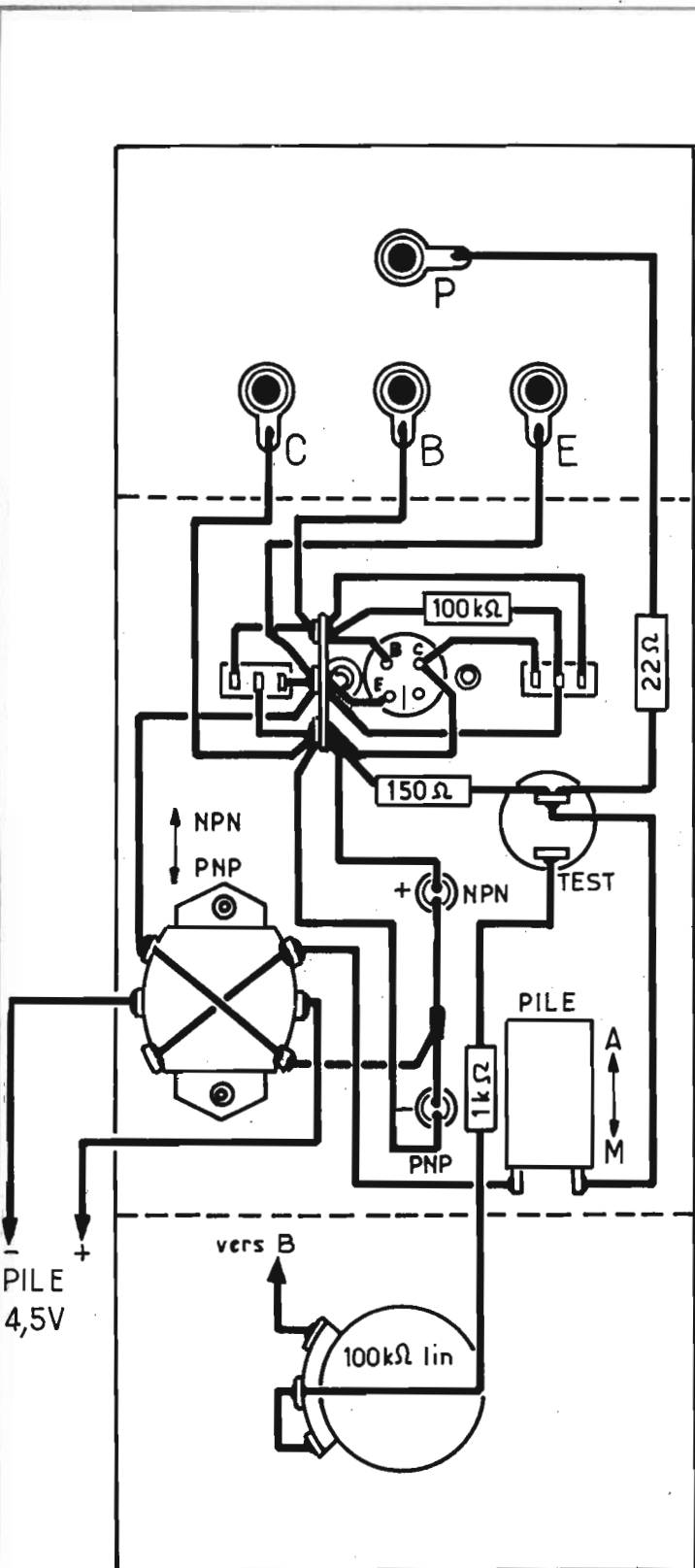


Fig. 7 - Testeur de semi-conducteurs. Plan de câblage.

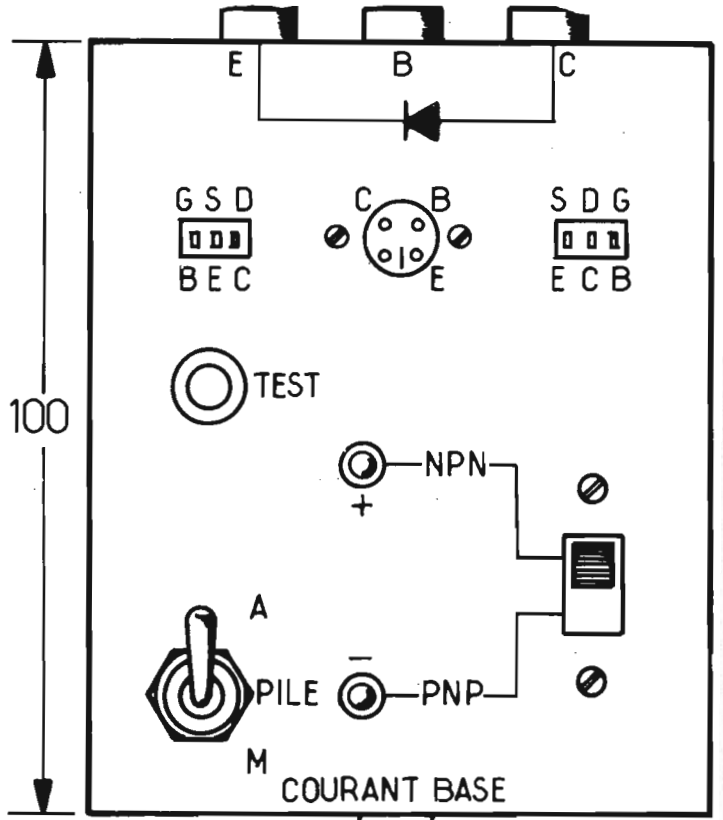
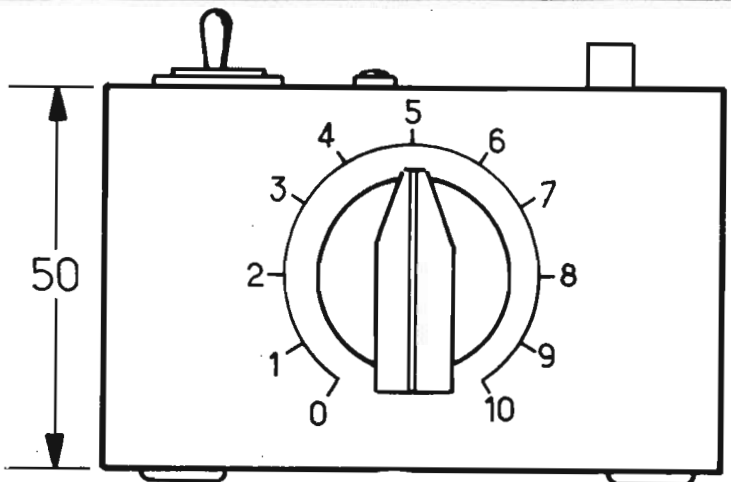
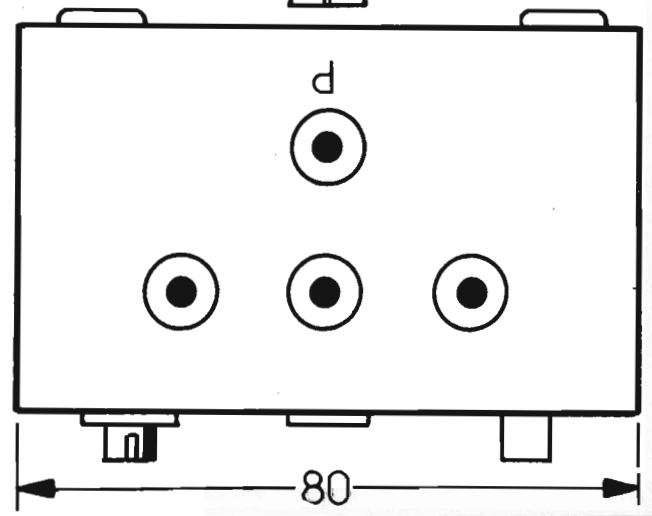


Fig. 8 - Présentation en coffret du testeur.



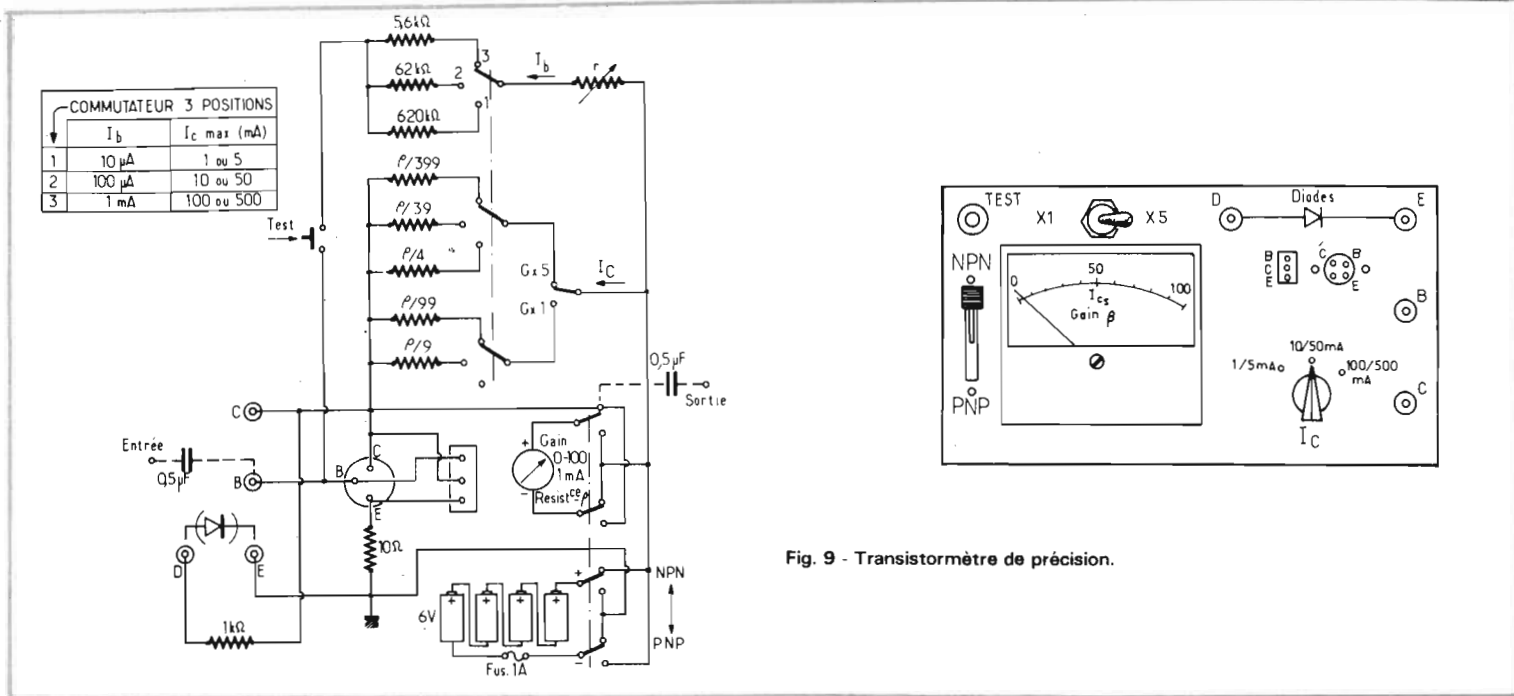


Fig. 9 - Transistormètre de précision.

oscillation de relaxation à 500 Hz environ que l'on décèlera avec un écouteur, ou en brouillant un poste portatif avec les harmoniques de la dent de scie (utiliser le bas de la gamme GO).

En plus des cas d'utilisation qui figurent dans le tableau, on peut en citer quelques autres comme par exemple :

- recherche de la polarité d'un transistor ou d'une diode,
- recherche du brochage d'un transistor inconnu,
- recherche de la présence et de la polarité d'une tension continue (maximum 6 volts): pile sur A, test non enfoncé,
- recherche recherche d'une continuité (entre C et E).
- source de tension stabilisée de

- + ou - 1,6 V entre E et C,
- alimentation (+ ou -) auxiliaire d'un montage extérieur entre E et P avec une protection de la pile contre les courts-circuits,
- témoin logique en utilisant un transistor NPN à grand gain (test entre E et B à travers 100 kΩ en série).
- essai d'un condensateur non polarisé entre E et B en décelant l'oscillation d'un UJT (jusqu'à 0,1  $\mu\text{F}$ ).
- essai d'un condensateur polarisé ou non jusqu'à 2 000  $\mu\text{F}$  par la méthode suivante : on place sur l'appareil un transistor NPN à grand gain et l'on règle le potentiomètre à la limite de l'extinction de la diode. Le condensateur préalablement déchargé est placé

entre B et E, avec la polarité convenable (+ sur B). Si l'on presse le bouton test, la diode à la limite de l'allumage, s'éteindra avec d'autant plus de retard que le condensateur aura une capacité élevée. En cas de fuite, l'extinction ne se produira pas ; en cas de coupure, il n'y aura aucun retard à l'extinction. En utilisant une série de condensateurs de bonne qualité, il est possible d'étalonner l'appareil en durée pour une position donnée du potentiomètre et une série de valeurs de capacité.

Les lecteurs astucieux et imaginatifs pourront trouver d'autres applications de ce petit appareil.

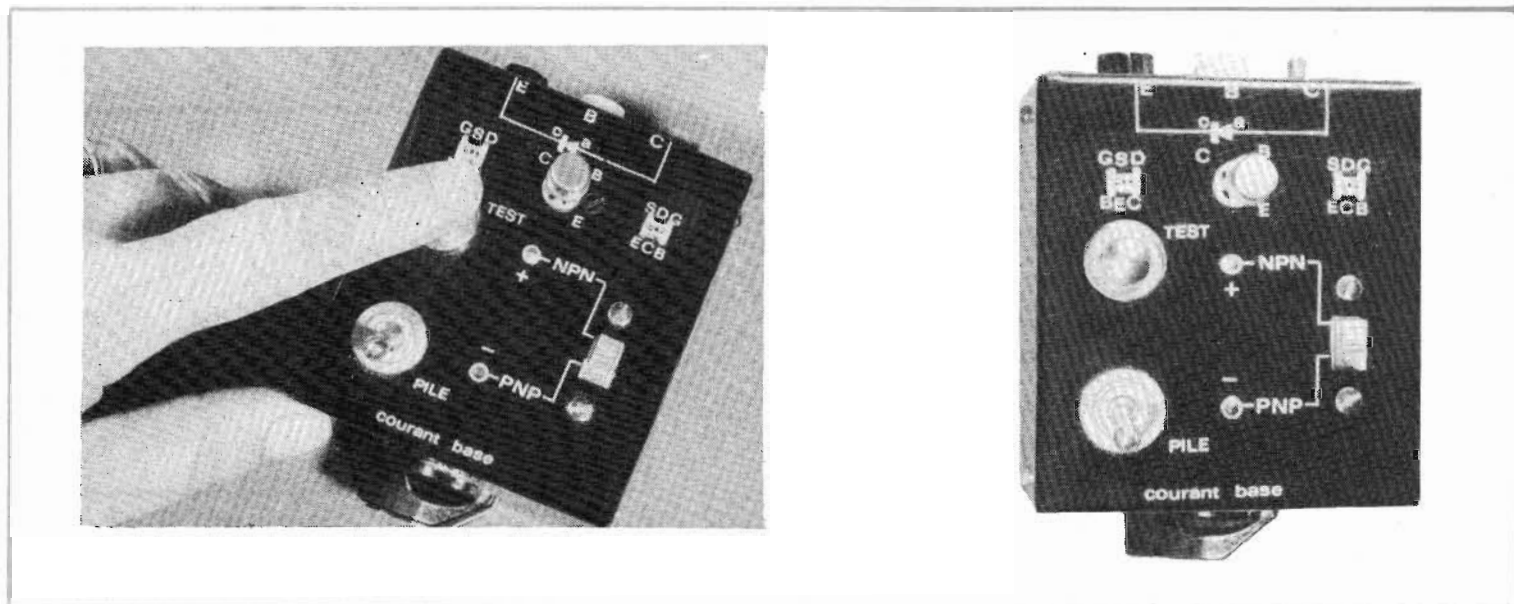
La figure 7 indique le schéma de câblage dans un coffret de dimensions réduites (environ

100 x 80 x 50 mm) dont la présentation correspond à celle de la figure 8. On notera les trois types de support de transistors afin de couvrir tous les cas courants (boîtiers T039, T072, T018 ou T092).

La pile de 4,5 volts est placée au fond du coffret. Elle est maintenue par un bracelet en caoutchouc. Les fils + et - sont directement soudés sur les languettes de laiton.

Les diodes électroluminescentes sont enfilées sur un petit morceau de gaine plastique blanche et enfilées à force dans un trou de 4 mm sur le panneau de l'appareil.

Le potentiomètre linéaire de 100 k  $\Omega$  que l'on choisira de bonne qualité, sera gradué de façon



arbitraire de 0 à 10. Ces graduations permettront de faire des comparaisons entre transistors pour faciliter la formation de paires, ou avoir une idée très approximative du gain.

**UN TRANSISTORMÈTRE PRÉCIS DE CONCEPTION CLASSIQUE**

Il est des applications où le besoin de faire des mesures précises s'impose à l'expérimentateur. Ces mesures portent le plus généralement sur l'expression du gain statique correspondant à une valeur donnée du courant collecteur.

C'est pour répondre à ce besoin qu'a été conçu le transistormètre de la figure 9.

Il comporte une alimentation de 4 piles de 1,5 V (modèle R20) capable de débiter 500 mA sous 6 volts avec une protection par fusible de 1 A à fusion rapide.

Le transistor est monté en émetteur commun avec, pour les modèles à faible ou moyenne dissipation, une résistance de 10 Ω de limitation de courant.

Le collecteur est alimenté à travers un milliampèremètre de courant collecteur qui servira également à mesurer le gain statique β. Comme la source est stable et à très faible résistance interne, et que la résistance de base d'un transistor qui conduit est également peu élevée,

le courant de base sera défini par la résistance série Rb de sorte que :

$$I_b = \frac{6}{R_b + r_b + r}$$

La résistance r est destinée à tarer le courant base pour les valeurs les plus élevées (position 3 du commutateur). Ce tarage, facultatif, sera effectué une fois le montage terminé, en utilisant un transistor de gain connu ou en mesurant le courant base, avec un appareil extérieur, sur un transistor quelconque (r : résistance ajustable de 470 Ω).

Les trois positions du commutateur définissent donc trois valeurs de courant base, respectivement 10 μA, 100 μA et 1 mA. A ces valeurs correspondent deux familles de courant collecteur 1, 10, 100 mA et 5, 50, 500 mA, que l'on peut commuter indépendamment par l'inverseur GX1/GX5.

Puisque le courant base est défini, la valeur du courant collecteur est proportionnelle au gain du transistor ; il suffit donc d'établir des graduations appropriées pour obtenir directement la lecture du gain β.

L'étalonnage de l'appareil de mesure de 1 mA (gradué de 0 à 100) se fait par un jeu de shunts commutés dont la valeur est exprimée sur le schéma en fonction de la résistance interne ρ du milliampèremètre. Ainsi, en utilisant un modèle K76 de type carré de

CdA dont la résistance interne est de 110 Ω, on obtiendra

$$\begin{aligned} \rho/4 &= 27 \Omega \\ \rho/9 &= 12 \Omega \\ (\rho = 110 \Omega) \quad \rho/39 &= 2,8 \Omega \\ \rho/99 &= 1,1 \Omega \\ \rho/399 &= 0,27 \Omega \end{aligned}$$

L'inverseur NPN/PNP agit à la fois sur les bornes de l'alimentation et sur la polarité de branchement du milliampèremètre. Il est constitué par un quadruple inverseur à bascule (4 x 2 positions).

Lorsque le poussoir test n'est pas enfoncé, on peut lire le courant de fuite I<sub>ceo</sub> (ou I<sub>cbo</sub> si l'on réunit B et E).

Dès que l'on appuie sur ce bouton, l'appareil dévie d'un nombre de graduations correspondant au gain du transistor (X1 ou X5) et indique en même temps la valeur du courant collecteur suivant la position du commutateur à 3 positions.

Les bornes de sortie EBC sont disposées de façon à pouvoir être reliées aux électrodes d'un transistor de puissance.

Entre E et D on peut brancher une diode (anode en D) dans le sens direct lorsque l'on est sur NPN ou en inverse en PNP. Une résistance de 1 k Ω protège l'appareil de mesure en cas de court-circuit et limite le courant de la diode en essai. Dans cette utilisation le bouton test n'est pas utilisé.

Cet appareil permet également d'effectuer des mesures qualitati-

ves sur les autres dispositifs semi-conducteurs. Il peut être modifié ou aménagé pour avoir des gammes plus étendues suivant l'utilisation que l'on souhaite faire.

Une amélioration intéressante de cet appareil peut être faite en disposant une entrée base et une sortie collecteur à travers des condensateurs de 0,5 μF non polarisés. Il est alors possible, après avoir réglé la polarisation à une valeur adéquate, d'envoyer un signal alternatif de tension connue à partir d'un générateur à faible résistance de sortie (10 à 500 kHz). La lecture de la tension faite sur le collecteur au moyen d'un voltmètre électronique extérieur à grande impédance sera proportionnelle au gain dynamique du transistor. Cette méthode s'avère excellente pour la recherche du point de polarisation optimal ou pour le tri de paires.

**LES APPAREILS COMMERCIAUX**

Si on se limite aux principaux paramètres statiques et si l'on élimine les appareils très onéreux comme les traceurs automatiques, il reste encore un nombre assez considérable de transistormètres fabriqués et commercialisés par les grandes firmes d'appareils de mesure.

A titre d'information et sans aucune visée commerciale, nous en citerons 3 qui répondent, sem-

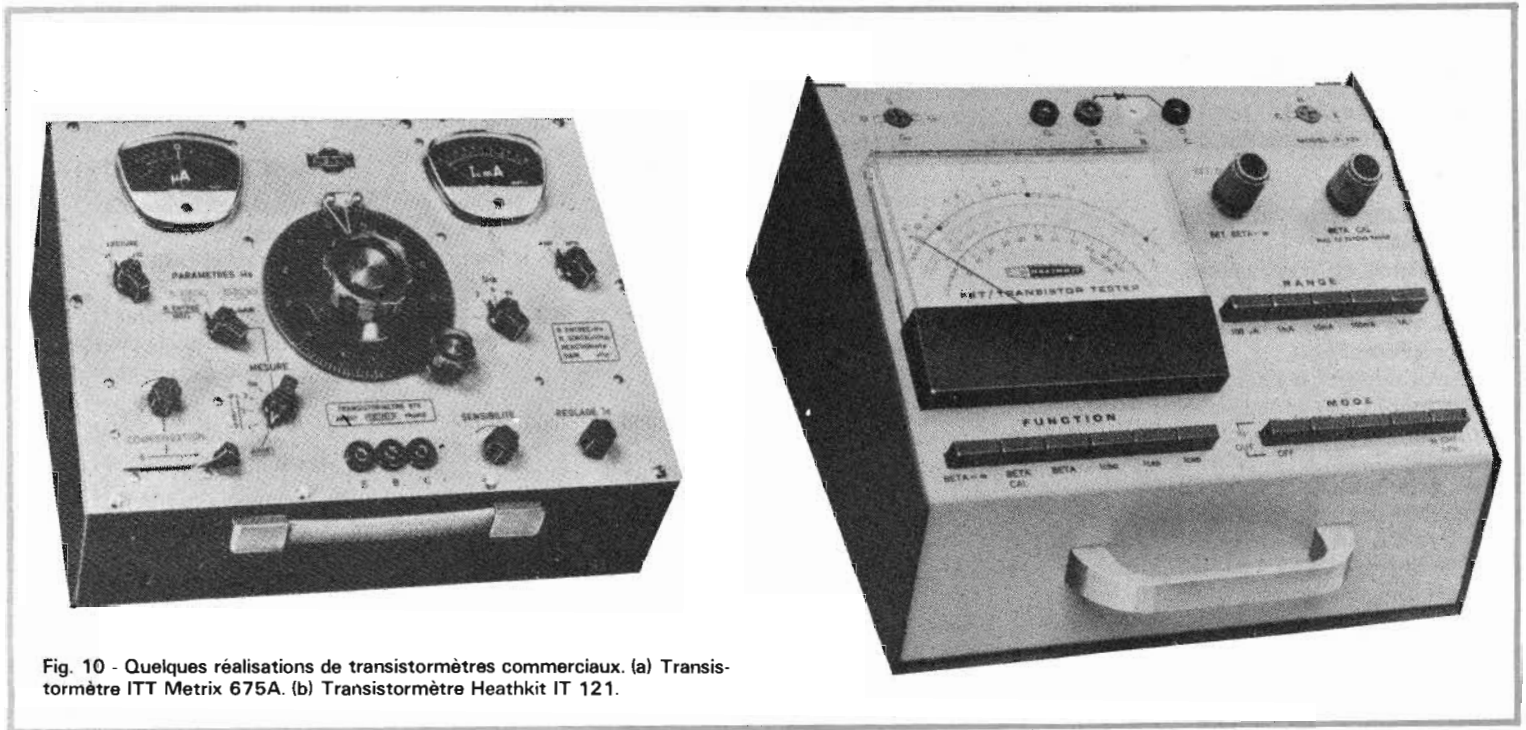


Fig. 10 - Quelques réalisations de transistormètres commerciaux. (a) Transistormètre ITT Metrix 675A. (b) Transistormètre Heathkit IT 121.

ble-t-il à la plupart des exigences courantes (voir figure 10).

### Le Fet Transistor Tester de Heathkit It 121 (disponible en kit)

Cet appareil a été conçu pour la mesure des paramètres des transistors habituels NPN et PNP, des FET, des thyristors et des diodes.

Les gammes de gain  $\beta$  sont les suivantes :

1 à 50, 5 à 250, 10 à 500, 50 à 2500, 100 à 5000 avec des courants collecteur de 1 mA à 1 A.

La gamme des pentes des FET s'étend de 0 à 50 000  $\mu$  ohms. On peut mesurer cinq courants de fuite ( $I_{ceo}$ ,  $I_{ces}$ ,  $I_{cbo}$ ,  $I_{dss}$ ,  $I_{gss}$ ) de 100  $\mu$ A à 1 A à pleine échelle.

Pour les transistors unijonction, il est prévu une mesure de  $I_{eb2s}$  et  $I_{eb2s}$  et  $I_{b2b1s}$  et  $I_e$ .

L'alimentation est autonome (3V) et le rapport performances/prix assez séduisant.

### Le transistormètre 675A de ITT METRIX

Il possède des caractéristiques poussées pour la mesure des paramètres statiques (et même dynamiques) des transistors de faible puissance. Il permet de connaître, notamment :

$I_{cbo}$  de 0 à 25  $\mu$ A ou 0 à 250  $\mu$ A,  $I_c$  de 0 à 10 mA,

les paramètres dynamiques en h en émetteur commun (mesurés à 300 kHz) soit : résistance d'entrée  $h_{11e}$  : 50  $\Omega$  à 50 k $\Omega$

résistance de sortie  $1/h_{22e}$  : 0,5 k $\Omega$  à 500 k $\Omega$

taux de réaction  $h_{12e}$  de  $5 \cdot 10^{-6}$  à  $5 \cdot 10^{-3}$

gain  $h_{21e}$  de 1 à 500

La tension d'alimentation est obtenue à partir de 12 piles incorporées à l'appareil. La tension  $V_{ce}$  peut être commutée sur 3, 6 ou 9 volts.

### Le transistormètre 302A de ITT METRIX

Cet appareil est d'une utilisation plus large mais assure des mesures moins précises que l'appareil précédent.

On peut mesurer le gain statique des transistors courants (plusieurs bouchons disponibles) et contrôler les diodes, y compris les diodes zener jusqu'à 22 volts. La gamme des courants collecteur va de 1 mA à 1 A, les gains jusqu'à 300 (précision 5 %). La puissance est limitée à 2 watts. L'alimentation se fait à partir du réseau.

J.C.

(à suivre)

## ERRATUM

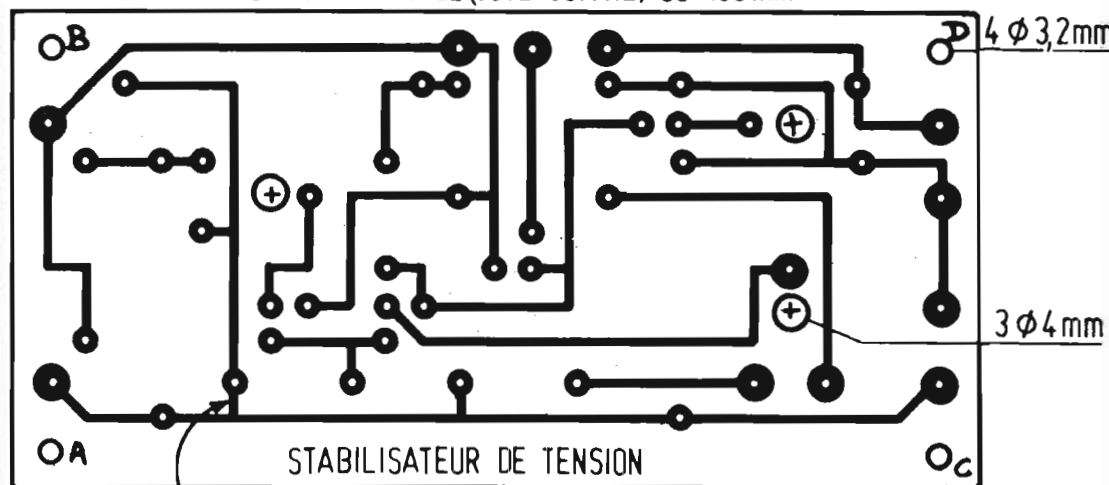
cf : Le Laboratoire de l'amateur électronique. 6/ Les alimentations de laboratoire.

A la suite d'une erreur de transcription, une connexion a été

oubliée sur le dessin du circuit imprimé de la figure 11a, page 111 du numéro 1463 de la revue. Un de nos lecteur perspicace nous a signalé cette oubli qui empêche

d'obtenir une régulation correcte. Nous prions nos lecteurs de bien vouloir nous en excuser, et se reporter au dessin correct ci-dessous :

### CARTE IMPRIMÉE (COTÉ CUIVRE) 65x130mm



Connexion oubliée

### Nota :

Certaines abréviations ou expressions citées dans le texte ont pu paraître mystérieuses à quelques lecteurs profanes. Nous conseillons vivement à ceux-ci de s'initier à la technique et aux applications des semi-conducteurs. Ils trouveront, auprès de leur libraire technique habituel, une grande quantité d'ouvrages de base qu'ils pourront consulter avec profit car la construction et l'utilisation des appareils que nous citons ou décrivons ne peut se faire valablement sans quelques connaissances élémentaires.

## BIBLIOGRAPHIE

### CONSTRUISEZ VOS ALIMENTATIONS

J.-C. ROUSSEZ

L'ÉLECTRONICIEN désirant réaliser un montage de type quelconque, du plus simple au plus compliqué, se heurte souvent au problème de son alimentation. Etant donné l'infinité variété des tensions et courants exigés par les montages, le technicien se doit de connaître tous les problèmes posés par leur alimentation et surtout les moyens de les résoudre. Les lignes directrices de cet ouvrage ont été la clarté et l'esprit pratique.

Les éléments entrant dans une alimentation ont été tout d'abord analysés dans une première partie où l'on pourra trouver des méthodes simples et rapides de calcul faisant surtout appel à des coefficients « passe-partout » et à des tableaux standards.

La seconde partie est une succession d'exemples pratiques d'alimentation régulées ou non. Les composants électroniques

utilisés dans ces réalisations sont le plus souvent choisis parmi ceux que le particulier peut se procurer aisément dans le commerce. La partie « réalisation pratique » de ces montages n'a pas été négligée et l'on trouvera pour chacun d'eux un schéma de câblage ou un circuit imprimé à l'échelle 1.

### PRINCIPAUX CHAPITRES

#### I. Analyse et conseils :

- le transformateur ;
- le redressement ;
- le filtrage ;
- les autres éléments ;
- la dissipation de chaleur ;
- qu'est-ce qu'une alimentation régulée ?

#### II. Montages pratiques :

- III. Montages pratiques : alimentations régulées :

En vente à la  
Librairie Parisienne  
de la Radio

43, rue de Dunkerque  
75010 PARIS