

COMPAGNIE GENERALE DE METROLOGIE

---

METRIX

TRANSISTORMETRE 302 A

NOTICE TECHNIQUE

## CHAPITRE I

### GENERALITES

#### 1.1. - INTRODUCTION

Les semiconducteurs sont de plus en plus répandus sur le marché.

Les transistors trouvent des applications dans de nombreux problèmes : postes récepteurs portatifs, équipements militaires, appareils de prothèse auditive, jouets télécommandés, etc...

Le dépannage des circuits à transistors, la vérification des transistors avant montage exigent des moyens de contrôle simples et rapides.

La mise au point des étages BF symétriques nécessite un appariage rigoureux des transistors.

Le transistormètre devient un outil de travail au même titre que le lampemètre. Entièrement équipé de semiconducteurs, son utilisation est de ce fait immédiate.

#### 1.2. - BUT DE L'APPAREIL

Le transistormètre 302 A mesure le gain statique  $h_{21E}$  ou  $h_{FE}$  et le courant inverse  $I_{CBO}$ , deux caractéristiques utiles d'un transistor pour s'assurer de son bon fonctionnement.

L'appareil est conçu pour effectuer des mesures sur les transistors de puissance ( $I_C = 1$  A). Il comporte en outre des supports pour transistors à boîtier TO3, TO5 et à sorties trifilaires.

Il permet également de mesurer les courants inverses des diodes et la tension inverse des diodes Zener.

Robuste et pratique d'emploi, il est de dimensions et de poids réduits. Il convient parfaitement aux ateliers de montage et de dépannage, son galvanomètre avec cadran à plusieurs échelles assure une lecture parfaite des caractéristiques mesurées.

### CHAPITRE 3

#### CONCEPTION DE L'APPAREIL.

##### 3.1. RAPPEL SUR LA SIGNIFICATION DES PARAMETRES MESURES.

###### 3.1.1. Courant $I_{inv}$ d'une diode.

Le courant inverse d'une diode est donné par le constructeur pour une tension déterminée.

En pratique, ce courant varie peu lorsque la tension appliquée à la diode demeure inférieure à cette tension déterminée.

Une mesure donnant un courant supérieur au courant maximum indique que la diode n'a plus ses caractéristiques initiales.

###### 3.1.2. Tension $V_Z$ d'une diode Zener.

Le galvanomètre est branché en voltmètre pour mesurer  $V_Z$  aux bornes de la diode. Sa consommation est négligeable et le courant dans la diode lors de la mesure dépend de la tension Zener.

En pratique pour les diodes courantes, cette mesure est faite sans risques de dépasser la puissance limite, tout en restant au-delà du coude de la caractéristique.

<u>Exemple</u> :	$V_Z = 4 \text{ V}$	$V_Z = 8 \text{ V}$	$V_Z = 12 \text{ V}$
	$I_Z = 6 \text{ mA}$	$I_Z = 4 \text{ mA}$	$I_Z = 2,3 \text{ mA}$
	$P = 24 \text{ mW}$	$P = 32 \text{ mW}$	$P = 28 \text{ mW}$

###### 3.1.3. Courant inverse $I_{CBO}$ d'un transistor.

Le courant  $I_{CBO}$  est une caractéristique renseignant sur la qualité d'un transistor donné.

On détermine ce courant sur la courbe représentant  $I_C$  en fonction de la tension  $V_{CB}$  pour  $I_E = 0$ , c'est-à-dire lorsque le courant émetteur est nul.

Sa valeur est donnée par les constructeurs pour une température de 25°C, elle augmente exponentiellement avec cette dernière (à 50° C, elle peut être dix fois plus grande qu'à 25°C).

3.1.4. Gain statique  $h_{21E}$  --  $h_{FE}$  ( $h_{21E} = \frac{I_C}{I_B}$  pour une tension VCE constante)

La mesure du gain se fait en montage émetteur commun.

Le gain peut se calculer sur la courbe donnant le courant  $I_C$  en fonction de  $V_{CE}$  pour différentes valeurs de  $I_B$ .

Lors de la mesure,  $I_C$  est fixé à une valeur donnée, on lit  $I_B$  directement en valeur de gain sur l'échelle du cadran du galvanomètre.

3.2. - REALISATIONS DES MESURES

3.2.1. Mesure  $I_{Inv.}$  diode (fig. 1 planche 2)

Cette mesure s'effectue sous une tension continue stabilisée de 4 V.

Cette source alimente la diode en série avec une résistance de protection choisie en fonction du calibre de courant mesuré. Ceci limite le débit de la source dans le cas d'une diode détériorée ou branchée à l'envers.

Pour le calibre 300  $\mu A$ , on insère un shunt en parallèle sur le galvanomètre afin de mesurer 1/10 du courant total, la résistance de protection est déterminée en conséquence.

3.2.2. Mesure de  $V_Z$  diode (fig. 2 planche 2)

Cette mesure s'effectue sous une tension continue de 22 V environ.

La source alimente la diode en série avec une résistance de protection.

Le galvanomètre est branché en parallèle sur la diode pour effectuer une mesure directe en tension.

Pour 15 V Zener, le courant du galvanomètre est ajusté à 30  $\mu A$  (déviation fin d'échelle) par une résistance d'appoint d'environ 500 k $\Omega$ .

### 3.2.3. Mesure de $I_{CBO}$ transistor. (Fig. 3 planche 2).

Cette mesure est analogue à celle de  $I_{Inv}$  diode (voir paragraphe 3.2.1.) Dans ce cas, le courant inverse mesuré est celui de la diode représentée par la jonction collecteur base d'un transistor dont le courant émetteur est nul.

Le courant inverse est appelé  $I_{CBO}$  lorsque l'émetteur n'est pas branché, c'est-à-dire pour  $I_E$  nul, ce qui est le cas du montage réalisé.

Un dispositif de contactage détermine le sens du courant mesuré selon le type de jonction PN ou NP, il permet d'inverser les polarités de la source et du galvanomètre de mesure.

### 3.2.4. Mesure du gain statique $h_{21E}$ ou $h_{FE}$ d'un transistor.

Le gain statique ou "intégré" est par définition le rapport :

$$\frac{I_C}{I_B}$$

Cette mesure consiste à déterminer  $I_B$  connaissant  $I_C$  que l'on affiche.

La tension entre collecteur et émetteur pour  $I_C$  donné est ajustée en position "Tarage" dans les conditions mêmes où la mesure de  $I_B$  sera réalisée.

La mesure de  $I_B$  est réalisée ensuite en position "Lecture" et le résultat exprimé par une correspondance directe de  $I_B$  en valeur de gain.

Après tarage, le transistor est alimenté entre collecteur et émetteur par une tension  $V_{CE}$  égale à 2 V=. Cette tension est obtenue à partir de la source de tension 4 V= stabilisée après chute de tension de 2 V= dans une résistance étalonnée mise en circuit en fonction du calibre  $I_C$  fixé.

Il y a donc chute de tension identique aux bornes de la résistance d'une part, aux bornes émetteur collecteur du transistor d'autre part.

Par suite à chaque valeur différente de  $I_C$  1 - 10 - 100 mA - 1 A correspond une puissance égale respectivement à 2 - 20 - 200 mW - 2 W.

L'alimentation 4 V = étant stabilisée, les variations résiduelles n'ont pas de répercussions sur le tarage en courant, mais uniquement sur la tension  $V_{CE}$ .

La valeur  $2\text{ V} \pm 10\%$  n'a rien de critique en raison du fait que l'on est au-dessus du coude de la caractéristique  $I_C - V_{CE}$  en fonction de  $I_B$  et en-dessous de la tension de claquage collecteur-émetteur de la plupart des transistors.

### 3.2.41. Tarage $I_C$ (voir fig. 4a - planche 2).

Le galvanomètre monté en voltmètre est branché en parallèle sur la résistance étalonnée ( $R_{12}$  -  $R_{13}$  -  $R_{14}$  ou  $R_{15}$ ) correspondant au calibre  $I_C$  choisi.

Le trait rouge sur lequel on doit amener l'aiguille du galvanomètre (débit  $15\ \mu\text{A}$ ) permet d'afficher une tension égale à  $2\text{ V}$  pour chaque valeur de  $I_C$  ( $1 - 10 - 100\text{ mA} - 1\text{ A}$ ). Cette tension est égale à la tension  $V_{CE}$  entre émetteur et collecteur du transistor en essai (voir précédemment).

Ce réglage est assuré en agissant sur le courant de base du transistor en essai par l'intermédiaire du potentiomètre P2.

L'ajustement de ce courant est réalisé en tenant compte du branchement du galvanomètre M1 lors de la mesure (position "Lecture").

Pour cela, on introduit en série dans le circuit base une résistance de  $7\text{ k}\Omega$  qui correspond à la résistance globale du galvanomètre (résistance du cadre +  $R_{32}$  et  $R_{33}$ ).

Le tarage est effectué selon l'échelle choisie et les diverses combinaisons de circuits qui sont représentées clairement sur les figures 4bcd.

### 3.2.42. Mesure du gain (voir fig. 5 - planche 2).

Le tarage étant réalisé, cette mesure est effectuée en position "Lecture".

Le transistor est alors alimenté entre collecteur et émetteur par  $V_{CE} = 2\text{ V}$ .

Le courant  $I_C$  est tel que l'on ait une chute de tension de  $2\text{ V}$  aux bornes de la résistance étalonnée branchée en série avec la source. Le galvanomètre est alors inséré à la place de la résistance  $7\text{ k}\Omega$  indiquée précédemment dans des conditions de mesure telles, que la valeur de  $I_B$  soit lue directement en valeur de gain.

La lecture s'effectuera sur l'une des deux échelles 100 ou 300 correspondant à la sensibilité de mesure du gain adoptée.

Les circuits sont adaptés en conséquence et on en a tenu compte lors du tarage (voir fig. 4 abcd).

En effet, il suffit de transposer le circuit de base indiqué fig. 4 abc ou d (fonction du choix de  $I_C$  et du calibre de gain), dans la fig. 5 pour avoir le circuit de mesure effectif.

Il convient toutefois de supprimer la branche voltmètre et résistances série  $R_8$  125 k $\Omega$  et  $R_{34}$  10 k $\Omega$  (voir fig. 4a) en parallèle sur la résistance étalonnée ( $R_{15}$  à  $R_{12}$ ) et de remplacer la résistance de 7 k $\Omega$  par le galvanomètre  $M_1$ .

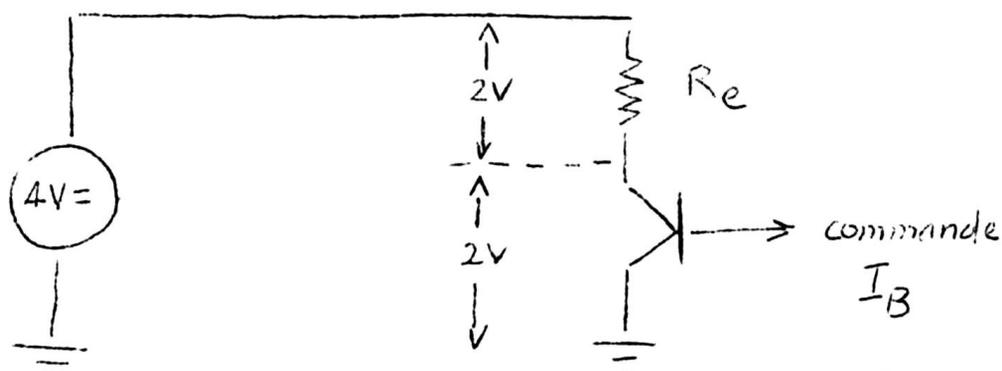
La fig. 5 de la planche 2 représente le circuit simplifié illustrant l'exemple suivant : mesure du gain d'un transistor PNP sensibilité 100 et courant  $I_C = 1$  A

### 3.2.43. Remarques sur les conditions de mesure

- La suppression du galvanomètre ne modifie en rien le circuit collecteur, la consommation du galvanomètre étant de 15  $\mu$ A (position "Tarage" trait rouge en milieu d'échelle), elle s'avère négligeable devant le plus faible courant collecteur choisi  $I_C = 1$  mA.
- L'erreur sur le courant n'est pratiquement fonction que de l'imprécision sur la valeur de la résistance étalonnée et sur la mesure en voltmètre, qui sont négligeables.
- La sécurité de mesure est assurée par la façon même d'alimenter le transistor. L'avantage réside dans le fait que la dissipation dans le transistor est maximale lors du tarage. Tout autre réglage ou fausse manoeuvre conduisent à une dissipation plus faible.

En effet, la résistance de source vue par le transistor est représentée par la résistance étalonnée (la source effective étant stabilisée, sa résistance interne peut être considérée comme nulle).

La dissipation pour le transistor est maximale lorsque celui-ci présente une résistance égale à celle de la résistance étalonnée, ce qui est le cas en position "TARAGE".



### 3.3. - CIRCUITS ANNEXES

#### 3.3.1. Alimentation

Les sources continues sont obtenues à partir d'enroulements secondaires du transformateur T1.

- la source - 4 V est stabilisée de la façon suivante :

L'alimentation fournit en permanence un débit de l'ordre de 1 A.

La résistance R31 4,5  $\Omega$  est montée en parallèle sur la charge lorsque le débit du transistor en essai est de 1 - 10 ou 100 mA.

Par suite, seule une régulation de tension est nécessaire au montage. La tension de sortie (émetteur de TR1) est définie par la tension base de ce même transistor, qui dépend en remontant la chaîne de la tension base de TR2. Cette dernière est stabilisée par une diode Zener D6 et sa valeur est ajustée par le potentiomètre P1.

- une source 6,3 V est prévue pour alimenter le voyant témoin de l'appareil.

- une source - 22 V permet de disposer d'une source d'alimentation en tension pour diode Zener.

## CHAPITRE 4

### DESCRIPTION.

L'appareil se présente sous la forme d'un coffret à pupitre incliné, équipé de pieds caoutchouc (voir planche 3).

#### 4.1. - COMMANDES PRINCIPALES.

##### 4.1.1. Contacteur de fonction (7)

Détermine la nature de la mesure :

$I_{Inv.}$  ou  $I_{GBO}$  (50 ou 300  $\mu A$ )  $V_Z$  - GAIN (Lecture après tarage préalable).

##### 4.1.2. Contacteur de polarité (3)

Fixe la polarité des sources continues et du galvanomètre de mesure selon le type de l'élément mesuré : Diode, Transistor PNP ou NPN.

##### 4.1.3. Contacteur de calibre $I_C$ (5)

Définit le courant  $I_C$  pour une mesure de GAIN dans la gamme de valeurs suivantes :

1 - 10 - 100 mA - 1 A.

##### 4.1.4. Contacteur de sensibilité Gain (8)

Fixe le calibre de mesure du gain à 100 ou 300.

##### 4.1.5. Commande de Tarage (9)

Agit sur le courant base pour avoir une tension  $V_{CE}$  égale à 2 V= lors d'une mesure de GAIN, ce qui correspond à une déviation milieu d'échelle de 15  $\mu A$  du galvanomètre de mesure (10).

#### 4.2. - GALVANOMETRE DE MESURE (10).

#### 4.3. - ORGANES D'ALIMENTATION.

##### 4.3.1. Sélecteur secteur (13)

Prévu pour adapter l'appareil à la tension secteur.

4.3.2. Prise secteur (12)

4.3.3. Fusible (11)

Protège les circuits d'alimentation.

4.3.4. Interrupteur secteur (1)

4.3.5. Voyant témoin (2)

4.4. - ORGANES DE RACCORDEMENT.

4.4.1. Douilles support pour adaptateurs (4)

Reçoivent l'adaptateur pour diode ou celui pour transistors à sorties trifilaires.

4.4.2. Support spécial (6)

Prévu pour les transistors à boîtier TO3.

## CHAPITRE 5

### MISE EN OEUVRE

#### 5.1. - OPERATIONS PRELIMINAIRES.

- Vérifier l'état du fusible (11) à l'arrière de l'appareil et sa correspondance avec la tension secteur utilisée.
- Vérifier la bonne concordance du contacteur secteur (13) avec la tension secteur utilisée.
- Relier la prise secteur (12) au secteur par le cordon d'alimentation livré avec l'appareil.
- Placer l'interrupteur (1) sur "MARCHE", le voyant témoin (2) s'allume.

#### 5.2. - MESURE DU COURANT $I_{Inv.}$ D'UNE DIODE.

Mise en garde : lors des essais effectués sur des diodes à faible courant inverse (ordre du  $\mu A$ ), la tension appliquée à la diode peut atteindre de 3,5 à 4.V.

Il est recommandé, pour les diodes de type "hypers" de ne pas effectuer la mesure lorsque leur constructeur indique une limite 2 V pour la tension appliquée à leurs bornes.

- S'assurer que les opérations préliminaires ont bien été réalisées (voir parag. 5.1.)
- Placer le contacteur de polarité (3) sur "DIODE".
- Placer le contacteur de fonction (7) sur " $I_{Inv.}$  300  $\mu A$ ".
- La position des commandes (5) (8) et (9) est indifférente.
- Brancher la diode sur le support adaptateur pour diode. Respecter le sens indiqué sur ce support.
- Brancher adaptateur et diode sur les douilles (4).
- Lire la valeur de  $I_{Inv.}$  sur l'échelle  $I_{CBO}$  0 - 30 du galvanomètre de mesure (10).

Multiplier par 10 la lecture effectuée en  $\mu A$ .

- Dans le cas où l'aiguille ne dépasse pas les trois premières divisions, placer le contacteur de fonction (7) sur " $I_{Inv.}$  30  $\mu A$ ". Lire directement en  $\mu A$  sur la même échelle que précédemment.

#### 5.3. - MESURE DE LA TENSION ZENER $V_Z$ D'UNE DIODE.

- S'assurer que les opérations préliminaires (voir parag. 5.1.) ont bien été réalisées.

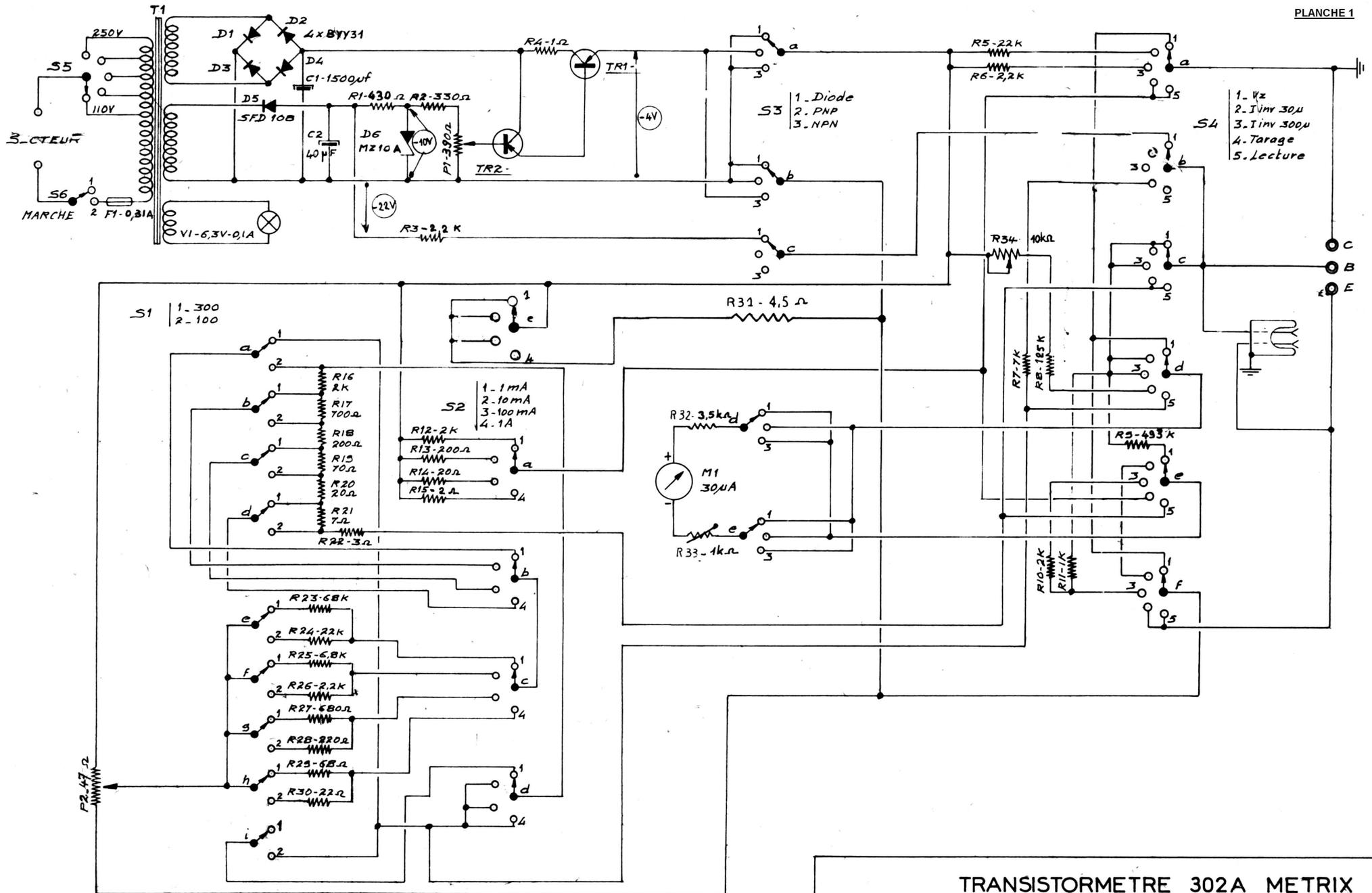
- Placer le contacteur de polarité (3) sur "DIODE".
- Placer le contacteur de fonction (7) sur " $V_Z$ ".
- La position des commandes (5) (8) et (9) est indifférente.
- Brancher la diode sur le support adaptateur pour diode. Respecter le sens indiqué sur le support.
- Brancher adaptateur et diode sur les douilles (4).
- Lire la valeur de  $V_Z$  directement en volts sur l'échelle  $V_Z$  0 - 15 du galvanomètre de mesure (10).

#### 5.4. - MESURE DU COURANT $I_{CBO}$ d'un transistor

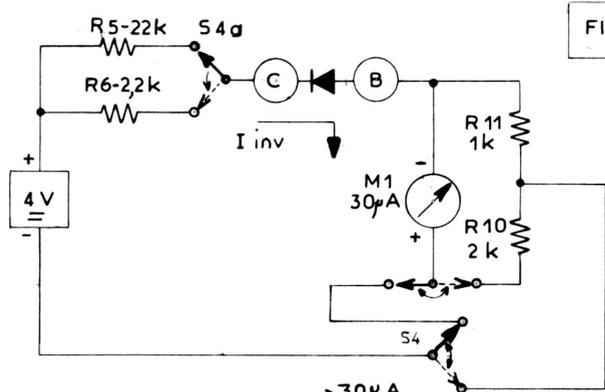
- S'assurer que les opérations préliminaires (voir paragraphe 5.1.) ont bien été réalisées.
- Placer le contacteur de polarité (3) sur la position convenant au type de transistor à vérifier. (NPN ou PNP cas représenté fig. 3 planche 2).
- Placer le contacteur de fonction (7) sur " $I_{CBO}$  300  $\mu$ A", la position des commandes (5) (8) et (9) est indifférente.
- Dans le cas d'un transistor à boîtier TO5, brancher le transistor sur l'adaptateur XHA389 en respectant le sens de branchement indiqué par le repère rouge.
- Dans le cas d'un transistor à boîtier TO3, brancher le transistor directement dans le support (6) réservé à cet effet sur l'appareil. (Un seul sens de branchement est admis, un ressort interdit le branchement du transistor dans le mauvais sens).
- Lire la valeur de  $I_{CBO}$  sur l'échelle  $I_{CBO}$  0 - 30 du galvanomètre de mesure (10).
- Multiplier la lecture effectuée en  $\mu$ A par 10.
- Dans le cas où l'aiguille ne dépasse pas les trois premières divisions, placer le contacteur de fonction sur  $I_{CBO}$  30  $\mu$ A et lire directement en  $\mu$ A sur l'échelle précédente.

5.5. - MESURE DU GAIN STATIQUE  $h_{21E}$  ou  $h_{FE}$  d'un transistor

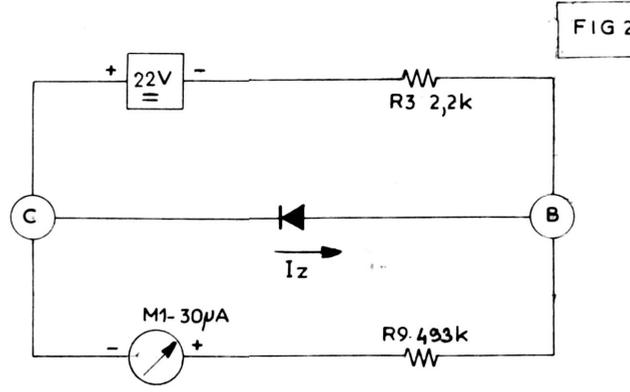
- S'assurer que les opérations préliminaires (voir paragraphe 5.1.) ont bien été réalisées.
- Placer le contacteur de polarité (3) sur la position convenant au type de transistor à vérifier (NPN ou PNP représenté fig. 4 et 5 de la planche 2).
- Placer le contacteur de fonctions (7) sur "TARAGE".
- Dans le cas d'un transistor à boîtier TO5, brancher le transistor sur l'adaptateur XHA389 en respectant le sens de branchement indiqué par le repère rouge.
- Dans le cas d'un transistor à boîtier TO3, brancher le transistor directement dans le support (6) réservé à cet effet sur l'appareil. (Un seul sens de branchement est admis, un ressort interdit le branchement du transistor dans le mauvais sens).
- Afficher le courant  $I_C$  désiré 1 mA à 1 A à l'aide du contacteur de calibres  $I_C$  (5).
- Adopter le calibre 100 ou 300 convenant le mieux à la mesure du gain à l'aide du contacteur de sensibilité gain (8).
- Effectuer le tarage à l'aide de la commande (9) (règle la tension aux bornes émetteur-collecteur à 2 V = pour  $I_C$  donné).
- Amener l'aiguille du galvanomètre de mesure (10) sur le repère rouge placé au milieu des échelles GAIN (consommation moitié de fin d'échelle = 15  $\mu$ A).
- Placer le contacteur de fonction (7) sur "LECTURE".
- Lire directement sur l'échelle supérieure GAIN 33 - 300 lorsque le contacteur de sensibilité gain (8) est sur 300.
- Lire directement sur l'échelle inférieure 10 - 100 lorsque le contacteur (8) est sur 100.



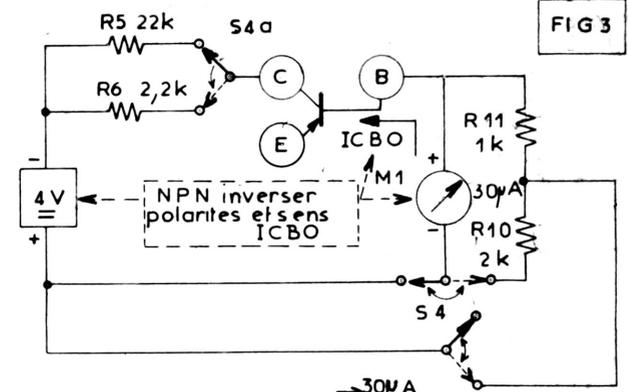
TRANSISTOMETRE 302A METRIX  
SCHEMA DE PRINCIPE



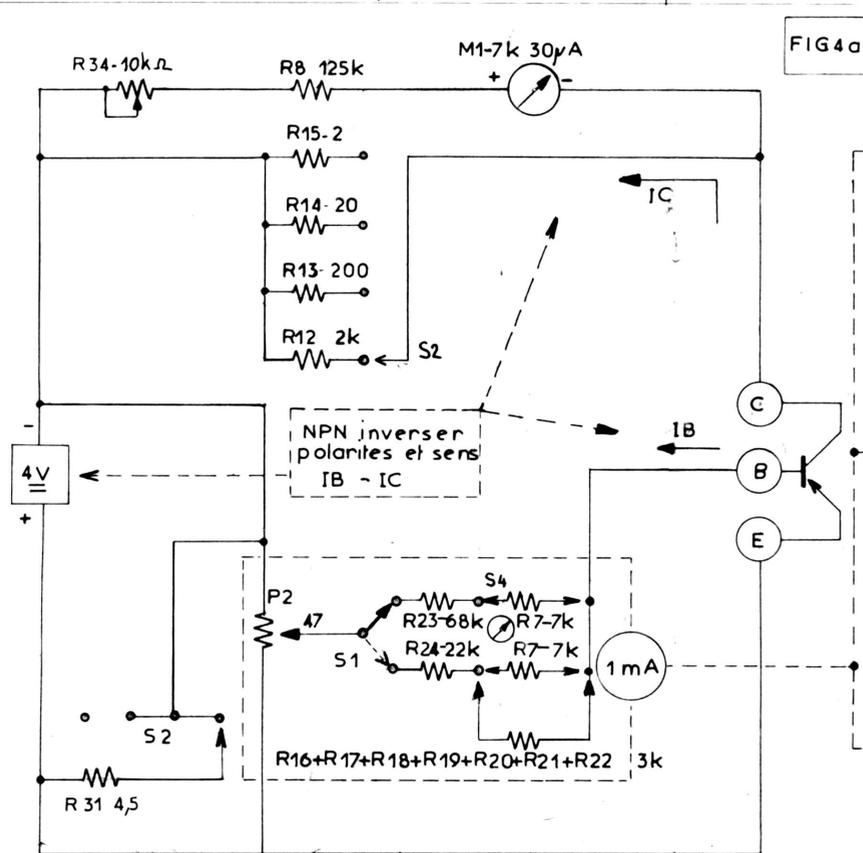
Mesure de  $I_{inv}$  Diode  $S4 \rightarrow 30\mu A$   
 $\dots \rightarrow 300\mu A$



Mesure de  $V_z$  Diode

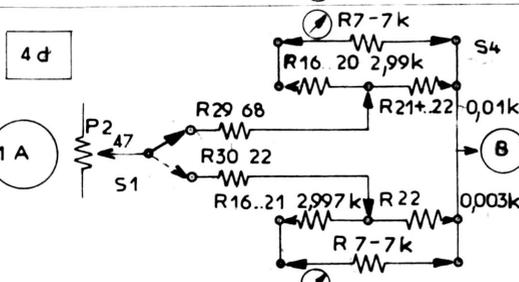
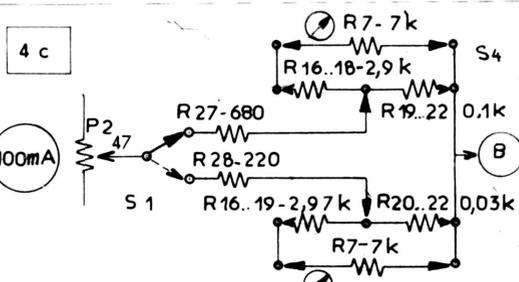
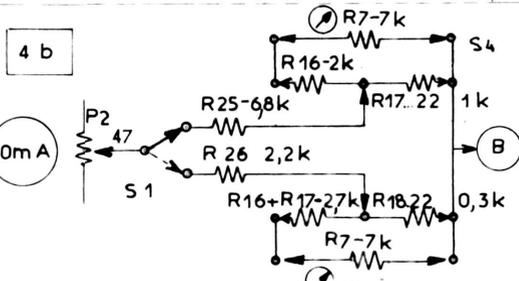


Mesure de  $I_{CBO}$  Transistor PNP  $S4 \rightarrow 30\mu A$   
 $\dots \rightarrow 300\mu A$

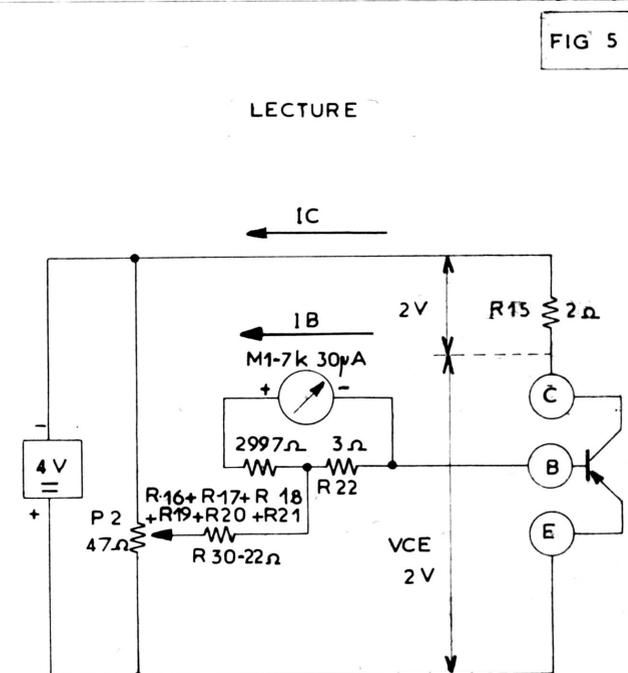


TARAGE POUR MESURE DU GAIN  
 STATIQUE  $h_{21E}$  ou  $h_{FE}$  D'UN  
 TRANSISTOR PNP

$S2$  pour  $I_C = 1\text{ mA}$   
 $S1 \rightarrow$  GAIN 300  
 $\dots \rightarrow$  GAIN 100



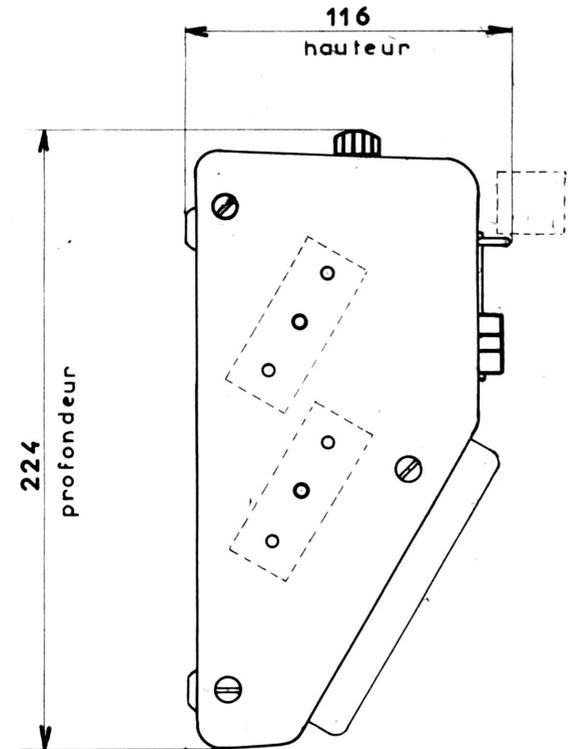
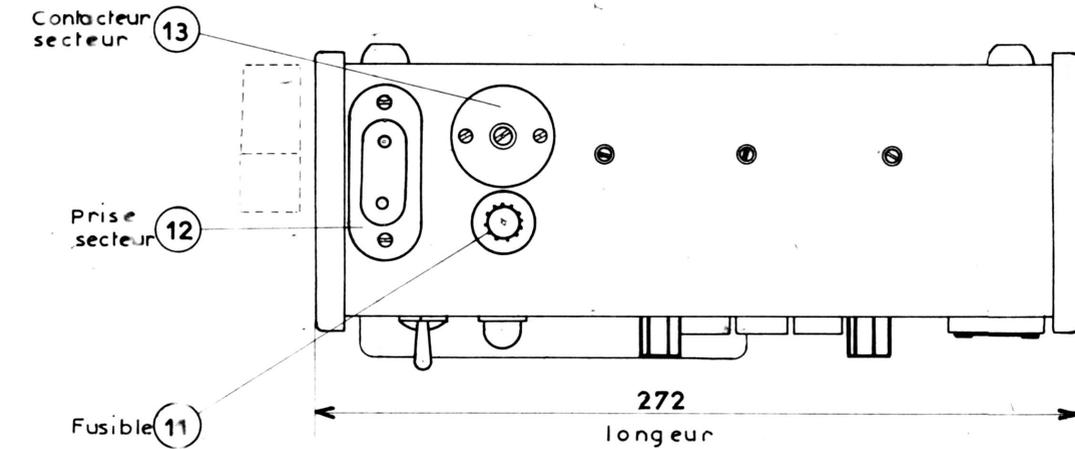
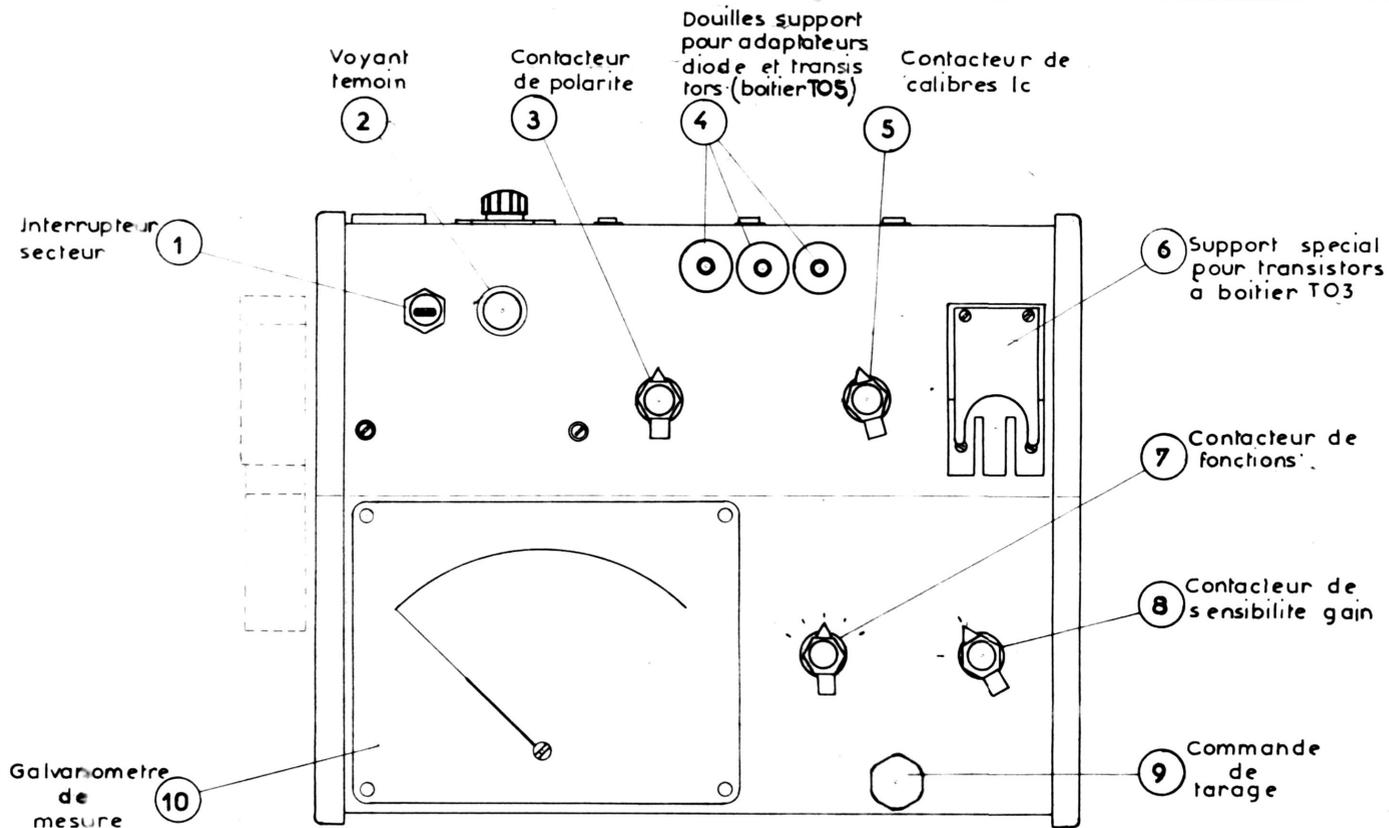
$S1 \rightarrow$  GAIN 300  
 $\dots \rightarrow$  GAIN 100



CIRCUIT POUR MESURE DU GAIN  
 STATIQUE  $h_{21E}$  ou  $h_{FE}$  D'UN  
 TRANSISTOR PNP ( $I_C = 1\text{ A}$  GAIN=100)

PLANCHE 2

TRANSISTORMETRE 302A METRIX  
 SCHEMAS PARTIELS DE PRINCIPE



TRANSISTORMETRE 302A METRIX  
vue avant - cotes d'encombrement