

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

CALIBRES MILLIVOLTS RÉSISTANCE D'ENTRÉE	1 - 3 - 10 - 30 - 100 - 300 mV continu. 1 - 1 - 1 - 3 - 10 - 30 mégohms.
CALIBRES VOLTS RÉSISTANCE D'ENTRÉE	1 - 3 - 10 - 30 - 100 - 300 V continu. 100 - 100 - 100 - 100 - 100 - 100 mégohms.
CALIBRES NANOAMPÈRES RÉSISTANCE D'ENTRÉE	1 - 3 - 10 - 30 - 100 - 300 nA continu. 1 000 - 1 000 - 300 - 100 - 30 - 10 kilo-ohms.
CALIBRES MICROAMPÈRES RÉSISTANCE D'ENTRÉE	1 - 3 - 10 - 30 - 100 - 300 μ A continu. 3 000 - 1 000 - 300 - 100 - 30 - 10 ohms.
PRÉCISION	$\pm 2 \%$ du maximum de chaque calibre.
SÉLECTION DES CALIBRES	2 bornes et commutateurs de gammes et de calibres. Inverseur de polarité du pôle masse.
ALIMENTATION	Réseau 50 Hz : Sélecteur pour 110 - 127 - 200 - 230 V placé sur la face avant. Tolérances sur la tension $\pm 15 \%$. Consommation inférieure à 20 VA.
MESURES EN VHF	Par sonde à cristal séparée, de 3 mV à 15 V, avec cordon 1,50 m et fiche blindée. Lecture sur tableau d'étalonnage en mV ou V continus. Impédance d'entrée équivalente à $R = 100.000 \Omega$ et $C = 2 \text{ pF}$ environ.
RÉPONSE EN FRÉQUENCE	$\pm 1 \text{ dB}$ entre 5 kHz et 400 MHz.
TUBES UTILISÉS	1 (12AX7); 1 (12AT7); 2 (15P2); 1 (OA79).
CONSTRUCTION	Boîtier métallique portable. - Cordon d'alimentation 1 m solidaire. - Casier sur face AR, avec couvercle dégonflable et fixations pour le cordon d'alimentation et la sonde HF BO-7-A.

CARACTÉRISTIQUES TACTIQUES

EMPLOI	Mesure des faibles tensions et intensités continues. Mesure des faibles tensions alternatives entre 5 kHz et 600 MHz.

N° DU MARCHÉ : 9154/60/STTA/SP.
 CLAUSES TECHNIQUES : N° 1237 (série).
 DATE DE MISE EN SERVICE : 1961.
 PRIX : 2 694,45 FR sur base prix 1-3-1960, avec sonde sans le Té ni coffret.
 (Complet, environ : 3200 FR T.T.C.)

DOCUMENTATION TECHNIQUE :
 Notice technique NLM 204

CHAPITRE II

DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT SOMMAIRES

II.1 DESCRIPTION

L'ensemble MR-TX-1-A est destiné à la mesure en courant continu de tensions et courants très faibles : 1 mV à 300 V et 1 nanoampère à 300 microampères avec une précision de $\pm 2 \%$ du maximum de chaque calibre.

Il peut également mesurer des tensions alternatives dans les gammes HF - VHF - UHF à l'aide d'une sonde séparée : 3 mV à 15 V de 5 kHz à 400 MHz.

Dans ce domaine il est impératif de ne jamais utiliser l'appareil sur un circuit superposant une tension continue supérieure à 250 V.

Le Millivoltmètre VE-5-A est constitué essentiellement par une chaîne d'amplification associée à un galvanomètre servant d'indicateur.

L'ensemble est contenu dans un boîtier métallique composé d'une face avant, d'une face arrière et d'un fût, ces trois éléments étant démontables et seulement assemblés par 4 vis.

La face avant est solidaire par 4 vis du châssis interne portant les éléments actifs et le câblage.

Une poignée est prévue pour le transport.

II.1.1 Poids et encombrement de l'ensemble.

Millivoltmètre VE-5-A :

Largeur	190 mm
Hauteur	290 mm
Profondeur	320 mm
Poids	7,5 kg sans sonde ni Té

Sonde BO-7-A :

Diamètre	23 mm
Longueur	120 mm
Poids	0,2 kg avec cordon

Coffret de transport KO-259-A :

Largeur	520 mm
Hauteur	415 mm
Profondeur	375 mm
Poids	11 kg

II.1.2 Description externe.

Face avant.

On y trouve :

- Le galvanomètre sous boîtier, à fenêtre moulée incassable, avec remise à zéro;
- Le commutateur de calibres;
- Le commutateur des gammes (tensions et courants);
- Le réglage du zéro électrique (réglage fin);
- Les 2 bornes mixtes pour fils ou fiches;
- L'inverseur de polarité du pôle masse;
- L'interrupteur d'alimentation et son voyant;
- Le sélecteur de tension réseau;
- Une plaque métallique gravée portant tous les marquages et deux poignées de garde nickelées.

Face arrière.

La face arrière comporte un capot à charnière démontable, sous lequel sont placés :

- le fusible d'alimentation;
- le réglage du zéro électrique (réglage gros);
- le cordon d'alimentation. avec sa fiche réseau;
- les fixations pour la sonde HF et le Té de mesure;
- un logement pour le tableau d'étalonnage de la sonde.

II.1.3 Description interne.

Afin de faciliter la recherche des éléments, le Millivoltmètre VE-5-A a été décomposé intérieurement en deux blocs, l'appareil étant vu de l'avant.

Le bloc FRONTAL divisé en parties : inférieure et supérieure.

Le bloc ARRIÈRE divisé en deux faces latérales : gauche et droite, à leur tour scindées en parties inférieure et supérieure.

Les pages 17-18 de la description détaillée Fascicule II donnent l'emplacement des éléments par ordre alphabétique.

Les planches 3 et 4 annexées à la notice représentent la disposition des éléments au sein de l'appareil.

II.1.4 Sonde HF BO-7-A.

La sonde est sous monture métallique nickelée, avec tête isolante HF en Araldite moulée à charge de verre, avec pointe de touche vissée.

Elle porte un collier démontable, formant prise de masse, avec pointe de touche latérale.

Le cordon de branchement, de 1,50 m de longueur, solidaire de la sonde, est muni d'une fiche blindée adaptable sur les bornes du millivoltmètre.

Une courbe d'étalonnage portant le numéro de la sonde est prévue avec chaque appareil.
Cette courbe est appariée avec la sonde et ne doit pas être dissociée.

II.2 FONCTIONNEMENT

II.2.1 Principe.

L'ensemble opère par comparaison de deux tensions, successivement mises en circuit par l'intermédiaire d'un vibreur électromagnétique fonctionnant à 50 Hz.

L'une est la tension mesurée ou le courant mesuré, l'autre est la tension aux bornes d'une résistance de contre-réaction.

De par la conception de la chaîne électronique, le signal mesuré se trouve appliqué suivant la gamme choisie à un commutateur de calibres, filtré, découpé en 50 Hz pour en faciliter l'amplification, quadruplement amplifié par deux tubes : 12AX7-S et 12AT7-WA, démodulé, mesuré et réinjecté à l'entrée de la chaîne pour être comparé au signal d'entrée.

II.2.2 Composants électroniques.

Le schéma synoptique est donné planche 6. Les différents composants sont les suivants :

- 1 commutateur de calibres;
- 1 filtre d'entrée;
- 1 vibreur;
- 1 amplificateur à 4 étages;
- 1 démodulateur;
- 1 galvanomètre avec ses shunts;
- 1 circuit de contre réaction avec ses constantes;
- L'alimentation.

II.2.3 Schémas de base.

Les possibilités de mesure offertes par le Millivoltmètre et sa sonde conduisent à décomposer électriquement l'appareil en 8 schémas de base suivant les commutations effectuées :

Mesure « tension continue »	1 mV	3 mV	10 mV à 300 V
Mesure « tension alternative »	3 mV	10 mV à 15 V	
Mesure « intensité »	1 nA	3 nA à 3 μ A	10 μ A à 300 μ A

La mesure « tension alternative » se ramenant en fait à une mesure « tension continue » négative, seuls six schémas sont représentés planche 9.

II.2.4 Alimentation.

L'alimentation est classique : elle est composée d'un transformateur débitant sur un pont de redresseurs secs.

- Gamme de fonctionnement : 110 V - 127 V - 200 V - 230 V.
- Fréquence : 50 Hz.
- Consommation : < 20A.
- Variation admise : $\pm 15\%$.

II.2.5 Dispositif de sécurité.

Un fusible de 0,5 A est branché en série dans le primaire du transformateur d'alimentation lorsqu'il est alimenté en 110 V.

Ce fusible doit être changé si la tension d'alimentation secteur choisie est 220 V.

CHAPITRE I

DESCRIPTION DÉTAILLÉE

I.1 CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES

L'ensemble MR-TX-1-A a été particulièrement étudié et réalisé pour opérer sur des circuits développant de faibles tensions (à partir de 50 microvolts), ou parcourus par de faibles intensités (à partir de 50 micromicroampères).

La mise en œuvre très simple et les performances élevées de l'appareil le destinent spécialement aux mesures de laboratoire et aux ateliers effectuant de la mise au point électronique.

L'ensemble fonctionne à partir du secteur classique, la traduction de la mesure s'effectue sur un galvanomètre de 144 mm à fenêtre panoramique et miroir de parallaxe.

L'élément actif du millivoltmètre est conçu de façon à offrir le maximum de clarté pour le dépannage et l'instruction (étages montés sur plaquettes à circuits imprimés).

Les possibilités de mesure de l'appareil sont :

- 1 mV à 300 V en tension continue,
- 1 nA à 300 microampères en intensité continue,

avec une précision de $\pm 2\%$ du maximum de chaque calibre.

(Rappel d'unités : 1 microampère = 1 000 nanoampères).

Il peut également mesurer des tensions alternatives dans les gammes HF - VHF - UHF à l'aide d'une sonde séparée : 3 mV à 15 V de 5 kHz à 800 MHz, avec une réponse en fréquence de ± 1 dB entre 5 kHz et 400 MHz, **mais avec une limite minimale d'emploi fixée à 10 kHz.**

I.1.1 Conditions climatiques.

L'appareil peut supporter les températures extrêmes de -10 et $+55$ °C.

I.2 CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES

Calibres millivolts	1	3	10	30	100	300 mV
Résistance d'entrée	1	1	1	3	10	30 mégohms
Calibres volts	1	3	10	30	100	300 V
Résistance d'entrée	100	100	100	100	100	100 mégohms
Calibres nanoampères	1	3	10	30	100	300 nA
Résistance d'entrée	1000	1000	300	100	30	10 kohms

Calibres microampères	1	3	10	30	100	300 microampères
Résistance d'entrée	3000	1000	300	100	30	10 ohms

Capacité d'entrée Inférieure à 25 pF sur tous les calibres.

Calibres mV - V alternatifs : 3 mV à 15 V entre 5 kHz et 400 MHz

Impédance d'entrée : $R = 100.000$ ohms $C = 2$ picofarads.

1.2.1 Alimentation.

Se fait à partir du secteur classique 50 Hz. Tensions nominales 110 - 127 - 200 - 230 V suivant position du répartiteur 17.

Variation admise du secteur de $\pm 15 \%$.

La puissance prélevée au réseau est inférieure à 20 VA.

1.2.2 Dispositif de sécurité.

Un fusible de 0,5 A se trouve sur la face Arrière de l'appareil.

1.3 ENCOMBREMENT ET POIDS DE L'ENSEMBLE

Se reporter au paragraphe II.1.1, chapitre II du Fascicule I

1.4 TUBES UTILISÉS

- 1 12AX7S double triode (étage entrée).
- 1 12AT7WA double triode (étage final).
- 1 6,5 V 0,1 A culot E/10 (lampe témoin).
- 2 15P2 diode à pointe au silicium (étage démodulation).
- 1 OA79 cristal de germanium (sonde).

1.5 ACCESSOIRES

Cordons de mesure : non livrés avec l'appareil.

Sonde BO-7-A : livrée avec l'appareil + cordon et fiche blindée.

T de mesure 50 ohms : livré avec l'appareil.

CHAPITRE II

FONCTIONNEMENT DÉTAILLÉ

II.1 SCHÉMA GÉNÉRAL

Le schéma général du millivoltmètre à lampes VE-5-A et de sa sonde BO-7-A est donné planche 7. Les sigles matérialisant les éléments constitutifs de l'appareil sont repris dans l'explication détaillée pour en faciliter la compréhension.

II.2 ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS

Le millivoltmètre VE-5-A se compose :

- d'un commutateur de calibres;
- d'un filtre d'entrée;
- d'un vibreur;
- d'un étage d'entrée équipé d'une double triode 12AX7S-V1;
- d'un étage final équipé d'une double triode 12AT7-WA-V2;
- d'un étage démodulateur équipé de deux diodes 15P2-D1-D2;
- d'un circuit de mesure équipé d'un galvanomètre M1 avec ses shunts;
- d'un circuit de contre-réaction;
- d'une alimentation statique.

II.3 FONCTIONNEMENT DES ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS

II.3.1 Commutateur de calibres I 1, I 2, I 3, I 4.

Les intensités ou tensions à mesurer sont appliquées au commutateur de calibres par l'intermédiaire du commutateur de gammes I 6.

Le commutateur de calibres comprend un ensemble résistant R1 à R18 sélectionnable par le jeu d'un contacteur 4 circuits 12 positions.

En fonction de la position de I 6, cet ensemble représente :

I 6 sur mesure tension mV - V,

un diviseur potentiométrique R1 à R11 sélectionné par I 1 - I 2,

I 6 sur mesure intensité nA - μ A,

une chaîne de résistances R5 à R11, à laquelle viennent s'ajouter R12 à R15, le tout sélectionné par I 3.

La résistance R16, dite de contre-réaction se trouve en permanence dans le circuit. Les résistances R17 - R18 sélectionnées par I 4 sont les shunts de l'appareil de mesure.

Suivant les différentes positions occupées par les commutateurs de gammes et de calibres, on arrive à décomposer le millivoltmètre en huit circuits de base (planche 9) qui sont :

Mesure « tension continue » :

Echelle 1 mV : Utilisation du diviseur R5 à R11.
R17 - R18 sont en parallèle sur le galvanomètre.
Lecture directe.
Déviation du galvanomètre : 50 μ A.

Echelle 3 mV : Utilisation du diviseur R5 à R11.
R17 est en parallèle sur le galvanomètre.
R18 est en série avec le galvanomètre.
Lecture directe.
Déviation totale du galvanomètre : 150 μ A.

Echelle 10 mV à 300 V : Utilisation de tout ou partie du diviseur R1 à R11.
R17 est en parallèle sur le galvanomètre.
R18 est en série avec le galvanomètre.
Déviation totale du galvanomètre : 150 μ A.

Mesure « tension alternative ».

Echelle 3 mV : Identique à celle de la mesure « tension continue », calibre 1mV.

Echelles 10 mV à 15 V : Identiques à celles de la mesure « tension continue », calibres 3 mV à 30 V.

Mesure « intensité ».

Echelle 1 nA : Utilisation de la chaîne R5 à R11.
R17 - R18 sont en parallèle sur le galvanomètre.
Lecture directe.
Déviation totale du galvanomètre : 50 μ A.

Echelles 3 nA à 3 μ A : Utilisation de toute ou partie de la chaîne R5 à R11.
R17 est en parallèle sur le galvanomètre.
R18 est en série avec le galvanomètre.
Déviation totale du galvanomètre 150 μ A.

Echelles 10 μ A à 300 μ A : Utilisation respective des résistances R12 à R15.
R17 est en parallèle sur le galvanomètre.
R18 est en série avec le galvanomètre.
Déviation totale du galvanomètre 150 μ A.

REMARQUES :

a) Bien que les circuits mesure « tension continue » et « tension alternative » se révèlent identiques, il a été jugé indispensable de les discriminer, pour attirer l'attention des utilisateurs sur le fait que les tensions maximum et minimum ne sont pas les mêmes, que l'emploi de l'appareil nécessite dans ce cas la présence de la sonde BO-7-A et des courbes de conversion mV - V continus en mV - V efficaces.

b) Quelle que soit l'utilisation de l'appareil (tension ou intensité), on revient toujours à mesurer une tension continue applicable à la chaîne électronique.

Les valeurs des circuits sont étudiées pour donner sur le maximum de chaque échelle une tension continue de 3 mV à l'exception des cas de lecture de l'échelle 1 mV et 1 nA où la tension continue est de 1 mV.

Premier exemple de vérification :

Echelle 10 μ A : R12 en circuit = 300 ohms.

Parcourue par 10 μ A, la tension aux bornes sera :

$$1 \times 10^{-5} \times 3 \times 10^2 = 3 \times 10^{-3} \text{ volts}$$

Deuxième exemple de vérification :

Echelle 30 mV.

Pour cette échelle le diviseur potentiométrique comprend les résistances R1 et R5 à R11 = 3 mégohms.

I traversant le diviseur sera :

$$\frac{3 \times 10^{-2}}{3 \times 10^6} = 1 \times 10^{-8} \text{ A.}$$

Il existera donc entre masse et point haut de R6 qui est le point de prélèvement de la tension appliquée à la chaîne électronique une tension de :

$$1 \times 10^{-8} \times 3 \times 10^5 = 3 \times 10^{-3} \text{ volts}$$

3×10^5 représentant la valeur de R6 à R11.

Ces deux exemples se vérifient dans tous les cas de fonctionnement (à l'exception des échelles 1 mV et 1 nA). La tension de 3 mV est limite maximale pour la déviation totale du galvanomètre, c'est elle qui sera appliquée au filtre d'entrée, puis au contact haut du vibreur.

II.3.2 Filtre d'entrée.

Le filtre d'entrée reçoit du commutateur de calibres les tensions ramenées au niveau adéquat d'attaque (0 à 1 mV ou 0 à 3 mV suivant l'échelle).

Il comprend les condensateurs C1-C2 et les résistances R21-R23 formant la branche filtre de la tension à mesurer, le condensateur C3 et les résistances R22-R24 assurant le filtrage de la tension de contre-réaction.

Son rôle est d'éliminer la fréquence 50 Hz, multiples et sous-multiples, susceptibles d'être présents à l'entrée, provoquant ainsi une surmodulation de la mesure à étudier.

Son efficacité est très grande, sa fréquence de coupure est très basse : 2 Hz, sa pente de — 12 dB par octave.

La sortie du filtre est appliquée aux contacts du vibreur par l'intermédiaire de deux coaxiaux.

II.3.3 Vibreur.

La tension à mesurer est appliquée au contact haut du vibreur, le contact bas recevant celle de contre-réaction.

Son rôle est de découper la tension continue à mesurer en tension alternative, plus facilement amplifiable par les moyens conventionnels.

L'excitation est faite à partir de l'enroulement secondaire 6,3 V du transformateur T1 ; sa fréquence peut varier de 10 à 150 Hz. En fait, il est utilisé sur 50 Hz, de façon à pouvoir prendre les éléments fréquence et phase du secteur comme référence (enroulement secondaire 2×20 V de T1).

Cette méthode permet dans une certaine mesure de simplifier les réglages et confère au montage une très grande stabilité.

La mise en phase du vibreur s'effectue à l'aide de R46, cette procédure est décrite au fascicule III.

Son but est de synchroniser le signal rectangulaire produit par rapport à la tension apparaissant aux bornes du secondaire 2×20 V du transformateur alimentant le comparateur de phase.

Le signal rectangulaire issu du découpage est appliqué par l'intermédiaire d'un coaxial à la grille de l'étage d'entrée V1.

II.3.4 Etage d'entrée.

Cet étage est équipé d'un tube amplificateur 12AX7S dont les parties triodes sont montées en cascade.

Le signal rectangulaire en provenance du vibreur est injecté sur la grille de la première partie triode par l'intermédiaire du condensateur C4.

La liaison avec la deuxième partie de la lampe se fait de façon classique par l'intermédiaire du condensateur C5.

Les résistances de plaque R27-R28 ont une très forte valeur permettant d'obtenir un grand gain.

Le courant anodique est faible et les cathodes sont mises directement à la masse. La polarisation est faite par courant inverse de grille à travers R25-R26 de forte valeur.

Dans le but de diminuer le bruit de l'étage, le chauffage du tube est porté à 5 V améliorant ainsi le rapport $\frac{\text{Signal}}{\text{bruit}}$.

Le condensateur C6 découplant la plaque de la deuxième partie triode coupe la bande de fréquence vers 500 Hz, diminuant ainsi le souffle, ce dernier étant proportionnel à la racine carrée de la bande passante. Le rapport $\frac{\text{signal}}{\text{bruit}}$ s'améliore, le gain de l'étage est environ de 4.000. Par le condensateur de liaison C7, le signal rectangulaire amplifié est appliqué à la grille de l'étage amplificateur final.

Remarques sur la Technologie de l'étage d'entrée.

a) L'étage d'entrée est monté sur une plaquette, sur laquelle est mise une perle de verre qui ne sert que d'anneau de garde, et dérive à la masse le potentiel continu venant de la fuite des points de branchement de la HT à travers l'isolant du circuit imprimé. Sans cette précaution, une tension apparaîtrait sur le contact de la lame mobile du vibreur et fausserait toutes mesures.

b) Le condensateur C8 et la résistance R30 faisant partie de la plaquette « Etage final », constituent en fait un filtrage supplémentaire HT de l'étage d'entrée, afin d'en augmenter la stabilité.

II.3.5 Etage final.

L'étage de sortie comprend une lampe amplificatrice 12AT7-WA dont les deux triodes sont montées en cascade.

Le signal rectangulaire amplifié est injecté par C7 sur R29 à la grille de la première partie triode.

La polarisation est assurée par R34, découplée par C9 et R35.

Une tension alternative 50 Hz en provenance de l'enroulement de chauffage 6, 3 V du transformateur T1 est appliquée à la cathode du tube à travers le diviseur R33-R35.

Cette tension alternative ajustable par R47 (potentiomètre de zéro fin) a pour effet de déplacer le point de fonctionnement de la lampe, et permet ainsi d'effectuer le zéro électrique de l'appareil dans une certaine plage.

Le gain de cette partie triode est environ de 30, le signal rectangulaire résultant est transmis à la deuxième section du tube par C10, sur un diviseur de tension comprenant R36-R37 et à un titre moindre R38.

La deuxième partie triode de l'étage final a pour but de réduire considérablement la non linéarité produite par le démodulateur constituant la sortie de l'amplificateur.

A cet effet, deux circuits de contre réaction sont constitués :

En intensité, par R39 non découplée, d'une valeur de 220 ohms devant les 10 k-ohms de la résistance de plaque R32.

En tension, par C11, sur le circuit de grille entre R36 et R38.

L'efficacité de ces éléments est très grande (en particulier la CR d'intensité), le gain de l'étage est ramené à 1.

A la sortie de cet étage, le signal rectangulaire est appliqué au point milieu du transformateur 2×20 V alimentant le démodulateur.

En fonction des phases en présence, il se retrouvera juxtaposé positivement ou négativement au signal alternatif 50 Hz de cet enroulement, détecté et mesuré comme il est décrit dans les paragraphes suivants.

II.3.6 Démodulateur.

Le démodulateur est équipé de deux diodes à pointe au silicium (15P2), les résistances R40-R41 montées en série avec les condensateurs C12 - C13 servant à compléter les résistances de l'enroulement secondaire 2×20 V.

Cet ensemble RC a pour but de limiter à une valeur acceptable le courant de pointe dans les diodes D1 - D2.

Principe de fonctionnement des circuits démodulateur - mesure - contre réaction (planche 10).

Conditions à réaliser pour un fonctionnement correct de l'appareil.

Il faut que le signal rectangulaire présent au point milieu du transformateur 2×20 V soit positif (cas d'une mesure positive) quand celui-ci délivre une alternance positive en A; qu'un signal rectangulaire négatif (cas d'une mesure négative) soit au point milieu du transformateur 2×20 V quand une alternance négative est en B.

Pour cela il est nécessaire de procéder à la mise en phase des deux signaux, afin de leur donner une même base de départ. (Cette procédure est décrite dans le fascicule III, chapitre III, paragraphe III.2.7.)

Eléments en présence.

Une tension alternative d'amplitude et de fréquence connues fournie par l'enroulement 2×20 V du transformateur T1.

Une tension rectangulaire de fréquence et de phase identiques à la précédente mais d'amplitude inconnue. Cette tension appliquée au point milieu de l'enroulement 2×20 V servira de référence pour bloquer ou débloquent l'une des deux branches du démodulateur, par conséquent de déséquilibrer plus ou moins fortement (fonction de la mesure effectuée) le circuit de démodulation, ce qui provoque le passage d'un certain courant.

Position de repos.

Etant alimenté en permanence par un signal alternatif d'amplitude égale et de phase opposée, le démodulateur est en équilibre, le point O est au potentiel zéro, aucun courant ne parcourt le circuit de mesure.

Fonctionnement avec une tension positive.

On a :

Un signal rectangulaire positif au point haut de X1.

Un signal rectangulaire positif au point C du transformateur 2×20 V

Une alternance positive au point A.

Juxtaposition positive des deux signaux en A.

Le point D devient plus positif.

D2 est « passant ».

Rupture de l'équilibre entre D. O et masse.

La branche a est conductrice.

Un courant fonction de l'amplitude du signal ayant provoqué le déséquilibre (soit la tension rectangulaire, donc l'élément à mesurer) s'écoule par R43, circuit de mesure (le galvanomètre dévie), R48-R16 où se développe une tension dite de contre réaction réappliquée au point bas du contact X1. Le circuit se referme par R48, la masse, R38 et point milieu du transformateur.

Tant que la tension de contre-réaction n'est pas égale à celle reçue au point haut de X1 (tension à mesurer), un signal d'erreur représentant la tension à mesurer moins la tension de contre-réaction existe à l'entrée de la chaîne amplificatrice. Celle-ci continue à traduire cette erreur jusqu'à l'annuler, de façon à réaliser l'équilibre potentiel des contacts du vibreur.

A ce moment la mesure est faite, le galvanomètre affiche une position, fonction de la valeur à mesurer, la chaîne se stabilise sur ce point de fonctionnement.

Fonctionnement avec une tension négative.

On a :

Un signal rectangulaire négatif au point haut de X1.

Un signal rectangulaire négatif au point C du transformateur 2×20 V.

Une alternance négative au point B.

Juxtaposition négative des deux signaux.

Le point E devient plus négatif.

D1 est « passant ».

Rupture de l'équilibre entre point milieu du transformateur 2×20 V - O - E.

La branche b est conductrice.

Comme dans le cas précédent, un courant fonction de l'amplitude du signal rectangulaire (mais en sens inverse, utilité de l'inverseur I 5) s'écoule depuis le point milieu du transformateur 2×20 V, R38, masse, R48 - R16, circuit de mesure (le galvanomètre dévie), R42, D1 et point B du transformateur.

Le détail d'explication du paragraphe précédent reste valable pour chaque cas de figure.

II.3.7 Circuit de mesure.

Le circuit de mesure sur lequel débite le modulateur est constitué par un galvanomètre (M1) de $42 \mu\text{A}$ - 3.500 ohms qui est ramené par shunts (R17 - R18) aux valeurs de 50 et 150 microampères suivant les sensibilités employées.

Le galvanomètre est du type magnétoélectrique coaxial à aimant noyau, avec circuit magnétique externe de forme annulaire, sans joint et sans fuite, formant blindage contre les champs magnétiques.

Son cadran comporte deux échelles situées de part et d'autre d'un miroir de parallaxe :

— l'une de 100 divisions chiffrée de 0 à 100.

— l'autre de 150 divisions chiffrée de 0 à 300.

Le but de ce circuit est de mesurer l'intensité provenant du démodulateur et appliquée aux résistances de contre-réaction R16 - R48. Il mesure donc la tension ayant provoqué le déséquilibre du démodulateur, qui est le signal rectangulaire représentant l'élément à mesurer.

II.3.8 Circuit de contre-réaction.

La contre-réaction totale englobe toute la chaîne, y compris le vibreur. La tension de CR est prise aux bornes d'une résistance R16 en parallèle sur R48 (étalonnage).

Ces résistances traversées par l'intensité provenant du démodulateur déterminent suivant l'échelle affichée une d.d.p. variant de 0 à 1 mV ou de 0 à 3 mV.

Cette tension est appliquée au vibreur par une partie de l'étage filtre (R22 - R24 - C3) qui complète la fonction de transfert de l'ensemble.

Le but de ce circuit est de reporter un élément de comparaison à l'entrée de la chaîne amplificatrice; en l'occurrence, le signal mesuré, ramené à une valeur déterminée par les étages précédemment décrits.

Son influence est très grande sur la stabilité et la vitesse de réponse de l'appareil.

II.3.9 Sonde BO-7-A.

La sonde se compose d'un ensemble de détection : OA 79 cristal de germanium et R49 - R50.

Le cristal assure par son sens de redressement le court-circuit des alternances positives, la mesure s'opère donc à partir des alternances négatives. L'ensemble est ramené à effectuer une mesure en tension continue négative, l'inverseur I5 doit être sur position $+ 0$ dans le cas d'utilisation de l'appareil en alternatif.

Le condensateur C17 permet d'opérer sur des circuits superposant une tension continue maximum de 250 V.

La gamme de détection couverte va de 5 kHz à 800 MHz, avec une réponse en fréquence de ± 1 dB entre 5 kHz et 400 MHz, **néanmoins la limite minimale d'emploi est fixée à 10 kHz.**

La lecture donnée est une lecture continue, il est nécessaire de traduire en mV-V efficaces à l'aide des courbes de conversion.

II.3.10 Alimentation.

L'alimentation se compose d'un ensemble transformateur T1, d'un pont de redresseurs D3, et d'un circuit de filtrage R44 - C14 - C15.

Le rôle de R30 - C8 a déjà été déterminé au paragraphe II.3.4.

Le transformateur T1 dont le primaire est protégé par un fusible de 0,5 A débite sur quatre secondaires donnant les tensions suivantes :

- $2 \times 3,15$ V 0,6 A - chauffage du tube étage final et alimentation témoin S1.
- 5 V 0,3 A - chauffage du tube d'entrée.
- 2×20 V 3 mA - Alimentation du démodulateur. Pour cet enroulement, la symétrie des tensions doit être de 1 %.
- 280 V 13 mA - Alimentation du pont de redresseurs secs D3.

Filtrage.

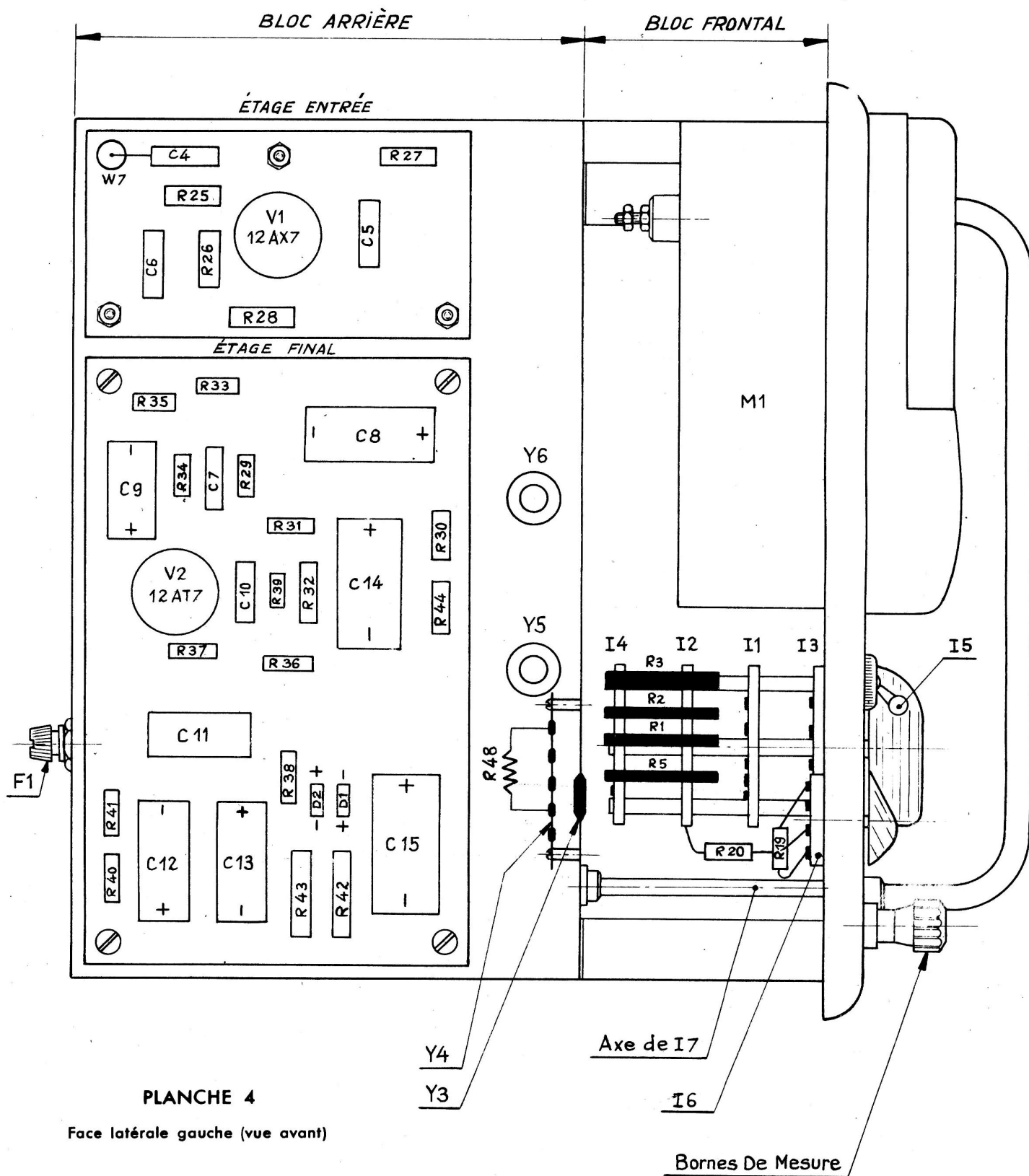
La HT délivrée par le pont de redresseurs secs est filtrée par une cellule en π à résistance, composée de deux condensateurs C14 - C15 et de la résistance R44. La HT à la sortie du filtre est de 250 V, débit 7,5 milliampères.

Protection contre les tensions parasites.

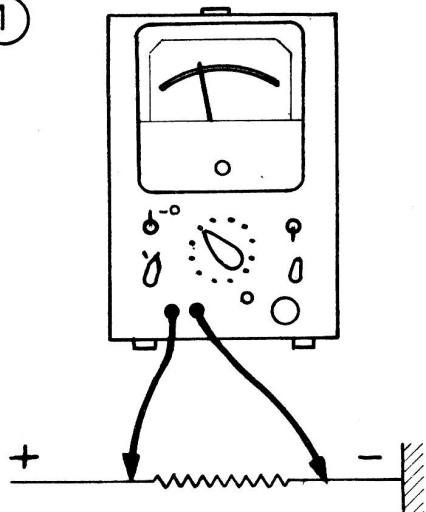
Les enroulements primaires et secondaires sont séparés par un écran électrostatique relié à la masse, afin d'éviter la transmission des tensions parasites du secteur au secondaire.

Consommation et variations admises.

La consommation n'excède pas 20 VA, pour une variation du réseau de ± 15 %, l'erreur supplémentaire de lecture ne doit pas être supérieure de ± 2 % du maximum du calibre sélectionné.

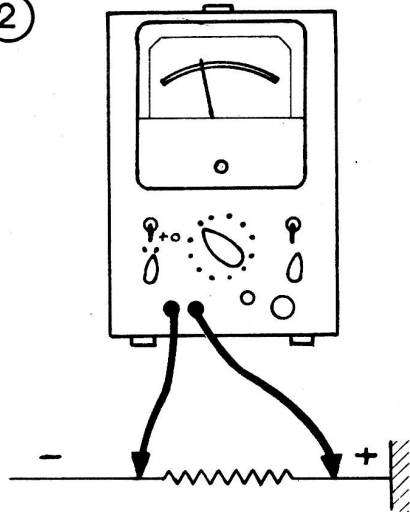


①



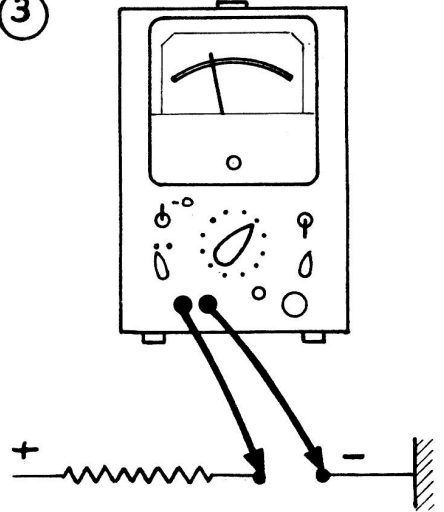
Mesure d'une tension continue +

②



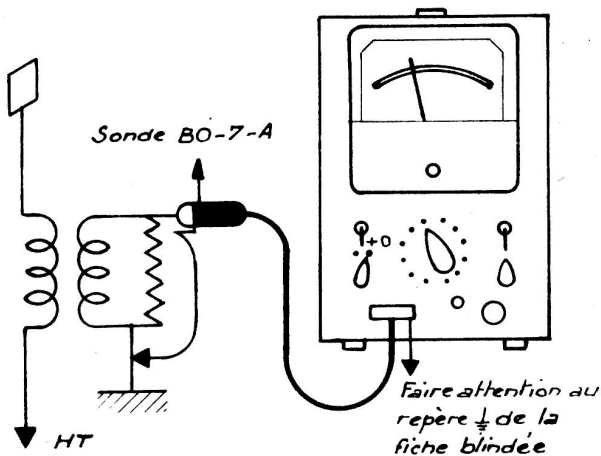
Mesure d'une tension continue -

③



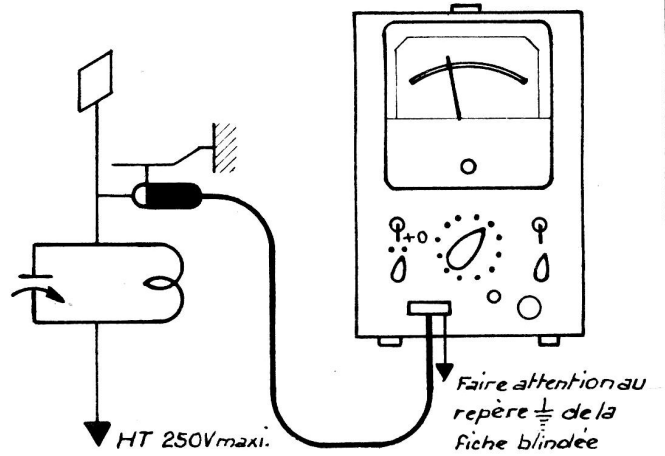
Mesure d'une intensité

④



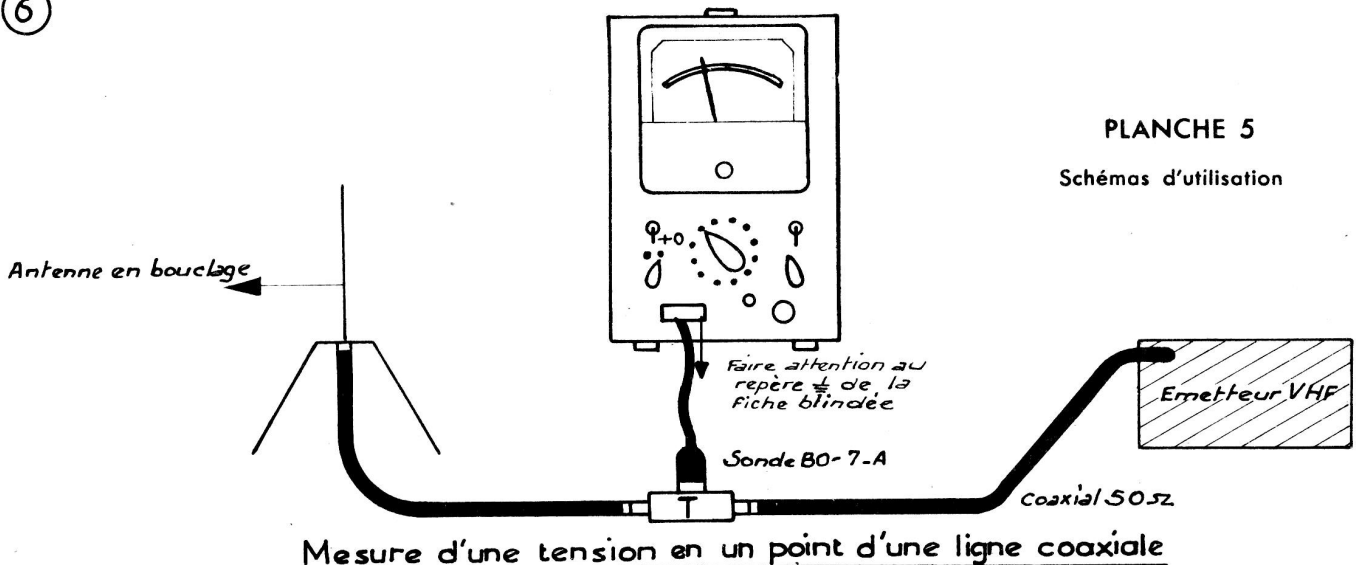
Mesure d'une tension alternative > 10 KHZ
sans composante continue

⑤



Mesure d'une tension alternative > 10KHZ
avec composante continue

⑥



Mesure d'une tension en un point d'une ligne coaxiale

PLANCHE 5

Schémas d'utilisation

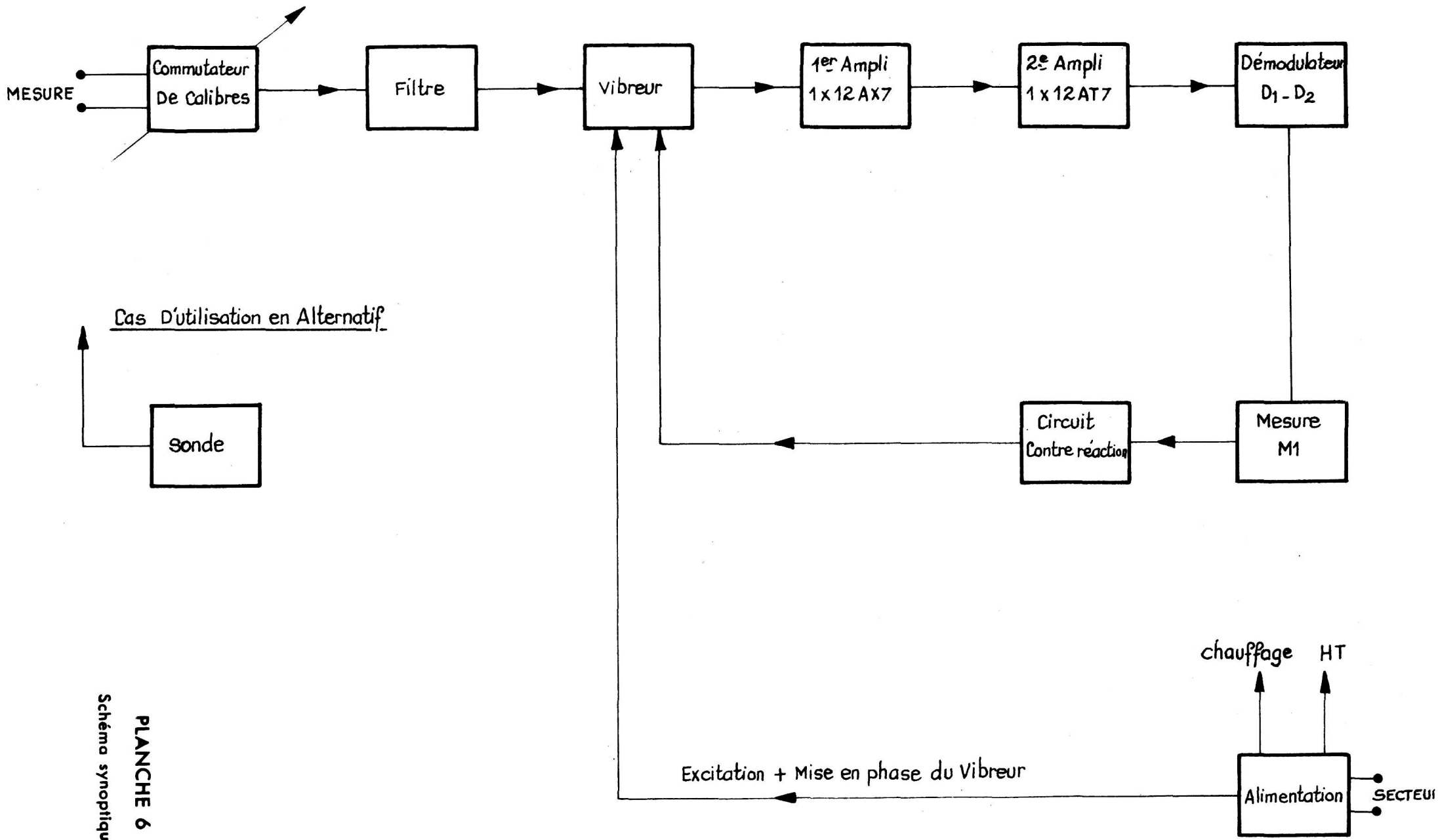


PLANCHE 6
Schéma synoptique

Cas D'utilisation en Alternatif

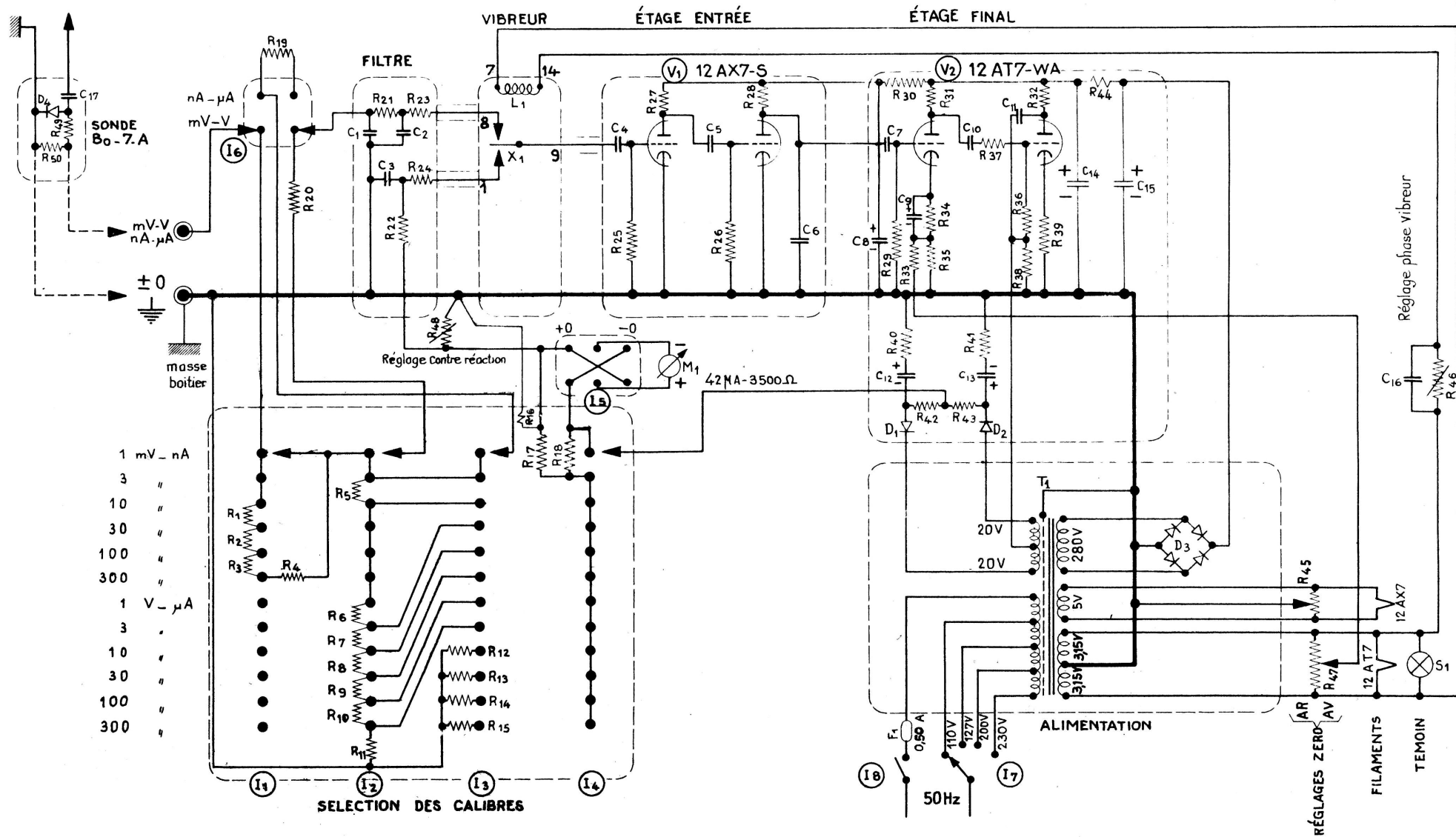


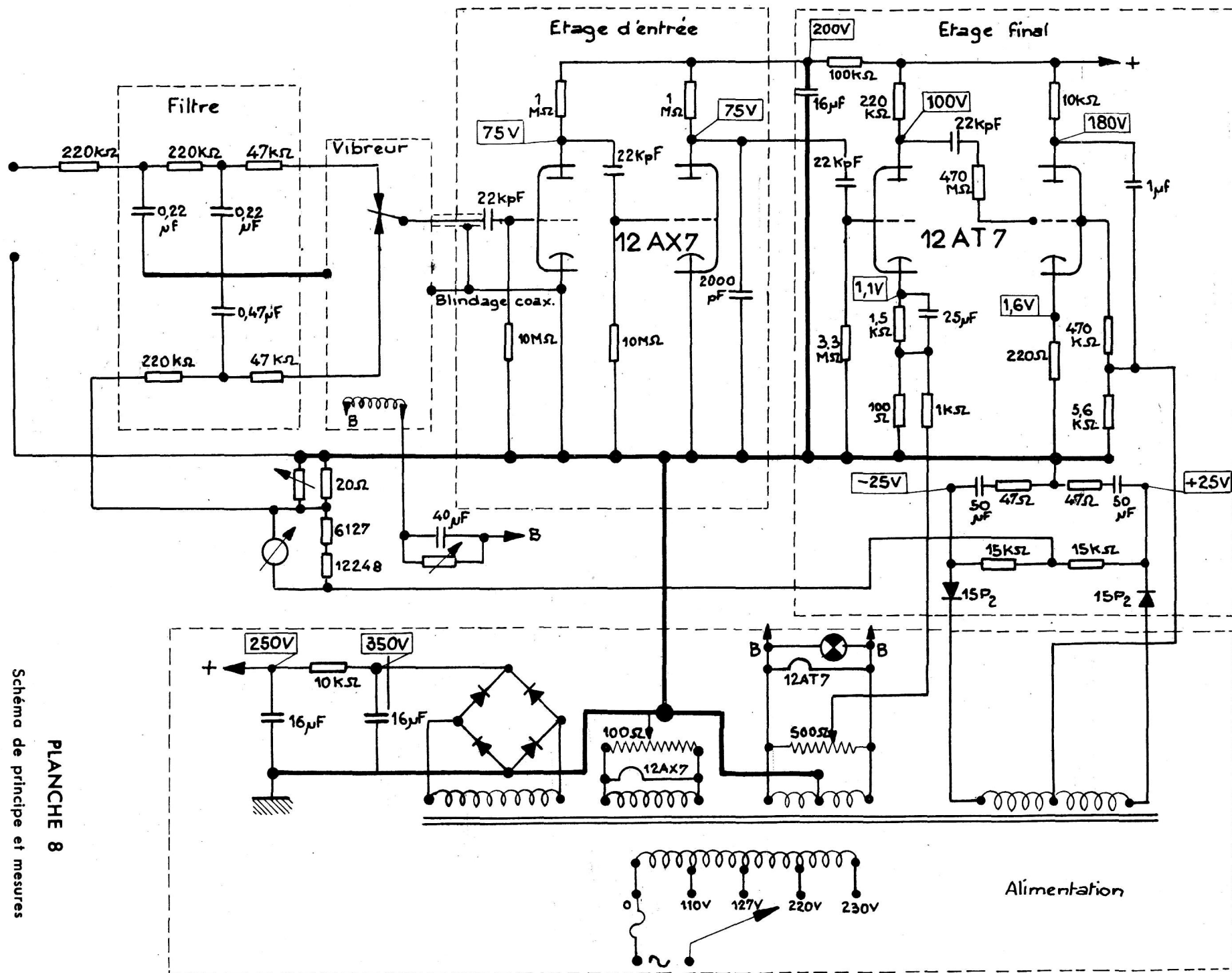
PLANCHE 7
Schéma général

PLANCHE 7

Schéma général

VALEUR DES ÉLÉMENTS

RESISTANCES					CONDENSATEURS		
R1	Fixe à couche	2 Mégohms	-0 + 0,5%	1W	C1	Fixe au Mylar	0,22 microfarad 400V
R2	"	7	" ± 0,5%	"	C2	"	" "
R3	"	20	" -0 -1%	"	C3	"	0,47 " "
R4	"	20+50	" -0 -2%	"	C4	"	22000 picofarads "
R5	"	700	Kohms ± 0,5%	1/2W	C5	"	" "
R6	"	200	" "	"	C6	"	2000 " "
R7	"	70	" "	"	C7	"	22000 " "
R8	"	20	" "	1/4W	C8	Fixe chimique	16 microfarads "
R9	"	7	" "	"	C9	"	25 " 50V
R10	"	2	" "	"	C10	Fixe au Mylar	22000 picofarads 400V
R11	"	1	" "	"	C11	"	1 microfarad "
R12	"	300	Ohms	"	C12	Fixe chimique	50 " 50V
R13	"	100	" "	"	C13	"	50 " "
R14	"	30	" "	"	C14	"	16 " 400V
R15	"	10	" "	1/2W	C15	"	16 " "
R16	"	20	" "	1/4W	C16	Fixe au papier	40 " 63V
R17	"	6127	" "	"	C17	Fixe céramique	2200 picofarads 500V
R18	"	12 248	" "	"			
R19	Fixe agglomérée	220 Kohms	± 10%	1/2W			
R20	"	"	"	"			
R21	"	"	"	"			
R22	"	"	"	"			
R23	"	47 Kohms	"	"			
R24	"	"	"	"			
R25	"	10 Mégohms	"	"			
R26	"	"	"	"			
R27	"	1 Mégohm	"	"			
R28	"	"	"	"			
R29	"	3,3 Mégohms	"	"			
R30	"	100 Kohms	"	"			
R31	"	200	"	"			
R32	"	10	"	1W			
R33	"	1	"	1/2W			
R34	"	1,5	"	"			
R35	"	100 ohms	"	"			
R36	"	470 Kohms	"	"			
R37	"	"	"	"			
R38	"	5,6	"	"			
R39	"	220 ohms	"	"			
R42	Fixe à couche	15 Kohms	± 1%	"			
R43	"	"	"	"			
R40	Fixe agglomérée	47 ohms	± 10%	"			
R41	"	"	"	"			
R44	"	10 Kohms	"	1W			
R45	Potentio linéaire	100 ohms					
R46	Fixe agglomérée	200 à 1000 ohms	10%	1W			
R47	Potentio linéaire	470 ohms					
R48	Bobinée ajustable	800 ohms					
R49	Fixe agglomérée	220 Kohms	± 10%	1/2W			
R50	"	2,7 Mégohms	± 10%	1/2W			
					DIVERS		
					D1	Diode 15P2 CFTH	
					D2	" " "	
					D3	Redresseur 4 éléments 350V-75mA	
					D4	Cristal OA79	
					F1	Fusible Cehess 0,5 A	
					I1 à I4	Commutateur 4 circuits - 12 positions	
					M1	Microampèremètre 42µA - 3500 ohms	
					S1	Mignonette 6,5V 0,1A	
					X1	Vibreux	



Differentes figures obtenues à partir du vibreur

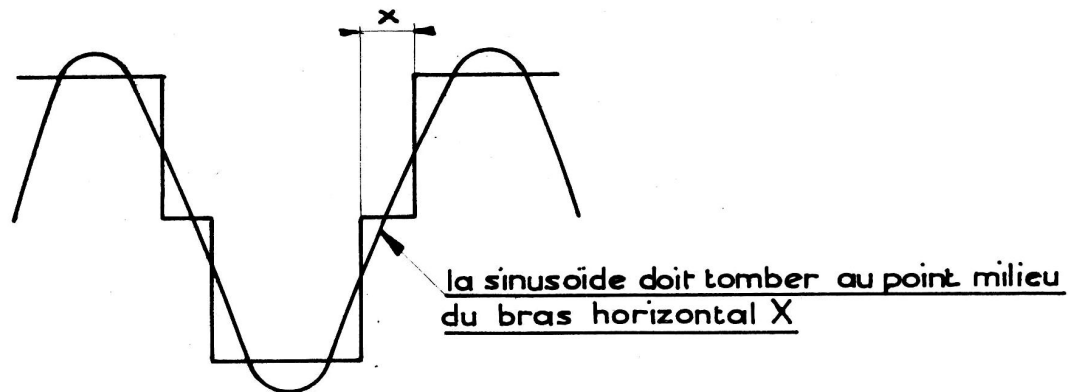


FIG:1 Figure à obtenir à la fin de la procédure de mise en phase du vibreur

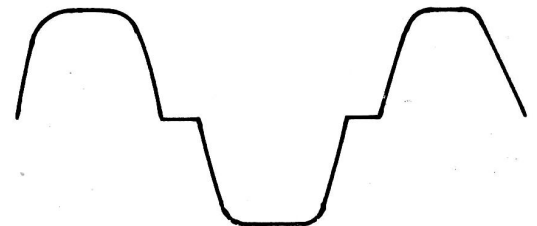
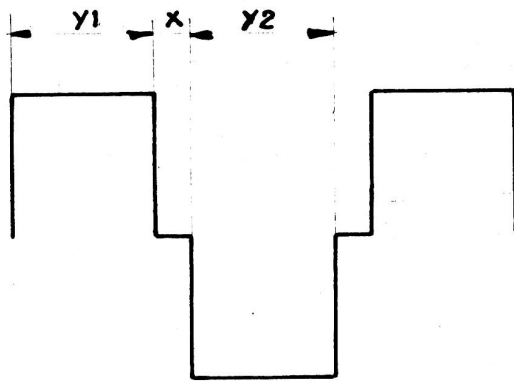


FIG:2 Découpage correct du vibreur
 $Y1 = Y2$ $X \neq \frac{1}{4} Y1$

FIG:3 Découpage incorrect du vibreur dû aux contacts défectueux

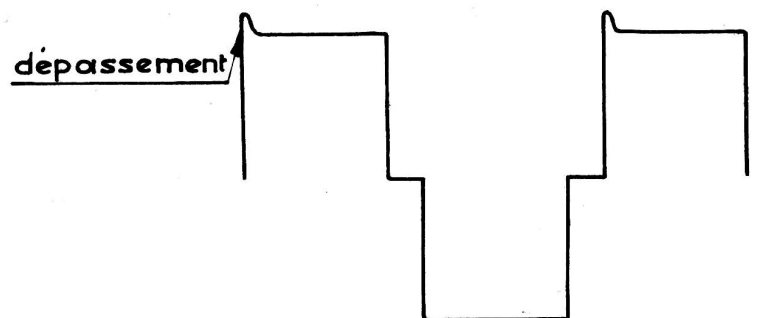
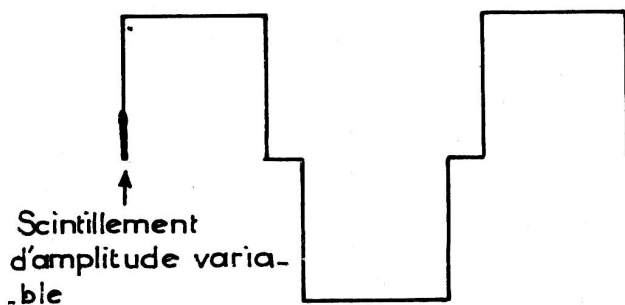
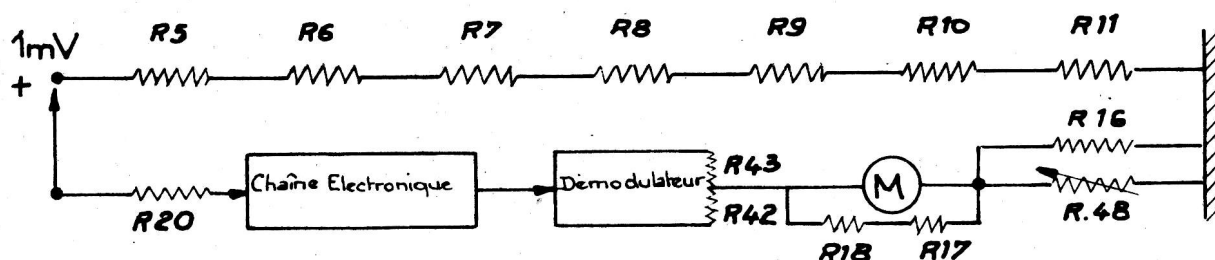


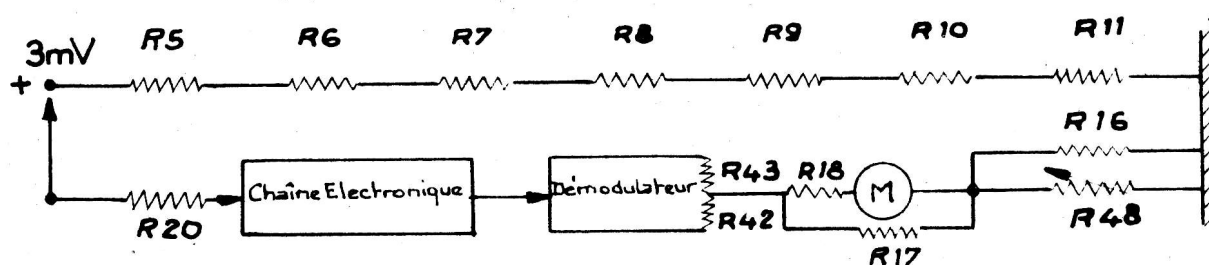
FIG:4 Découpage correct du vibreur mais présence d'un scintillement d'amplitude variable - Cas de panne signalé au para. III.2.6 du fascicule III

FIG:5 Présence d'un dépassement dans le signal rectangulaire - Cas de panne signalé au para. III.2.6 du fascicule III

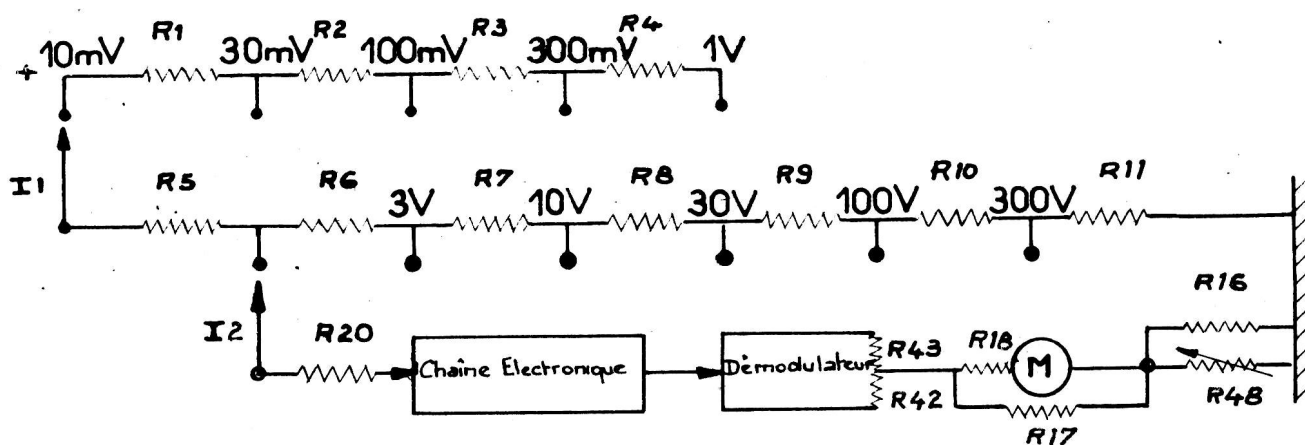
Calibre 1 millivolt



Calibre 3 millivolts

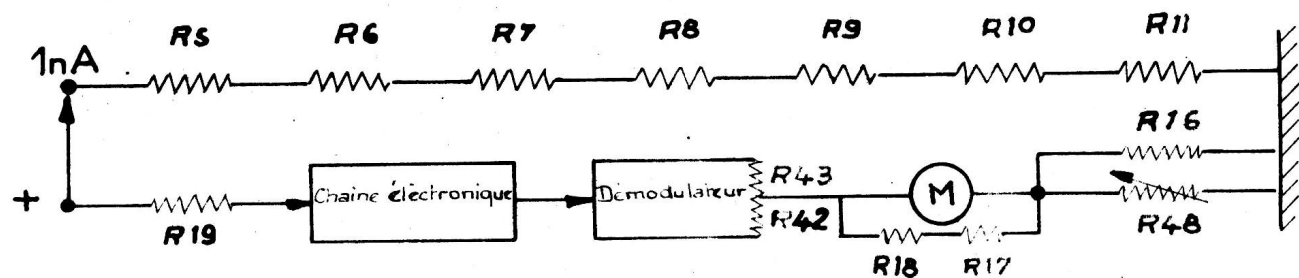


Calibres 10 millivolts à 300 volts

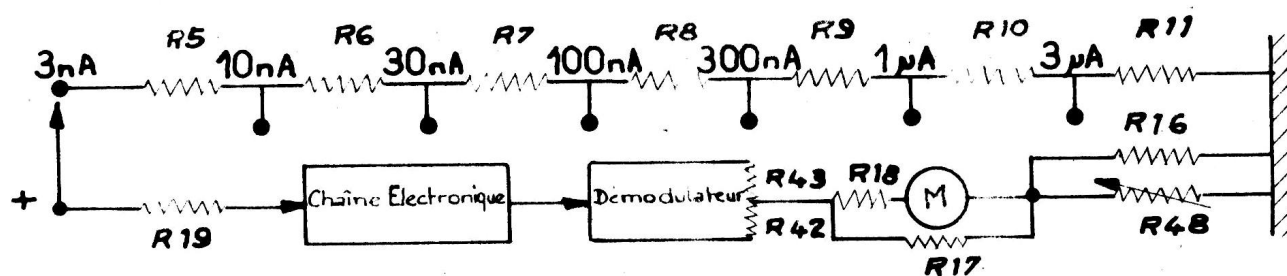


NOTA: I₂ reste dans cette position jusqu'à ce que I₁ arrive sur 1V
 I₁ reste sur 1V quand I₂ selectionne les calibres 3V à 300V

Calibre 1 nanoampère



Calibres 3 nanoampères à 3 microampères



Calibres 10 microampères à 300 microampères

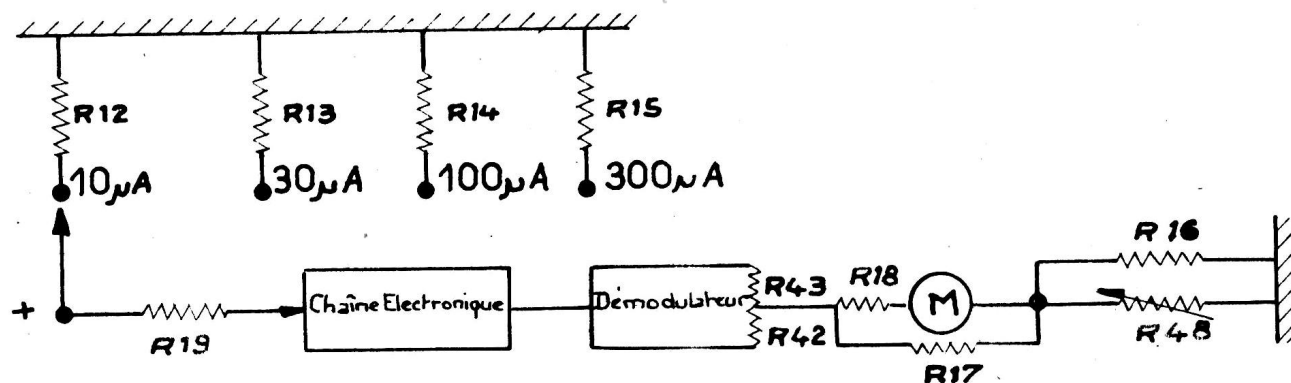
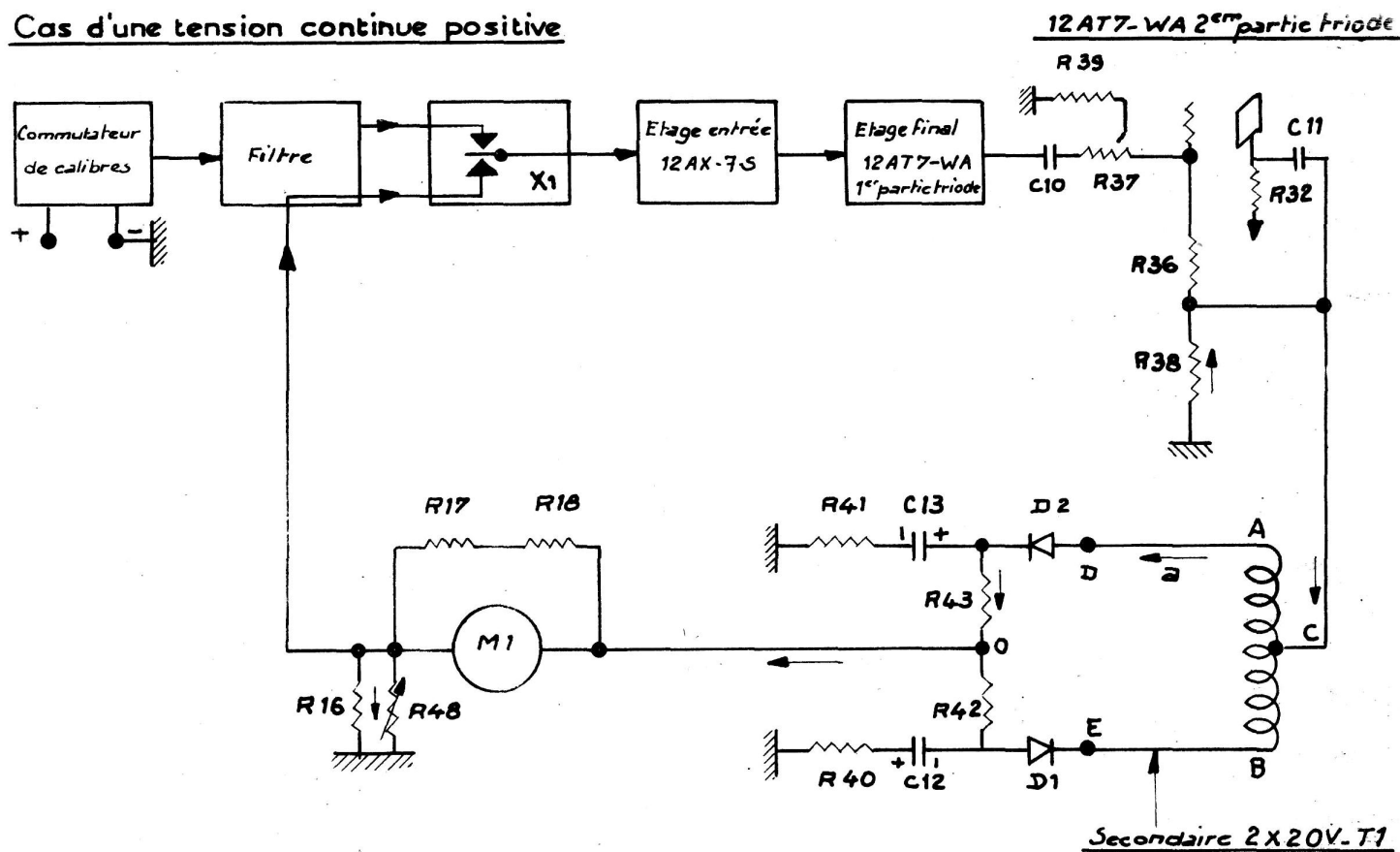


PLANCHE 9

Schémas de base

Cas d'une tension continue positive



Cas d'une tension continue négative

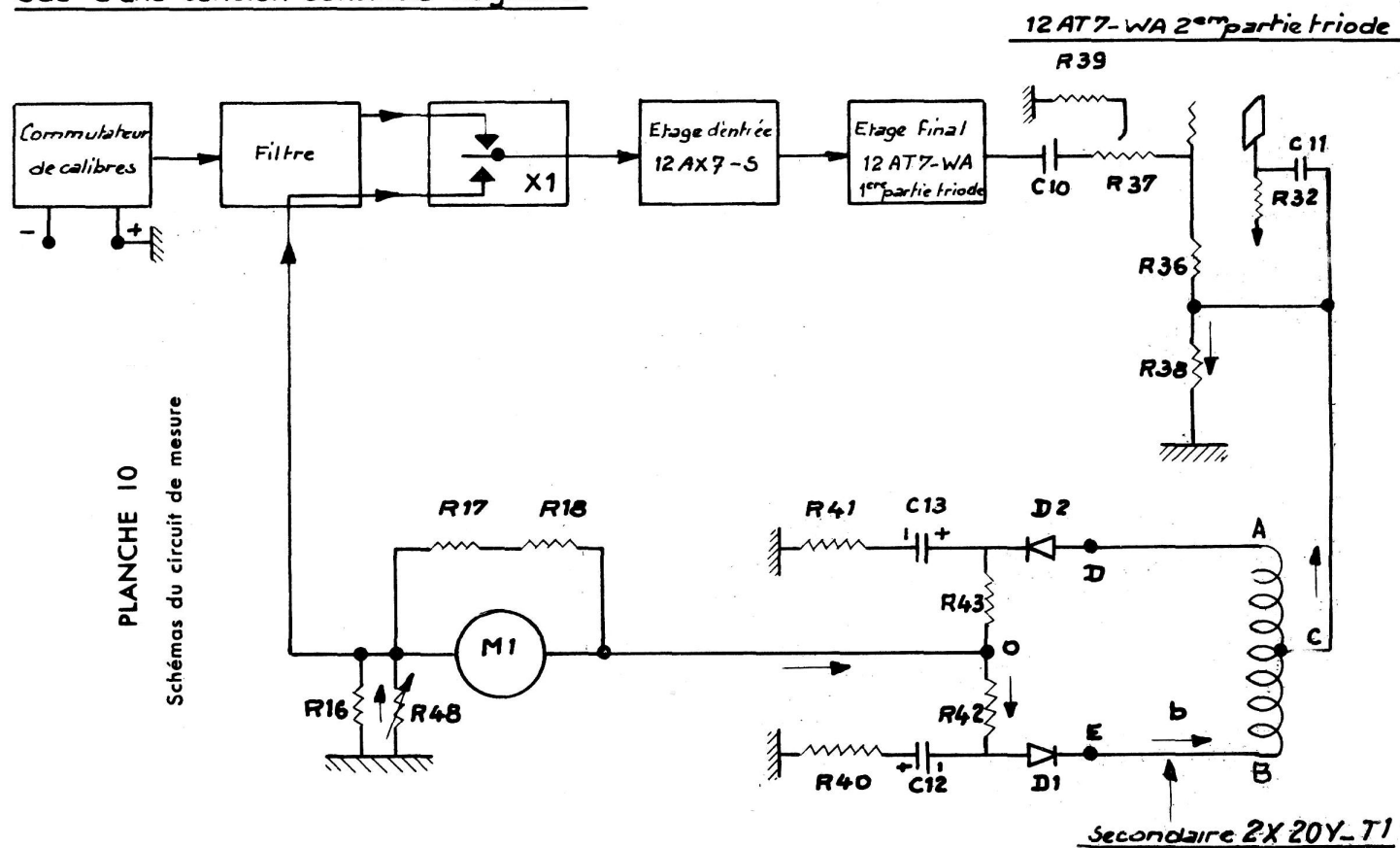


PLANCHE 10

Schémas du circuit de mesure

PLANCHE 11

Caractéristiques des tubes
et résistances aux culots

TYPE	CULOT	Designation	Utilisation	Vf	If	VA	Ia	Vg	K	ρ	S
12AT7WA	1	Double triode	Ampli BF	6,3 ou 12,6 V	0,3A ou 0,15 A	250 V	10 mA	- 2 V	60	11 K Ω	5,5
12AX7S	2	Double triode	Ampli BF	6,3 ou 12,6 V	0,3A ou 0,15 A	250 V	1,2 mA	- 2 V	100	62,5	1,6

Diodes à pointe au silicium 15P2

Température de fonctionnement : - 40°C à + 150°C

Tension inverse maxi de crête : 100 V

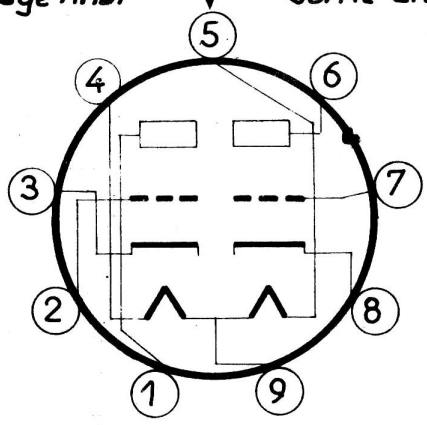
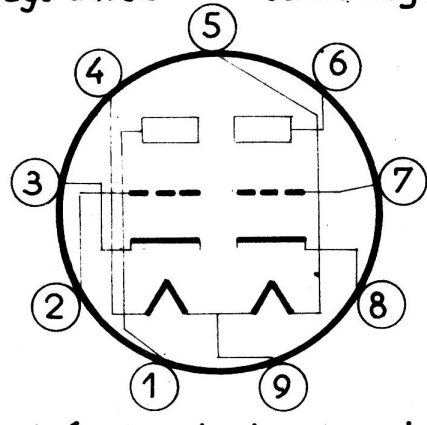
Courant inverse à 25°C : 0,5 μ A

" " à 150°C : 100 μ A

Chute de tension direct maxi (1 mA) : 1 V

Courant moyen redressé maximum : 40 mA

Courant de crête maximum : 120 mA

CULOT 1		12AT7WA					
Entrée étage final		Sortie étage final					
							
4 et 5 sont mis en parallèle : chauffage par 6,3V		3 et 8 sont réunis extérieurement 4 et 5 sont mis en parallèle : chauffage par 6,3V					
Valeur des résistances au culot 12AT7WA		Valeur des résistances au culot 12AX7S					
1	> 2000 K Ω	5	1 Ω	1	> 2000 K Ω	5	39,8 Ω
2	> 2000 K Ω	6	> 2000 K Ω C charge	2	> 2000 K Ω	6	> 2000 K Ω
3	2000 Ω	7	> 550 K Ω	3	0 Ω	7	> 2000 K Ω
4	1 Ω	8	240 Ω	4	40 Ω	8	0 Ω
		9	1 Ω			9	40 Ω

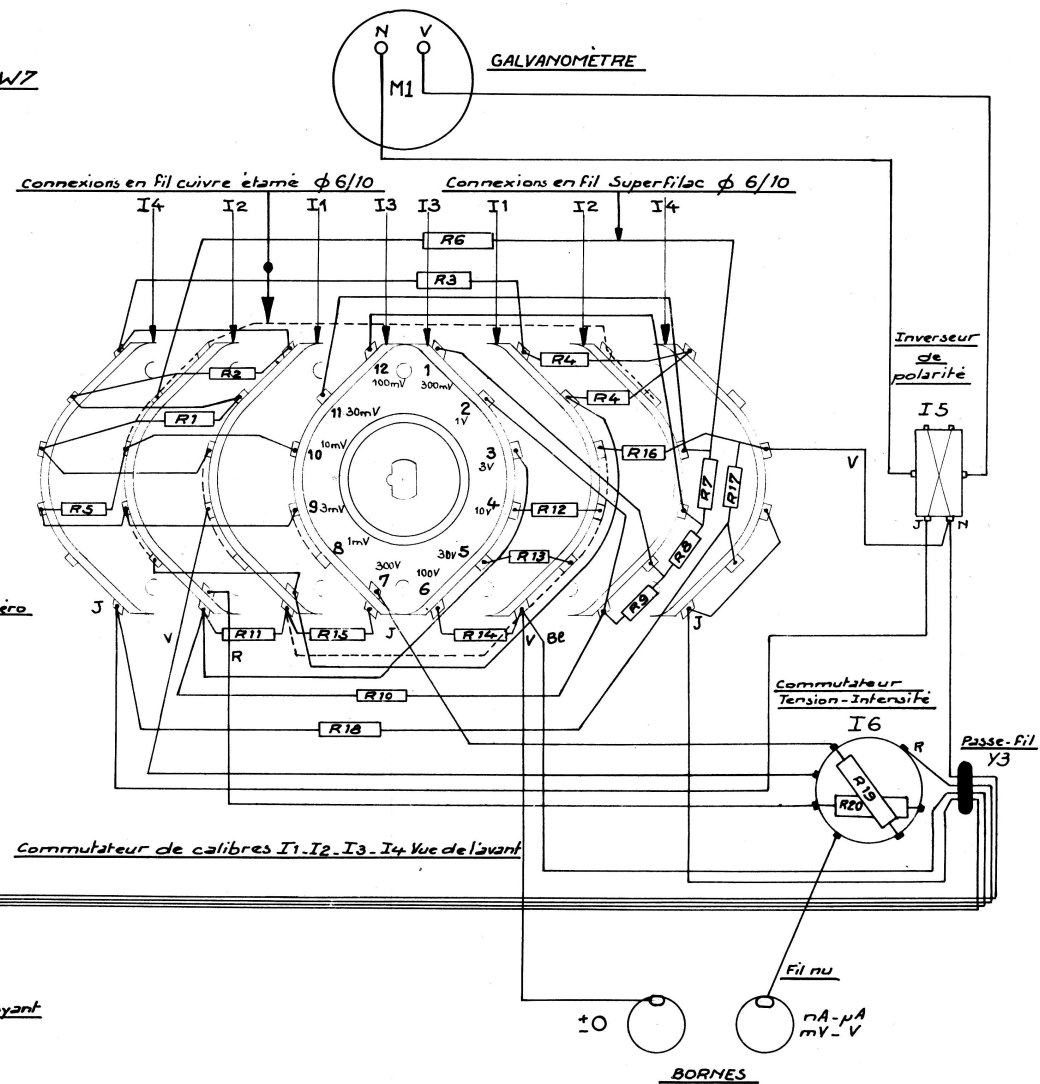
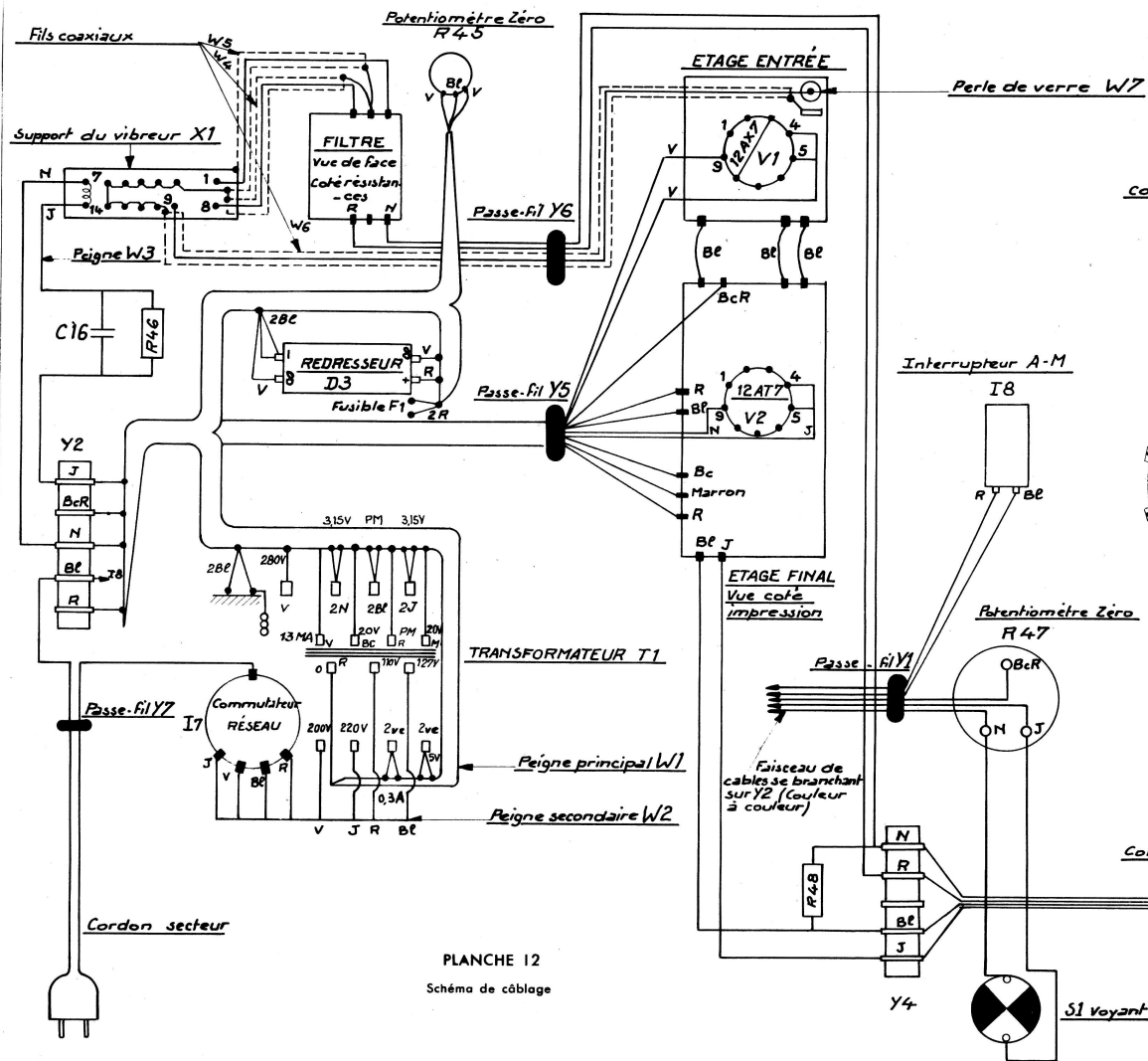


PLANCHE 12

Schéma de câblage

VALEUR DES ELEMENTS					
RESISTANCES - POTENTIOMETRES					
R1	Fixe à couche	2 Mégohms	-0 +0,5%		1 W
R2	"	7 "	± 0,5%		"
R3	"	20 "	-0 -1%		"
R4	"	20 "	-0 -1%		"
	"	+50 "	-0 -2%		"
R5	"	700 Kohms	± 0,5%		1/2 W
R6	"	200 "	"		"
R7	"	70 "	"		"
R8	"	20 "	"		1/4 W
R9	"	7 "	"		"
R10	"	2 "	"		"
R11	"	1 "	"		"
R12	"	300 ohms	"		"
R13	"	100 "	"		"
R14	"	30 "	"		"
R15	"	10 "	"		1/2 W
R16	"	20 "	"		1/4 W
R17	"	6127 "	"		"
R18	"	12248 "	"		"
R19	Fixe agglomérée	220 kohms	± 10%		1/2 W
R20	"	"	"		"
R45	Potentiomètre linéaire	100 ohms			
R46	Fixe agglomérée	200 à 1000 ohms	10%		1 W
R47	Potentiomètre linéaire	470 ohms			
CONDENSATEURS					
C16	Fixe au papier	40 μ F			63 V