

F. HAAS

# VOLTMETRES A LAMPES



PRINCIPES  
GÉNÉRAUX

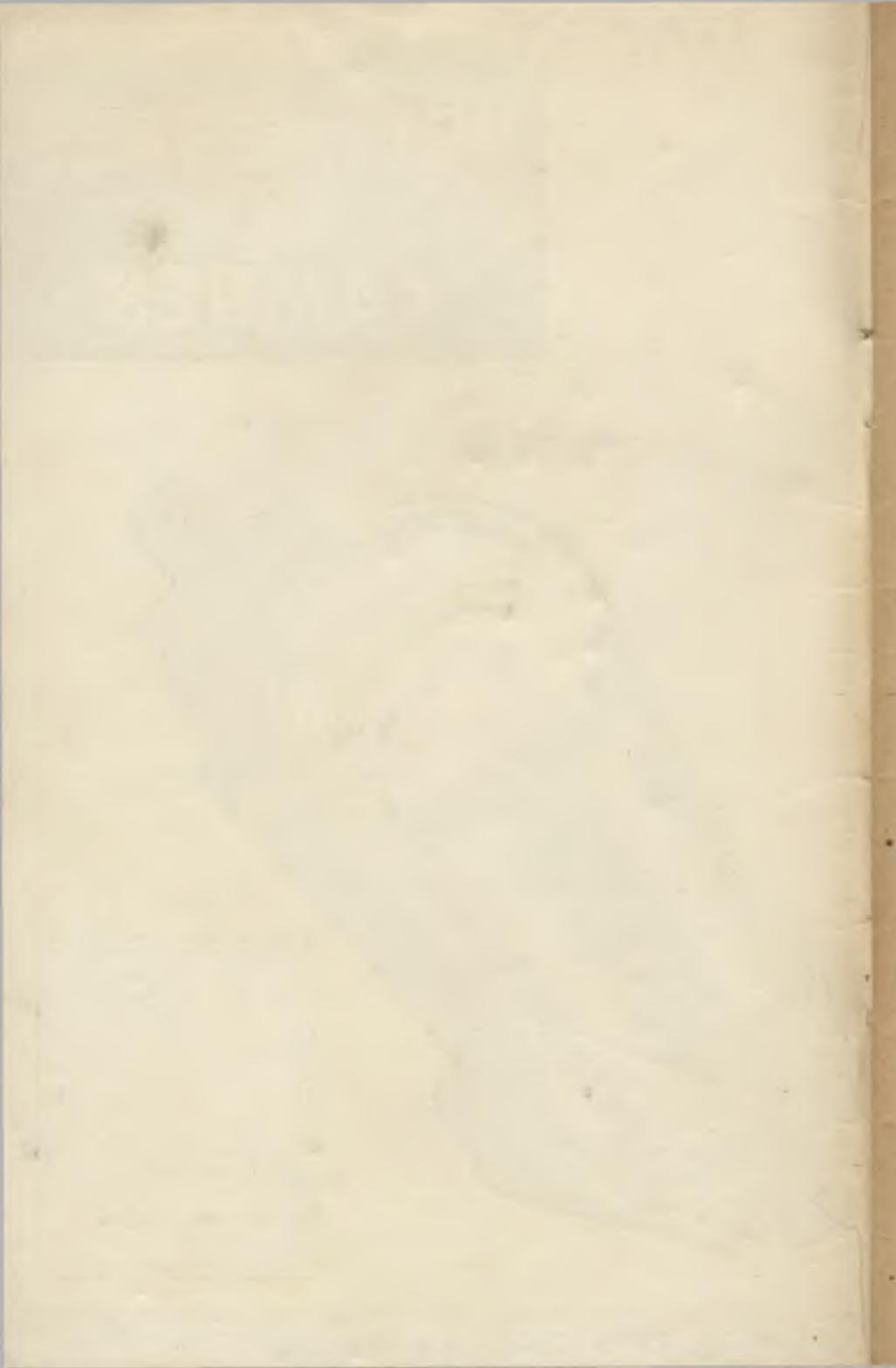
•  
SCHÉMAS  
INDUSTRIELS

•  
RÉALISATIONS  
DES VOLTMÈTRES  
DE LABORATOIRE  
ET DE SERVICE

•  
DIVERSES  
APPLICATIONS



SOCIÉTÉ DES ÉDITIONS RADIO



**F. HAAS**  
Ingénieur E. E. M. I.

# LES VOLTMMÈTRES A LAMPES

PRINCIPES GÉNÉRAUX



SCHÉMAS INDUSTRIELS



RÉALISATIONS  
D'UN VOLTMÈTRE DE  
LABORATOIRE  
ET D'UN VOLTMÈTRE DE  
SERVICE



DIVERSES APPLICATIONS

**SOCIÉTÉ DES ÉDITIONS RADIO**

42, Rue Jacob, PARIS-6<sup>e</sup>  
MCMXLVI

DU MEME AUTEUR :

**L'Omnimètre** (contrôleur universel à 28 sensibilités).

**Les Lampemètres** (principes et réalisation).

Tous droits de traduction et de reproduction réservés pour tous les pays

Copyright by Editions Radio Paris, 1946.

Dépot légal, 4<sup>e</sup> trimestre 1945.

N<sup>o</sup> éditeur : 30. N<sup>o</sup> imprimeur : 31.0578

# Les Voltmètres à Lampes

---

## GÉNÉRALITÉS

### I. — UTILITE D'UN VOLTMETRE A LAMPES

De même qu'un menuisier ne peut se passer d'un mètre, ou un tourneur de son pied à coulisse, le technicien de radioélectricité se sert essentiellement de voltmètres. Or, les applications de cet instrument sont bien limitées, et cela pour les raisons suivantes :

1° son utilisation, parfaite en courant continu, est de plus en plus dérisoire en alternatif, au fur et à mesure que la fréquence augmente ;

2° L'énergie mécanique nécessaire à son fonctionnement est empruntée au circuit de mesure sous forme électrique. L'instrument constitue donc une *charge* pour le circuit, susceptible de fausser les résultats. Examinons de près ces deux points. Alors qu'en courant continu, le voltmètre à cadre mobile est un appareil irréprochable, il devient d'une utilisation moins bonne en alternatif, associée à un redresseur. La précision diminue, et la fréquence limite est très basse, vers 10.000 Hz pour des appareils bien étudiés et convenablement compensés.

Les instruments à fer doux et dynamométriques ne sont utilisables qu'aux fréquences industrielles. Les seuls appareils employés depuis le début de la technique de la haute fréquence pour la mesure des fréquences élevées, sont les appareils thermiques et thermoélectriques, malheureusement trop gourmands en ce qui concerne leur consommation, qui est généralement très élevée.

Le dernier-né des appareils de mesure pour la haute fréquence est le voltmètre à lampes, qui tout en assurant une fréquence limite d'emploi extrêmement élevée, présente le grand avantage d'une consommation propre très faible, sinon nulle.

Pour ce qui est de cette faible charge sur le circuit de mesure, un seul appareil saurait revendiquer cette même qualité précieuse, c'est le voltmètre statique. Mais, fonctionnant seulement sur les tensions élevées, et constituant une charge capacitive qui augmente avec la fréquence, il ne saurait détrôner le voltmètre à lampes, seul dispositif convenant à la mesure pratique des tensions de haute fréquence.

## II. — CONDITIONS REQUISES POUR UN BON VOLTMÈTRE À LAMPES

1° *Impédance d'entrée* aussi élevée que possible. Cette condition a été déjà énoncée plus haut ; son but est de ne charger aucunement le circuit de mesure. Cette impédance se compose généralement d'une capacité de valeur comprise entre 1 et 20  $\mu\mu\text{f}$  et d'une résistance aussi élevée que possible, mais au moins de quelques mégohms.

2° *Lectures indépendantes de la fréquence* entre 50 Hz et 30 MHz.

3° Grande étendue de mesure. Les limites souhaitables sont 0,1 et 150 V.

4° Bonne *stabilité*, c'est-à-dire indépendance des lectures de la tension du secteur et du temps. Après quelques minutes, l'appareil doit être stable.

5° *Sécurité* pour l'instrument utilisé, qui doit être à l'abri des surcharges accidentelles.

6° Enfin, pour la *commodité de l'emploi*, nous exigerons : Simplicité de la mise en œuvre, lecture directe, le minimum de réglages et mobilité de l'appareil.

Par la suite, nous verrons que le voltmètre à lampes proposé remplit bien toutes ces conditions.

## III. — LES PRINCIPES UTILISÉS

Un voltmètre à lampes est essentiellement un *détecteur*, qui peut être suivi ou précédé d'un *amplificateur* à un ou plusieurs étages.

Tous les montages *détecteurs* connus en radio peuvent servir de base. Citons les détections dite de grille et de plaque, par diode, et même le montage Sylvania, ou détecteur de puissance. La détection dite de grille offre cependant peu d'intérêt, malgré sa bonne sensibilité aux signaux faibles, du fait qu'elle emprunte de l'énergie au circuit qui se trouve alors amorti, et d'autre part en raison de la difficulté de changer de sensibilité. Sauf pour certaines applications spéciales, comme, par exemple, les mesures sur les pick-up, elle est donc abandonnée.

La détection Sylvania est un cas spécial de la détection plaque bien connue, mais nécessite cependant une seconde lampe pour transformer les variations de tension détectée en indications sur un instrument de mesure. Pour cette raison, elle cède le pas aux autres modes. On ne se trouve actuellement en présence que des montages suivants :

1° Détection plaque à polarisation fixe ;

2° Détection plaque à autopolarisation, montage dit réflexe ;

3° Détection diode.

On est obligé d'avoir recours à un *amplificateur* pour deux raisons :

1° *Augmenter la sensibilité de l'appareil.*

2° Éviter de charger le circuit de mesure (cas de la diode). Lorsque les tensions sont faibles (inférieures à 0,2 V), la détection est difficile. On peut alors monter l'amplification en avant de la détectrice. Inconvénient : Il faudrait un amplificateur fidèle, indépendant de la fréquence. Or, cette condition est irréalisable avec une bonne précision pour la grande bande de fréquences qui constitue notre spectre habituel en radioélectricité. Le montage est cependant utilisé pour la seule B.F.

L'amplification après détection (à courant continu) est bien plus intéressante puisqu'indépendante de la fréquence.

À part les voltmètres à lampes à indication directe, il y a les appareils à compensation. Ils sont basés sur le principe de la double pesée, la tension redressée inconnue est opposée à une tension continue mesurable avec précision. Le voltmètre à lampes ne sert alors que comme indicateur de zéro, et n'a plus besoin de serrer d'aussi près les conditions de stabilité et d'indépendance de la fréquence. La précision est bien meilleure, seulement la manipulation est plus délicate. En effet, chaque mesure nécessite un ajustage nouveau pour la lecture.

Examinons maintenant quelques applications industrielles à la lueur des principes exposés.

#### IV. — REALISATIONS INDUSTRIELLES

Nous examinerons en premier le voltmètre à lampes SIEMENS type REL MES 94A (fig. 1). Nous voyons qu'il n'y a en tout et pour tout

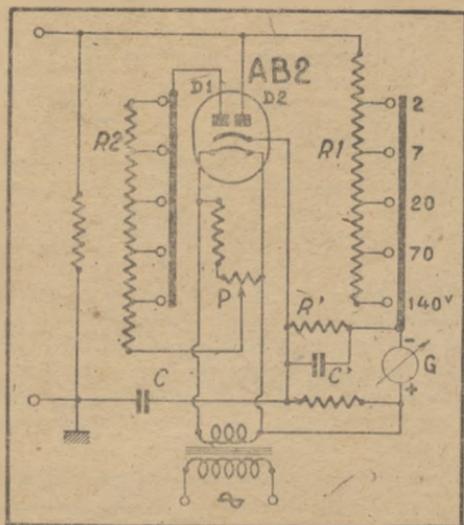


Fig. 1. — Schéma de principe du voltmètre à lampes SIEMENS, type REL MES 94 A.

qu'une double diode. Il n'y a donc pas d'amplification, et c'est le circuit de mesure qui fournit le courant qui fait dévier l'instrument de

mesure. Toutefois, comme c'est un microampèremètre sensible, cet inconvénient n'est pas bien grave, et dispense le constructeur de la complication d'un amplificateur stabilisé.

La détection s'opère par la diode  $D_2$ . Le condensateur de charge est  $C$ , et la résistance est formée par la résistance à prises  $R_1$  et le galvanomètre  $G$ . La détection fait naître une différence de potentiel entre  $D_2$  et la cathode, qui a pour effet de faire dévier  $G$ . Une résistance de fuite branchée entre les bornes d'entrée décharge  $C$  dans le cas où il n'y aurait pas continuité dans le circuit extérieur.

Mais ce n'est pas tout. Même en l'absence de toute tension aux bornes d'entrée, la diode donne naissance à un faible courant dû à l'émission électronique. Il y aurait donc un faux zéro, d'autant plus marqué que l'instrument est plus sensible et que  $R_1$  est plus faible. On se sert alors de  $D_1$  pour compenser cette déviation initiale. A cet effet, une partie de la tension de chauffage est redressée par  $D_1$ , et envoyée à travers  $R'C'$

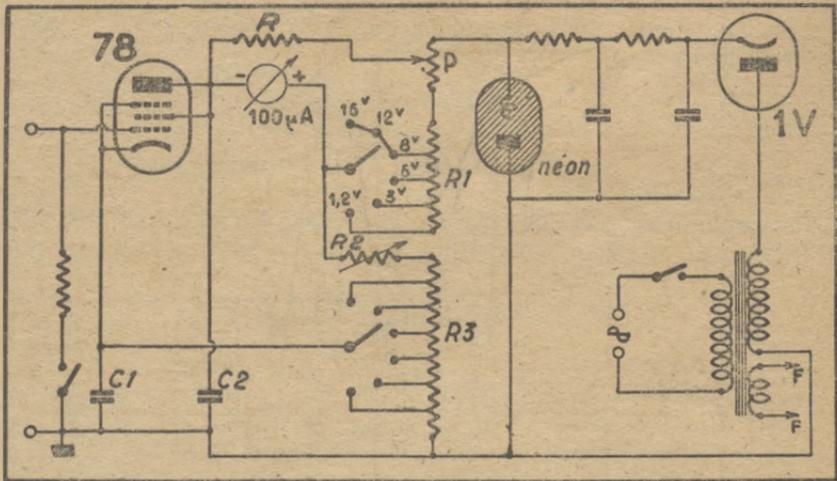


Fig. 2. — Schéma de l'appareil WESTON, type 669.

sur  $G$ , mais en sens inverse. L'instrument est donc remis au zéro, et cette compensation est réglée par  $P$ . Comme le courant de repos de  $D_2$  est différent pour chaque sensibilité, on a inséré dans le circuit de  $D_2$  une résistance à prises  $R_2$ , analogue à  $R_1$ , et qui donne la compensation exacte pour chaque sensibilité.

Il y a 5 sensibilités : 2 — 7 — 20 — 70 et 140 V, et l'échelle est pratiquement linéaire.

Voyons maintenant le WESTON type 669 (fig. 2). Nous avons à faire à une penthode 78 montée en pseudo-triode. C'est une électrode plaque à polarisation fixe. Les tensions sont prises sur le diviseur formé par un potentiomètre  $P$ , les résistances à prises  $R_1$  et  $R_2$  et une résistance  $R_3$ , réglée lors de la mise au point.  $R_1$  alimente la plaque, et  $R_3$  fixe le potentiel de la cathode de manière que le courant permanent soit

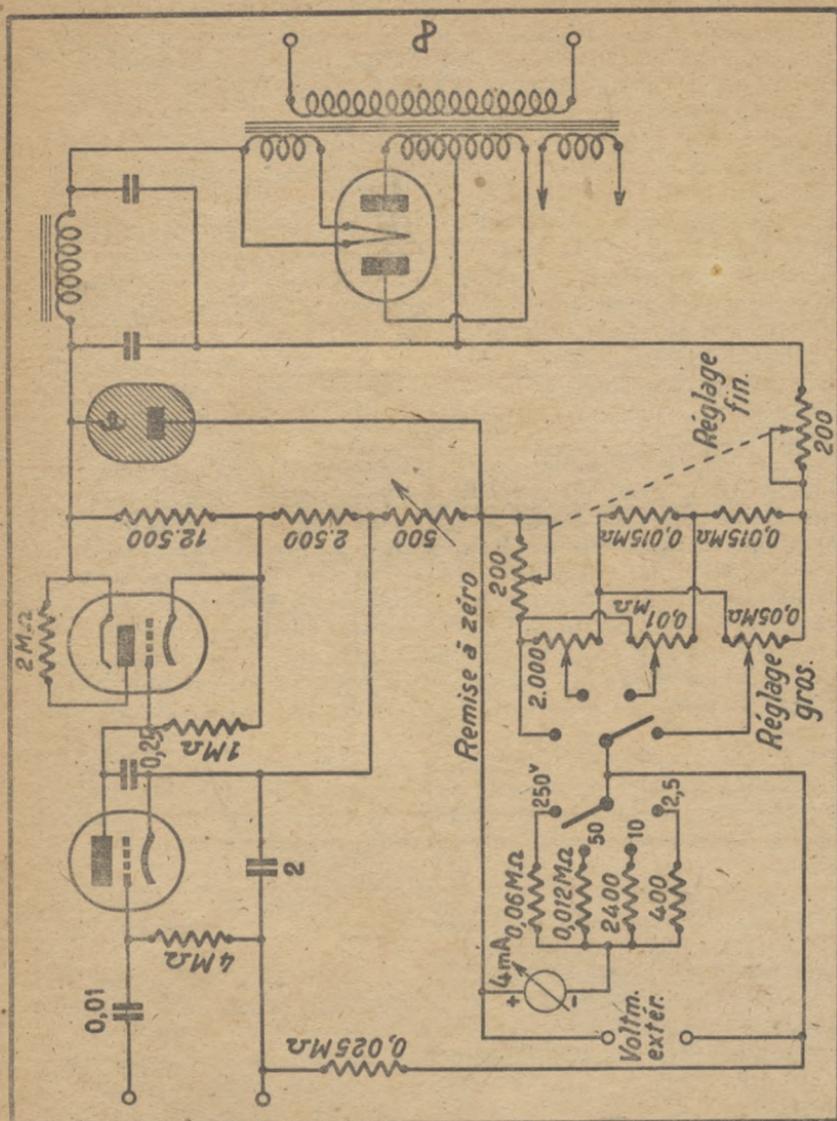


Fig. 3. — Voltmètre de crête, d'après SCAVOCCIA.

de quelques dizaines de  $\mu\text{A}$ . Le changement de sensibilité s'opère en modifiant simultanément les tensions plaque et cathode par la manœuvre des deux contacteurs jumelés.

Pour contrebalancer le faible courant permanent traversant l'instrument de mesure, une tension supérieure à la tension plaque est prise sur le potentiomètre P et envoyée en sens inverse sur le microampèremètre, à travers une résistance chutrice R. C'est donc en agissant sur P que l'on fixe le zéro de l'appareil.

La cathode et la plaque doivent être au potentiel zéro par rapport à la masse, au point de vue H.F. C'est obtenu au moyen des condensateurs de découplage  $C_1$  et  $C_2$ .

Signalons encore que l'appareil possède 6 sensibilités assez rapprochées : 1, 2 — 3 — 6 — 8 — 12 et 16 V. La limite supérieure est donc un peu basse. La résistance de fuite peut être débranchée, ce qui donne une résistance d'entrée infinie. La capacité à l'entrée est celle de la grille du tube aux autres électrodes, soit environ  $7 \mu\text{F}$ .

Redressement monoplaque par valve 1 — V, filtrage par résistances et condensateurs. Une lampe au néon stabilise la haute tension.

Mentionnons, enfin, que l'appareil est utilisable pour la mesure des tensions continues.

Comme troisième exemple, voyons le voltmètre à lampes imaginé par SCROGIE (fig. 3). C'est un voltmètre de crête, c'est-à-dire qu'il mesure la tension de pointe. La détection est du type plaque à polarisation fixe, tout comme dans le WESTON. Mais, au lieu de lire le courant plaque qui est fonction de cette tension, on envoie sur la grille une contre-polarisation destinée à ramener le courant plaque à sa valeur initiale. A ce moment, la tension de pointe (ou de crête) du signal à mesurer est égale à la tension de compensation, qu'il suffit de mesurer. Comme on voit, la méthode possède la précision du voltmètre utilisé, et le résultat ne peut être faussé par des variations du secteur ou le vieillissement des lampes.

Dans le montage présent, le milliampèremètre indiquant le courant plaque de la détectrice a été remplacé par un indicateur cathodique, monté en amplificateur à courant continu LOFTIN-WHITE. Comme tout son rôle se borne à repérer la valeur du courant plaque initial, ce remplacement est très avantageux et permet un réglage précis.

Les sensibilités sont 2,5 — 10 — 50 et 250 V. A cet effet, un diviseur délivre une tension continue variable entre 0 et 250 V, qui sera appliquée à la grille. Le voltmètre qui effectue la mesure possède les quatre sensibilités citées plus haut, et le même combinateur effectue le changement de sensibilité et le branchement d'une autre contre-polarisation.

L'appareil mesure le continu ainsi que l'alternatif. En montant la détectrice en *probe*, l'auteur indique que la limite d'utilisation est à 30 MHz.

Un autre modèle a été réalisé par MILLON sous la désignation XM, dont nous montrons un schéma partiel (fig. 4).

C'est encore une détection plaque, mais du type réflex (à polarisation automatique). La lampe utilisée est une penthode montée en triode. Dans la cathode, nous trouvons une résistance fixe et une autre

réglable, destinée au réglage du zéro. L'instrument de mesure n'est pas monté en milliampèremètre dans le circuit plaque, mais en galvanomètre entre la cathode et un point du diviseur branché sur la haute tension. Le tout forme donc un pont, et le galvanomètre est l'indicateur de zéro, mais peut être étalonné directement.

La question des différentes sensibilités a été résolue d'une façon très simple, mais — malheureusement non sans reproche. En effet, il y a tout simplement un diviseur à l'entrée dans le circuit grille, permettant d'envoyer une fraction déterminée du signal dans le voltmètre à lampes. On obtient ainsi les 9 sensibilités

3 — 15 — 30 — 150 — 300 — 600 — 900 — 1.500 et 3.000 V (1), sélectionnées par boutons-poussoirs. De ce fait, la résistance d'entrée est fixe et la même pour toutes les sensibilités. Le voltmètre aura donc une consommation faible à 3 V, mais forte à 3.000 V. En admettant que la résistance d'entrée soit de 30 M $\Omega$  (et une telle résistance ne saurait être précise et constante dans le temps), l'appareil consommera 100 mA sous 3.000 V, soit 3 W !!! De plus, il y a des chances pour que les rapports des tensions à l'entrée soient bien différents en H.F. et en continu, ou en B.F. Toutefois, cette critique est un peu sévère, car l'appareil décrit est destiné au dépannage et est de bas prix.

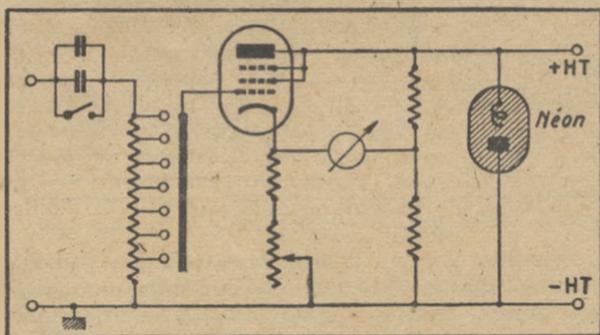


Fig. 4. — Schéma partiel du voltmètre à lampe MILLION, type XM.

Enfin, analysons le voltmètre à lampes considéré comme le plus perfectionné (... et aussi le plus copié...), celui de GENERAL RADIO, type 726 A. La figure 5 montre son schéma simplifié, c'est le montage dit *cumulatif*, mis au point par M. NUTILEC à la GENERAL RADIO. Nous en verrons le fonctionnement en détail, puisqu'il est à la base du voltmètre à lampes étudié par la suite.

Il se compose d'une diode détectrice et d'une triode amplificatrice, constituant l'une des quatre branches d'un pont de WHEATSTONE, dont l'équilibre est décelé par un microampèremètre. Voici le fonctionnement :

Appliquons une tension alternative aux bornes d'entrée A et B. L'al-

ternance rendant A positif par rapport à B bénéficie de la conductibilité unilatérale de la diode et fait passer un flux d'électrons de B, à travers la diode, vers C.

Mais, à l'alternance suivante, celle qui rend A négatif par rapport à B, le mouvement inverse n'est plus possible. En effet, les électrons accumulés par l'alternance précédente sur l'armature du condensateur  $C_1$  du côté du point C, ne peuvent plus être refoulés vers B à travers la diode qui s'oppose au passage dans le « sens interdit » anode-cathode. Aussi le point C demeurera-t-il légèrement négatif, encore qu'une partie des électrons, pendant ce temps, vienne s'écouler vers B à travers  $R_1$ .

De la sorte, l'alternance positive suivante (celle qui rend A positif par rapport à B) trouvera le point C, soit l'anode de la diode, polarisé négativement. Elle ne déterminera plus qu'un courant assez faible, juste suffisant pour compenser la diminution du potentiel négatif en C résultant de la fuite des électrons à travers  $R_1$ . Ainsi, en l'espace de peu

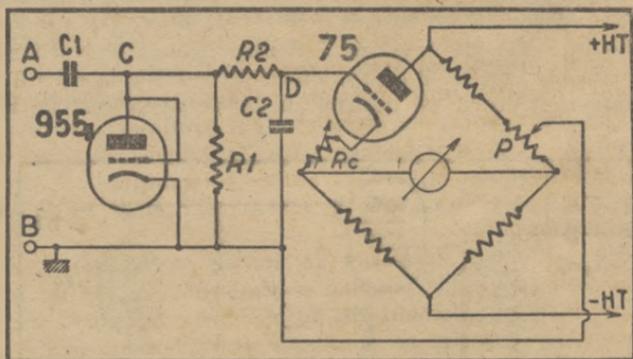


Fig. 5. — Schéma simplifié du modèle 726 A de GENERAL RADIO.

de périodes, le courant à travers la diode se réduira pratiquement à zéro, puisque le point C, du fait de l'accumulation des électrons, atteindra le potentiel de crête de la tension alternative. Cette condition sera réalisée d'autant mieux qu'on confèrera aux résistances  $R_1$  et  $R_2$  des valeurs très élevées, de manière à ralentir la fuite des électrons.

(Dans le modèle 726 A, on a  $R_1 = 50 \text{ M}\Omega$  et  $R_2 = 10 \text{ M}\Omega$ ).

En même temps, le potentiel du point C, atteignant la valeur de crête de la tension alternative, sera à travers  $R_2$ , transmis à  $C_2$  du côté du point D où il est appliqué à la grille de la lampe amplificatrice.

On voit que le montage fonctionne à la manière d'une pompe refoulante, chaque alternance positive gonflant la charge jusqu'au moment où les potentiels s'équilibrent, ce qui arrête son débit. Cela signifie que, par rapport au circuit sous mesure, l'appareil offre une impédance considérable.

D'ailleurs, le constructeur indique l'impédance d'entrée comme étant formée d'une résistance de  $5 \text{ M}\Omega$  et d'une capacité de  $6 \mu\text{F}$ .

Nous venons de voir qu'au terme d'un certain nombre de périodes, le potentiel entre B et D devient (pratiquement) égal à la tension alternative de crête en AB. L'appareil est donc un *voltmètre de crête*. L'éta-

lonnage est fait en tensions efficaces, ce qui est plus commode, mais exact seulement pour des ondes sinusoïdales. En tensions non sinusoïdales, le pourcentage d'erreur est égal au pourcentage d'harmoniques présents. Pour obtenir la valeur de la tension de pointe, il suffit, rappelez-le, de multiplier la tension efficace par  $\sqrt{2} = 1,41$ .

Mais revenons à notre montage. Le potentiel négatif de D polarise plus fortement la triode 75, ce qui a pour effet d'augmenter sa résistance interne et de déséquilibrer le pont. Le galvanomètre accusera donc un courant, fonction à peu près linéaire de la tension à l'entrée.

L'appareil possède 5 sensibilités : 1,5 — 5 — 15 — 50 et 150 Veff. Pour changer de sensibilité, on augmente la résistance  $R_2$  dans la cathode, ce qui crée une contre-réaction en courant continu, en diminuant la sensibilité. Comme, de ce fait, le courant plaque a changé, il est ramené à sa valeur primitive (la même pour toutes les gammes) en polarisant plus fortement (ou plus faiblement) le point B, ce qui se fait au moyen du potentiomètre P.

La stabilité de l'appareil est très bonne du fait de l'emploi d'un montage en pont. En effet, une variation de haute tension agit simultanément sur les deux branches du pont, et l'équilibre n'en est pas sensiblement affecté. Pas sensiblement, car la triode n'est pas une résistance fixe. La résistance  $R_2$  accroît encore la stabilité.

Répetons encore, que ce n'est que le schéma simplifié. Le montage réel est bien plus compliqué.

Les 5 types de voltmètres à lampes décrits ne représentent qu'une infime partie de tout ce qui est possible et réalisable. En les décrivant, notre prétention était simplement de donner un exemple d'application pour chacun des principaux montages pratiquement utilisés, et de permettre au lecteur d'expérimenter d'autres variantes que celles indiquées par la suite.

# Réalisation d'un Voltmètre à lampes de laboratoire

## V. — CONCEPTION DU VOLTMETRE A LAMPES PROPOSE

Après bien des essais comparatifs, nous nous sommes résolus d'adopter le dernier système décrit, la détection cumulative (à diode), suivie d'un amplificateur en pont. Toutefois, notre schéma présente certaines différences par rapport au montage précité, en raison du mode de stabilisation adopté.

D'ailleurs, l'appareil a été étudié en vue d'une construction facile et d'une mise au point commode, ce qui nous a obligé à rechercher des solutions peut-être peu industrielles, mais plutôt artisanales. Ainsi, une certaine stabilisation aurait pu être obtenue par l'emploi d'un transformateur d'alimentation à fer saturé. Cette réalisation, facile pour un atelier équipé en appareils de mesure, est cependant très délicate pour quelqu'un qui n'a pas l'habitude de ce travail, et au lieu d'une stabilisation, une instabilité complète serait peut-être obtenue. Nous avons donc adopté un système de stabilisation compensée au néon, décrit par nous dans la *Radio Professionnelle*, novembre 1942.

## VI. — LA STABILISATION COMPENSEE

Pour stabiliser des montages de mesures, on fait fréquemment appel aux lampes au néon. Un tel tube n'obéit pas à la loi d'OHM, la tension aux bornes de ses électrodes restant sensiblement constante pour des courants très différents. Ainsi, le 4357 MIXI-WATT utilisé maintient à peu près constante une tension de l'ordre de 95 V, pour un courant variant entre 15 et 75 mA. Mais cette constance n'est pas rigoureuse, la caractéristique n'étant pas tout à fait horizontale.

Un autre facteur susceptible de compromettre la stabilité est la tension de chauffage. La pente d'un tube chauffé plus faiblement diminue,

et cet effet s'ajoute à l'imperfection de la régulation par lampe au néon. Pour certains appareils de laboratoire, on utilise alors conjointement la stabilisation au néon et par fer hydrogène. Cependant, la stabilisation compensée que nous avons employée pour la première fois dans cet appareil, lui est encore supérieure. Voyons son fonctionnement (fig. 6). La particularité du circuit réside dans la résistance  $r$  intercalée entre la cathode et le retour de grille de la lampe d'équilibre, extérieurement au circuit de la lampe au néon  $N$ . Voici quelle est son action.

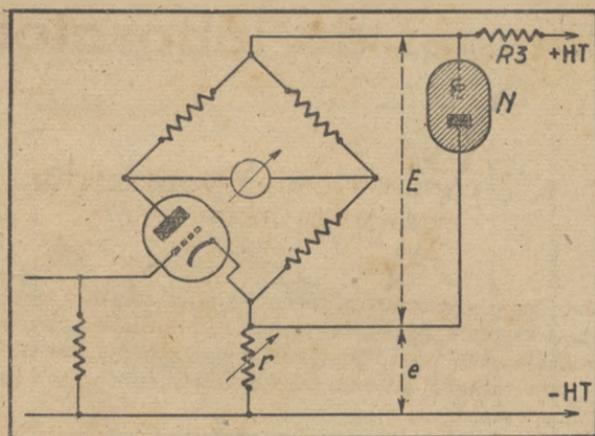


Fig. 6. — Principe de la stabilisation compensée.

Supposons que la haute tension augmente. Malgré le néon, la tension plaquée augmentera légèrement et, si cette variation est due au secteur, le chauffage s'accroîtra simultanément. Comme les deux causes s'ajoutent pour diminuer la résistance interne du tube, l'équilibre du pont ajusté avec soin, s'en trouve compromis. Voilà le point faible de la régulation simple.

Mais il y a la résistance  $r$ , avec une différence de potentiel  $e$  à ses bornes. L'augmentation de la haute tension fait monter le courant dans une bien plus forte mesure, puisque la tension  $E$  aux bornes de  $N$  reste constante. Nous verrons donc augmenter  $e$  et, partant, la polarisation de la triode. Cet effet augmente la résistance interne de la lampe, il est donc opposé au précédent et, sous certaines conditions, le neutralise complètement.

Or, une de ces conditions critiques est donnée par la valeur de  $r$ . Le graphique de la figure 7 montre son influence. Nous voyons que la valeur  $r = 1,5 \Omega$  donne une stabilité parfaite sur une plage très étendue, puisque le courant reste le même entre 90 et 135 V ; limites extrêmes de la variation du secteur. Toutes les autres valeurs donnent des stabilisations plus ou moins défectueuses, voire de l'instabilité.

## VII. — LA TÊTE CHERCHEUSE, DITE « PROBE »

On sait qu'une ligne haute fréquence et une installation de sonnerie n'ont pas grand'chose de commun. Ainsi, si l'on prétendait amener la tension inconnue au voltmètre à lampes par des fils quelconques et peut-être longs, on risquerait fort de ne retrouver qu'une fraction de cette tension à l'entrée de l'appareil de mesure, et cela d'autant plus que la fréquence est plus élevée.

C'est pour cette raison que l'on fixe l'organe détecteur au bout d'un câble d'un bon mètre de longueur, qui le relie au voltmètre à lampes, partie courant continu. Ce câble peut être de longueur et de capacité quelconque, sans influencer la précision des mesures, puisqu'il n'est parcouru que par du courant continu.

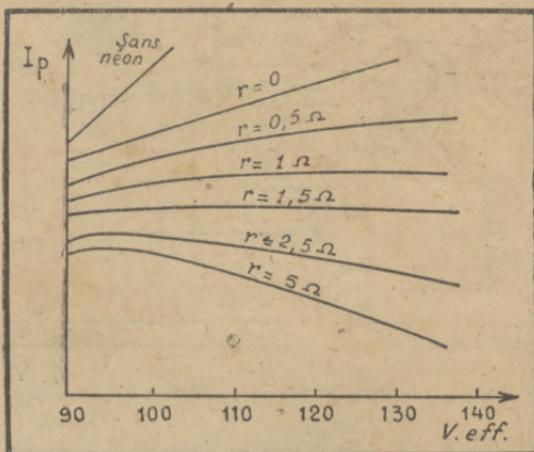


Fig. 7. — Influence de  $r$  sur la stabilisation.  
Elle est parfaite pour  $r = 1,5$ .

La détectrice se monte alors dans une tête chercheuse dite *probe*, aussi compacte que possible, pour ne pas avoir un outil trop lourd et encombrant. Les connexions parcourues par la H.F. seront aussi courtes que possible, de manière à réduire la capacité à l'entrée.

Le montage GENERAL RADIO fait usage d'une lampe gland 955, triode montée en diode, à faible encombrement et capacité. Nous avons obtenu un résultat à peu près identique avec une 6H6 métal américaine, qui peut être remplacée par une 6H6V PHILIPS, encore plus petite. Les dimensions mises à part, rien ne s'oppose à l'emploi d'une 6H6G ou MG.

Au cours des mesures en B.F., le *probe* est inutile et peut-être une gêne. C'est pourquoi nous lui avons prévu un logement à l'intérieur du coffret. Sa fixation aussi bien que sa liaison électrique s'effectuent au moyen de ses deux broches d'entrée qui s'engagent dans les douilles femelles d'une plaquette en bakélite. Ces douilles se trouvent reliées aux bornes d'entrée, placées sur le panneau avant.

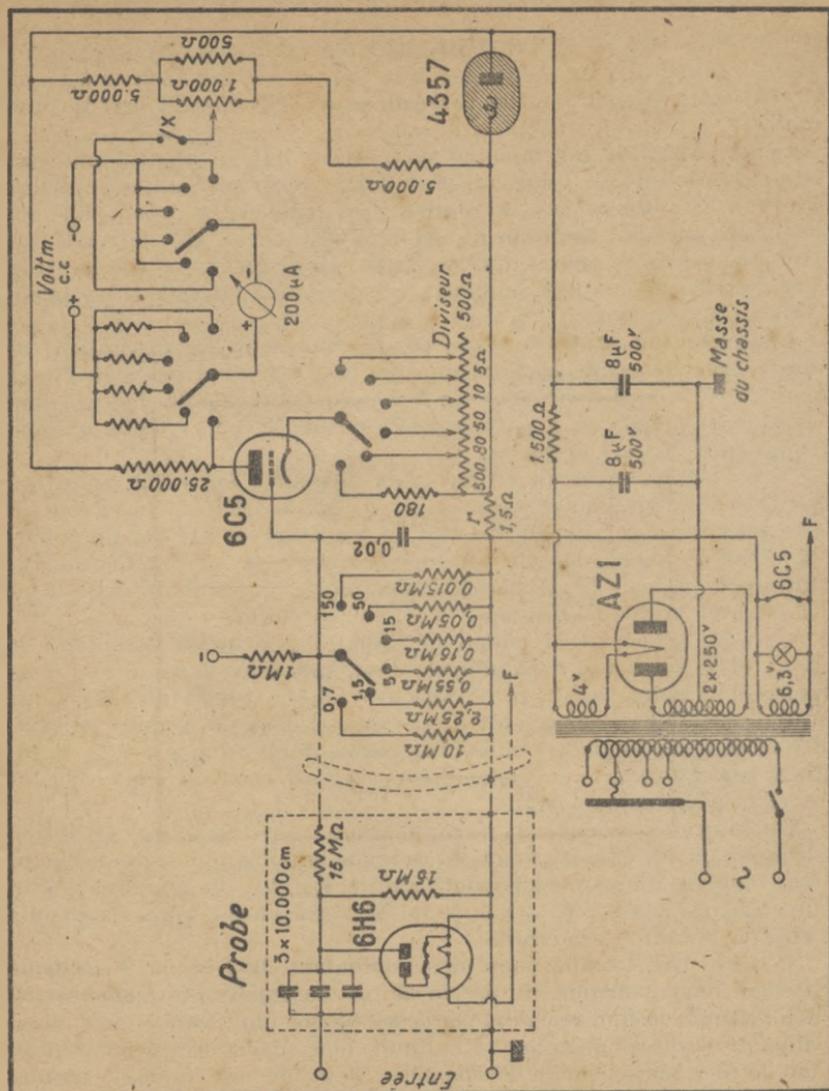


Fig. 8. — Plan d'ensemble du voltèmètre à lampes proposé.

### VIII. — LE PLAN D'ENSEMBLE

D'après ce qui précède, il est facile de comprendre le schéma complet de l'appareil, figure 8.

La 6H6 est attaquée par un condensateur de  $30.000\text{ cm}$  (soit trois de  $10.000$ ), d'excellente qualité, au mica. Nous voyons la résistance de

charge de  $15\text{ M}\Omega$  et le filtrage, par  $15\text{ M}\Omega$  également. Les résistances seront également d'excellente qualité, formées par des chaînes de plusieurs éléments moins forts. La réalisation du *probe* est décrite plus loin.

Le signal rectifié est appliqué au sommet d'un diviseur, formé par la résistance de  $15\text{ M}\Omega$  de filtrage et l'une des six résistances, branchée par le commutateur des sensibilités. La grille de la triode 6C5 est connectée au point commun de ces deux résistances, avec le condensateur *tampon* de  $20.000\text{ cm}$  vers la masse. Ainsi, on envoie sur la grille une fraction déterminée du signal, ce qui donne les différentes sensibilités.

L'équilibre du pont est assuré par le contacteur de polarisation cathode, branchant une partie donnée de la résistance à prises de  $500\ \Omega$  dans la cathode. Remarquons qu'il a paru préférable de disposer une résistance cathodique séparée pour la sensibilité  $0,7\text{ V}$ , cette gamme étant assez délicate à ajuster.

Le pont proprement dit est formé du diviseur à fort débit, constitué par les deux résistances de  $5.000\ \Omega$  ( $1\text{ W}$ ), la triode et sa charge de plaque, qui est de  $25.000\ \Omega$  ( $1/2\text{ W}$ ). Le zéro exact est fixé par un potentiomètre de  $1.000\ \Omega$ , shunté par une résistance de  $500\ \Omega$ . Cependant, un  $200$  à  $500\ \Omega$  de bonne qualité, bien isolé, conviendrait aussi bien, et rendrait inutile la résistance de  $500\ \Omega$  en shunt.

On voit également la lampe au néon 4357 MINIWATT stabilisant le pont, et la résistance  $r$  de compensation, intercalée entre le retour de grille et le point bas du pont. Sa valeur de  $1,5\ \Omega$  n'est qu'approximative, il faudra l'ajuster comme il est expliqué dans un chapitre suivant. L'alimentation est très simple, redressement biplaque par AZ1 et filtrage par cellule en  $\pi$  (2 condensateurs de  $8\ \mu\text{F}$ ,  $500\text{ V}$  et une résistance  $1.500\ \Omega$  d'au moins  $6\text{ W}$ ).

On pourrait se demander, pourquoi nous avons choisi une valve aussi démodée que la AZ1. La raison en est dans la faible puissance de chauffage requise, qui est de  $4\text{ W}$  seulement ( $4\text{ V}$ ,  $1\text{ A}$ ), alors qu'une 5Y3 ou une 1883 exigerait  $5\text{ V} \times 2\text{ A} = 10\text{ W}$ . Perte inutile qui ne sert qu'à chauffer le coffret déjà étroit.

D'autre part, comme nous nous contentons de  $2 \times 250\text{ V}$  de haute tension, nous pourrions utiliser un de ces anciens transformateurs  $4\text{ V}$ , dont chaque technicien aura gardé au moins un exemplaire au fond d'un tiroir de récupération. Il suffirait alors d'ajouter quelques spires au dernier enroulement de chauffage pour obtenir les  $6,3\text{ V}$  requis. Dans le cas où cette pièce ferait défaut, on pourrait trouver plus loin les données pour sa réalisation.

## IX. — ACCESSOIREMENT...

Il nous a paru intéressant d'étendre le champ d'emploi de notre voltmètre vers le courant continu. Tout d'abord, en voltmètre à lampes. Pour cela, on peut se brancher sur la grille de la 6C5 à travers une résistance de  $1\text{ M}\Omega$ . Les différentes résistances de grille forment un

diviseur avec celle de 1 M $\Omega$ , et nous obtenons 6 gammes de mesures. Pour ne pas encombrer le cadran, nous pourrions faire l'étalonnage par courbes. D'autre part, le microampèremètre de 200  $\mu$ A peut constituer un voltmètre sensible de 5.000  $\Omega$ /V. Un tel appareil n'est jamais de trop. Nous avons donc prévu un second contacteur qui branche le galvanomètre dans le pont ou, en le déconnectant bilatéralement, le transforme en voltmètre à 5 sensibilités. Nous proposons :

$$7,5 - 30 - 150 - 300 \text{ et } 750 \text{ V,}$$

ou encore une variante avec une gamme en moins remplacée par 200  $\mu$ A sans résistance additionnelle, au gré de l'opérateur. Bien qu'il soit possible de monter un contrôleur complet avec 28 sensibilités, nous le déconseillons formellement : il y a déjà bien assez de moutons à cinq pattes sans celui-ci.

Les résistances série du voltmètre pour courant continu seront calculées de la façon suivante.

Si nous désignons par  $R_i$  la résistance interne du microampèremètre de 200  $\mu$ A utilisé, pour obtenir une sensibilité de  $E$  volts, il faut utiliser en série une résistance.

$$R = 5.000.E - R_i$$

Par exemple, pour la sensibilité  $E = 7,5$  V, nous aurons

$$R = 5.000 \times 7,5 - R_i = 37.500 - R_i \text{ ohms.}$$

Dans le cas plus général, si l'on utilise un microampèremètre de  $i$   $\mu$ A, on prendra

$$R = \frac{1.000.000}{i} E - R_i$$

Les purs qui ne voudraient pas de cet accessoire qui, à leurs yeux, enlèverait le cachet de laboratoire à l'appareil, pourront l'omettre sans danger. Toutefois, il est nécessaire de pouvoir couper le circuit du microampèremètre pendant les quelques minutes qui suivent l'allumage, pour protéger l'instrument des à-coups du régime transitoire. A défaut du contacteur de voltmètre, le potentiomètre de 1.000  $\Omega$  sera du type à interrupteur, et on l'intercalera en X ; on ne manquera pas de couper le circuit du galvanomètre à la mise en route.

## X. — LA REALISATION

Du point de vue mécanique, l'ensemble comporte trois parties distinctes :

- 1° Le pupitre avec son panneau rapporté.
- 2° Le châssis placé dans le pupitre.
- 3° Le boîtier du probe.

Dans la suite, nous donnerons tous les détails pour l'exécution de l'appareil, conformément à notre maquette. Il est évidemment possible de modifier les dimensions géométriques. En poussant la description jusque dans ses moindres détails, nous avons simplement à cœur de fournir au constructeur un dossier complet.

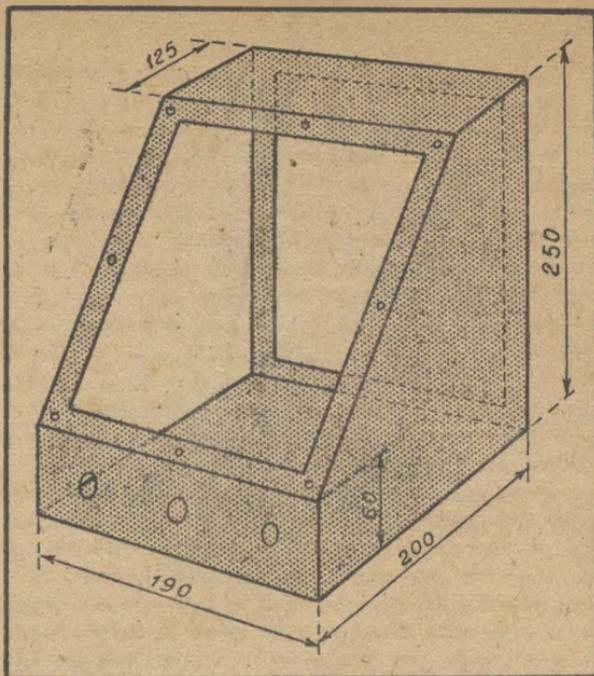


Fig. 9. — Schéma de réalisation du pupitre.

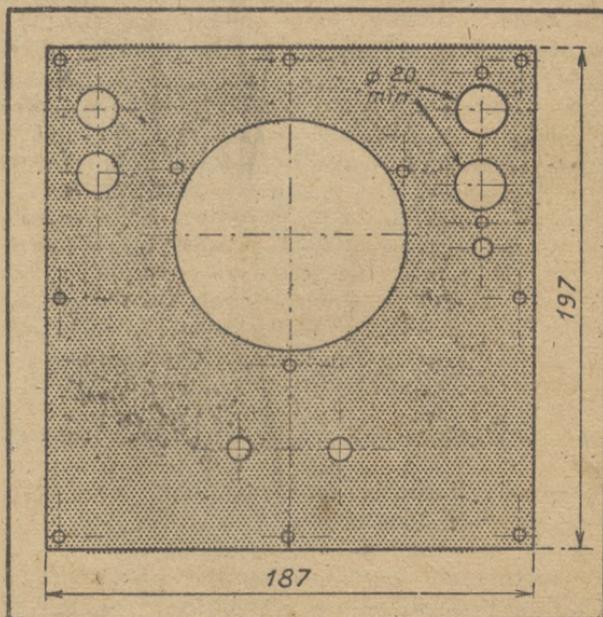


Fig. 10. — Le perçage du panneau avant.

La figure 9 montre l'aspect et l'encombrement du pupitre. Il comporte une ouverture sur le devant pour le panneau, et une autre à l'arrière qui restera ouverte, permettant ainsi de placer le probe à l'intérieur et facilitant l'aération. Des rebords de 10 mm sont prévus sur les ouvertures, afin de pouvoir fixer le panneau avant et d'augmenter la rigidité mécanique. Le pupitre sera fait en tôle de 12/10 ou en aluminium de 15/10, soudé de préférence.

Le panneau est représenté dans la figure 10. Il comporte un trou central, dans lequel le galvanomètre sera noyé à moitié. Les deux trous de gauche servent à l'interrupteur secteur et au voyant témoin de marche.

À droite, nous aurons 3 bornes ; l'une, la masse, non isolée ; les deux autres sont montées sur de la bakélite H.F., bien espacées du panneau pour augmenter les résistances de fuite en surface. Elles correspondent aux entrées alternatif et continu.

En dessous du galvanomètre, on aperçoit encore deux bornes (rouge et noire), correspondantes à l'entrée du voltmètre continu à 5.000  $\Omega$ /V.

Etant donné la diversité des pièces utilisables, nous ne donnons pas les cotes de perçage. Signalons simplement, que le galvanomètre employé (sensibilité 200  $\mu$ A, environ 2 000  $\Omega$ ) est du modèle tableau en saillie, la collerette étant enlevée pour la mise en place. L'instrument a un diamètre de 100 mm et a été fourni par les Ets. AMPER à Lyon.

Les figures 11 et 12 montrent le probe dans ses détails. On voit que le boîtier est formé de trois pièces : le corps, l'équerre du support et le capot. La 6H6 est montée à l'envers, de façon à raccourcir la connexion diode-borne H.F. Pour obtenir une rigidité suffisante, nous avons utilisé de la tôle de 15/10 pour le corps et l'équerre, le capot étant fait en 8/10 soudé.

Le câble blindé entre par un trou dans le fond du corps, placé comme indique le dessin de façon à passer à côté de la 6H6. Il est amarré par un collier, et une spirale évite sa coupure juste à la sortie.

Sur la partie étroite du corps se trouve fixée une petite plaque de bakélite H.F., et là-dessus sont montées les bornes d'entrée. On utilisera des fiches mâles de prises de courant (diamètre 4 mm), permettant de monter facilement et avec une faible capacité des pinces crocodile. La fiche correspondant à la masse est décentrée coté corps, et vissée dans la languette repliée.

Pour le châssis, voir le plan de cablage.

## XI. — MONTAGE ET CABLAGE

Au point de vue électrique aussi, l'ensemble se compose bien de trois parties distinctes, reliées par câbles : Le châssis, le panneau avant et le probe. Entre probe et châssis, il nous faut un câble bien isolé, puis blindé. Comme les blindages non isolés traînant sur la table sont

une source continuelle d'ennuis (à cause des contacts et court-circuits), il est préférable d'avoir un câble blindé et gainé. Comme cet article ne se trouve pas dans le commerce, voici comment on peut le fabriquer :

On enfle trois conducteurs *bien isolés* dans une gaine blindée d'assez gros diamètre, aussi souple que possible. Le blindage doit naturellement être relié à la masse. Le tout est glissé ensuite dans un souplis suffisamment gros. Ce câble aura 120 à 130 cm de longueur et se terminera par un bouchon à 5 broches correspondant au support fixé à l'arrière du châssis.

Le panneau ayant est relié au châssis par un câble à 8 fils, terminé par un bouchon octal. Signalons que l'on pourrait aisément suppléer au manque de cette pièce, en récupérant le culot d'une 6A8 morte. Au bouchon correspond un support octal sur le dessus du châssis.

Le câble aura environ 40 cm de longueur, de façon à pouvoir faire la mise au point, le châssis étant sorti du pupitre.

Voyons maintenant le montage. La hauteur étant très limitée, nous avons fixé le support de la AZ1 à 20 mm au-dessous du châssis au moyen de colonnettes. Pour la même raison, nous avons couché les chimiques à plat sur le châssis. Ceux que nous avons employés étaient du type carton, mais d'autres modèles peuvent convenir.

Le contacteur des sensibilités sera à une galette, deux circuits (ou, à la rigueur, deux galettes à un seul circuit), six positions. Veiller à un bon isolement et à l'absence de rupture entre contacts, qui fera faire des bonds malsains au galvanomètre, lors du changement de gamme. Si on ne peut se procurer une résistance à prises de 500 ou 1.000  $\Omega$ , il faudra se débrouiller en enroulant du fil résistant sur un mandrin en porcelaine ou en bakélite, et faire des colliers appropriés.

Le transformateur devra avoir les caractéristiques suivantes :

Haute tension :  $2 \times 250$  V(60 mA)<sub>2</sub>

Chauffage valve : 4 V(1 A).

Chauffage lampes : 6,3 V(1 A).

Si possible, avec écran statique.

Cette pièce serait facile à obtenir en parlant d'un modèle ancien 4 V, auquel on ajouterait quelques spires. S'il faut le bobiner, voici les données :

Section du noyau de fer : 20 x 25 mm.

Primaire 110 V : 1.200 spires (40/100).

Secondaire H.T. :  $2 \times 2.500$  spires (10/100).

Secondaire 4 V : 50 spires (55/100).

Secondaire 6,3 V : 78 spires (55/100).

Le câblage même se passe de commentaires, le plan guidera utilement. Recommandons simplement l'emploi de pièces de bonne qualité, soigneusement vérifiées. *Tout ce qui touche à la grille doit être isolé avec un soin jaloux.*

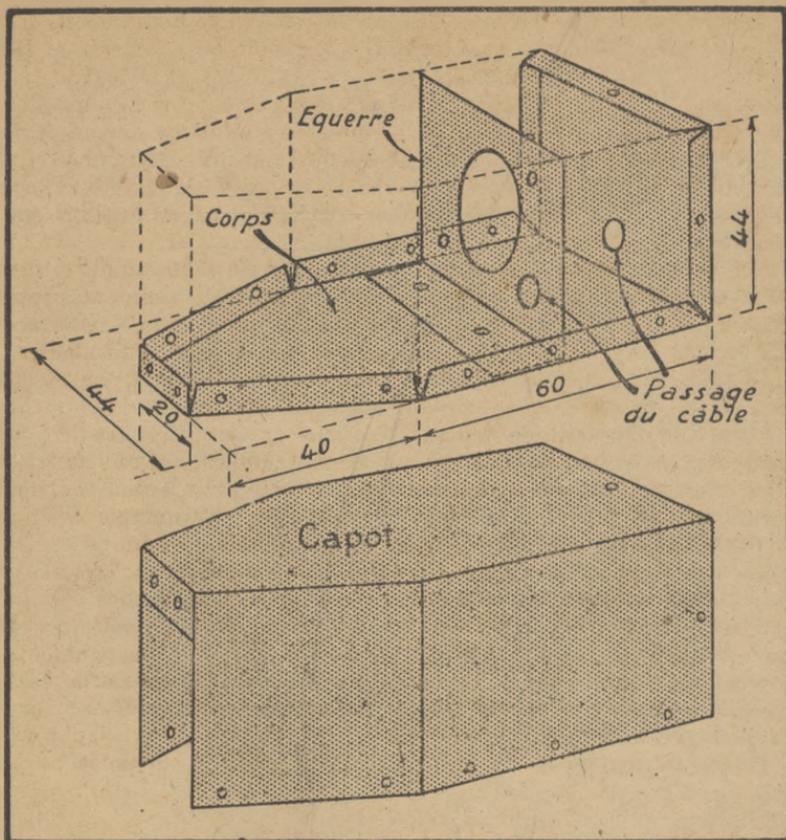


Fig. 11. — Le boîtier du probe.

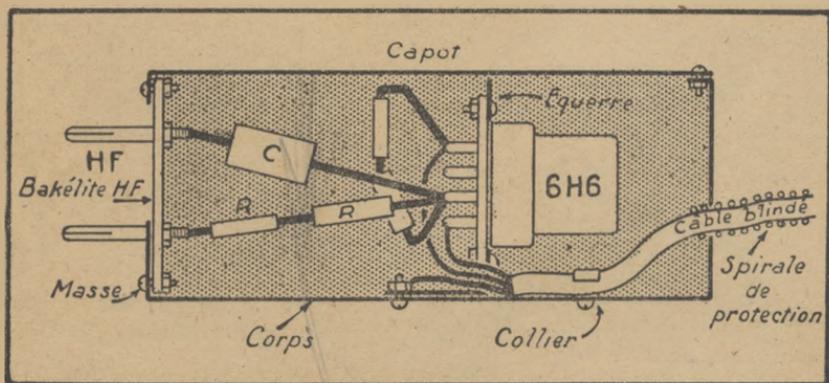


Fig. 12. — Le probe en coupe, montrant la disposition à l'intérieur.

## XII. — VERIFICATION ET MISE AU POINT DE LA STABILISATION

Le câble étant terminé et vérifié à vue, on branche l'appareil sur le courant, *le galvanomètre étant hors circuit*. Après quelques secondes, la lampe au néon doit s'allumer. La tension à ses bornes sera alors de l'ordre de 95 V, la résistance  $r$  étant mise en court-circuit. Pour être au bon milieu de sa plage, le courant dans le stabilisateur doit être de 45 à 50 mA pour la tension *normale* du secteur. Pour le ramener à cette valeur, on pourra agir sur la résistance dite de 1.500  $\Omega$  dans le filtrage.

Si tout est correct, on branchera le galvanomètre avec, en série, un potentiomètre de 500.000  $\Omega$ , monté en rhéostat. Pour commencer, on le mettra à sa plus grande valeur, et, si rien ne paraît anormal, on diminue sa résistance graduellement, en allant vers zéro. Cette précaution n'est nullement superflue quand on sait combien facilement un instrument aussi fragile peut être endommagé.

Voici comment est faite la mise au point de la stabilisation : On alimente l'appareil à partir d'un survolteur-dévolteur (1), réglé primitivement sur 110 V, et on se place sur la sensibilité 1;5 V, avec 2,25 M $\Omega$  dans la grille et environ 300  $\Omega$  dans la cathode. A la place de  $r$ , on a mis un bout de fil résistant d'environ 2  $\Omega$ . L'appareil étant chaud (après 1 à 2 minutes), on branche le galvanomètre avec son rhéostat que l'on réduit progressivement. La déviation est réduite à zéro par la résistance cathodique.

Cela étant, on passe de 110 à 130 V au primaire et on attend, du fait de l'inertie thermique des filaments, la stabilisation n'étant atteinte qu'au bout de deux minutes environ. La déviation du galvanomètre sera alors très probablement différente de zéro. Si elle est *positive* (c'est à dire dans le sens des aiguilles d'une montre), *la valeur de  $r$  est trop grande*, et inversement. On rebouche alors la longueur du fil résistant et on refait la mesure, jusqu'à ce que la déviation soit nulle pour toutes les tensions primaires entre 100 et 130 V. Il ne reste plus alors qu'à monter proprement le fil résistant sur un support convenable, par exemple une petite plaquette en bakélite munie de deux cosses à souder. On aura soin de répéter l'expérience,  $r$  étant en place, en guise d'ultime vérification.

Comme on voit, cette mise au point est très simple à faire et demande moins d'une heure de travail.

## XIII. — L'ETALONNAGE

Pour ce travail, nous avons besoin d'un voltmètre alternatif *précis*, car il est évident qu'au cas le plus favorable, *la précision d'étalonnage*

(1) A défaut d'un survolteur-dévolteur, on peut se servir d'un transformateur de poste quelconque fait pour plusieurs tensions. On peut, alors, obtenir généralement les tensions 110—130—150 V et, en survoltant le primaire, encore 90 et 100 V environ, ce qui est amplement suffisant.



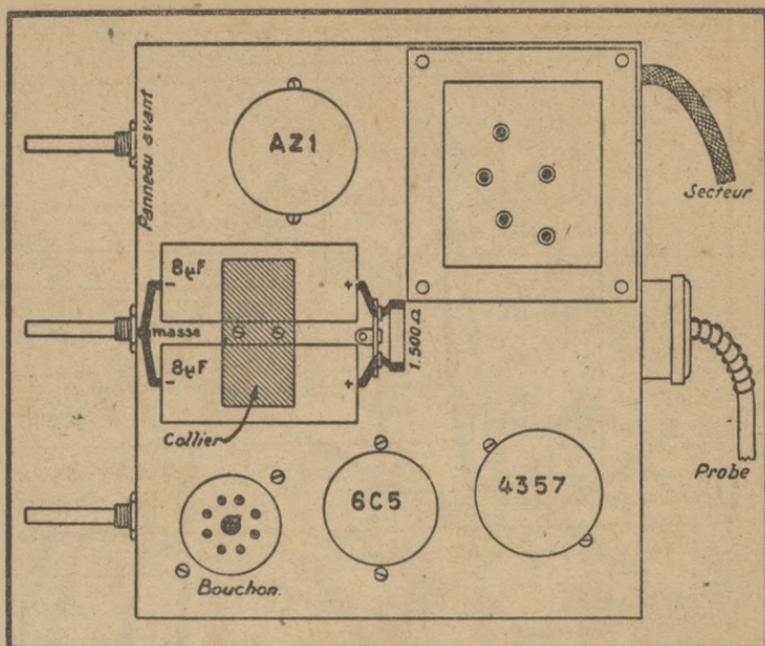


Fig. 14. — Disposition du châssis vu d'en haut.

ne saurait être supérieure à celle de l'appareil étalon. Comme l'étalonnage ne demande que quelques heures, on pourrait encore emprunter un appareil pour le faire. Enfin, au cas où même cela serait impossible, on constituera par avance les résistances disposées sur la

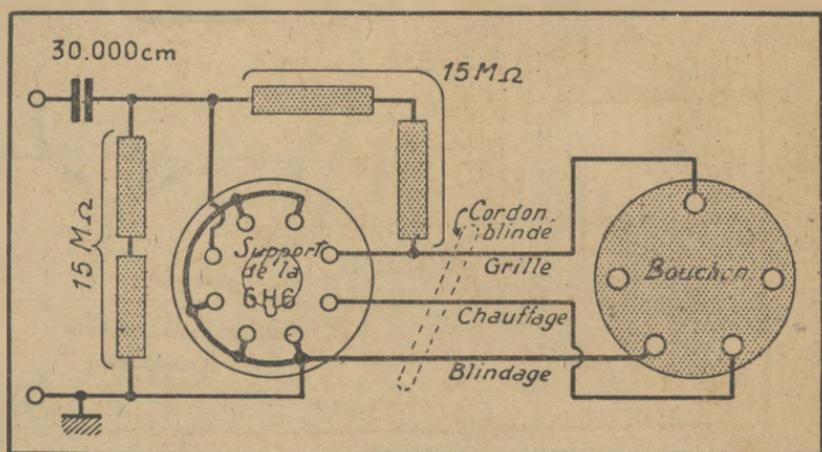


Fig. 15. — Connexion entre probe et bouchon.

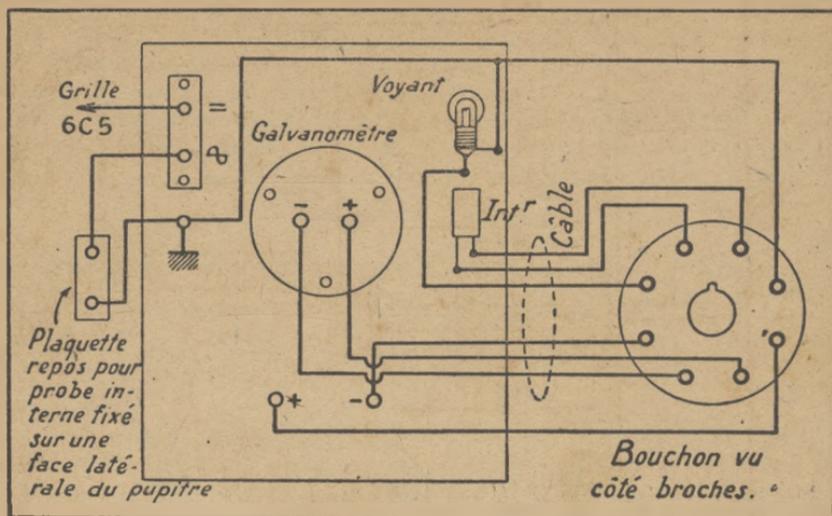


Fig. 16. — Disposition et câblage du panneau avant, vu pa derrière.

plaquette et on se contentera simplement d'ajuster les zéros de chaque sensibilité, en agissant sur les colliers de la résistance à prises. Les valeurs indiquées ont été relevées sur notre prototype, mais du fait des différences entre les tubes et pièces employées, la précision ne saurait être supérieure à 5, voire 10 %.

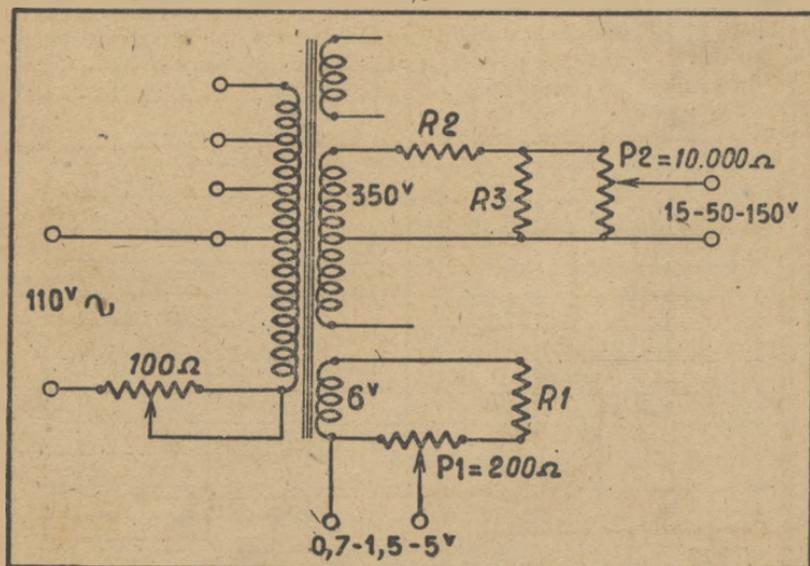


Fig. 17. — Montage d'étalonnage.  
Les tensions sont fournies par un transformateur.

Ensuite, il nous faut une source de tensions alternatives pour l'étalonnage. Ce sera un transformateur de poste normal, branché selon la figure 17. Nous y voyons un rhéostat de  $100\ \Omega$  monté dans le circuit primaire et servant au réglage *fin*. Pour le réglage *gros*, nous aurons soit un potentiomètre de  $200\ \Omega$   $P_1$ , soit un autre de  $10.000$  bobiné  $P_2$ . Les résistances  $R_1$ ,  $R_2$  et  $R_3$  serviront à faire cadrer les limites de réglage au mieux, selon le tableau suivant :

Sensibilité	prise sur	$R\ \Omega$	$R_3\ k\ \Omega$	$R_2\ k\ \Omega$
0,7 V	$P_1$	1.000	—	—
1,5 V	$P_1$	500	—	—
5 V	$P_1$	0	—	—
15 V	$P_2$	—	50	<sup>2</sup>
50 V	$P_2$	—	50	éliminée
150 V	$P_2$	—	10	éliminée

La résistance de  $50.000\ \Omega$  sera de 2 W, la  $10.000\ \Omega$  de 5 W. Nous conseillons de réaliser ce montage avec soin ; l'étalonnage en sera grandement facilité et même agrémenté.

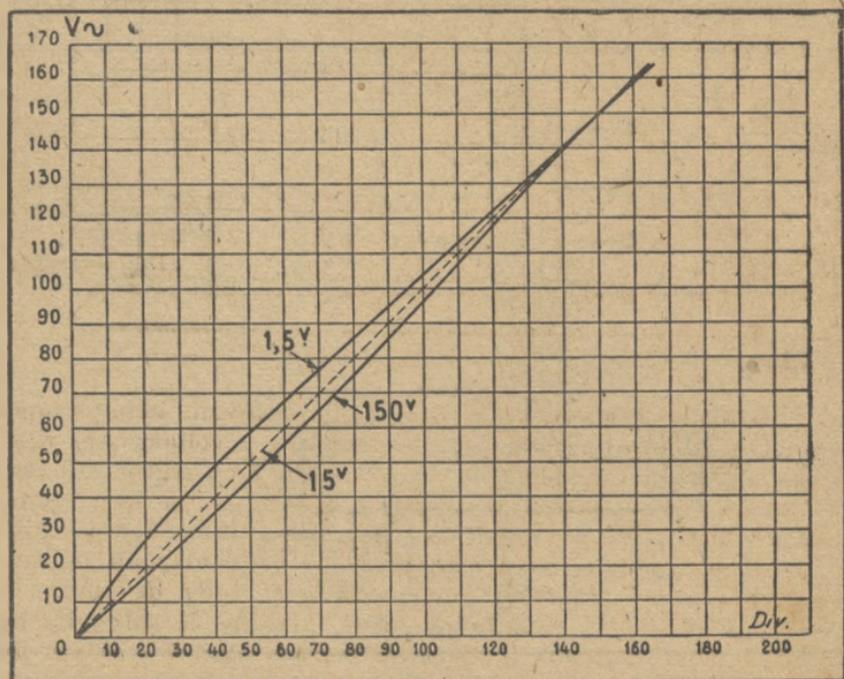


Fig. 18. — Courbes d'étalonnage des gammes 1,5—15 et 150 V. On voit que la courbe pour 15 V est une droite.

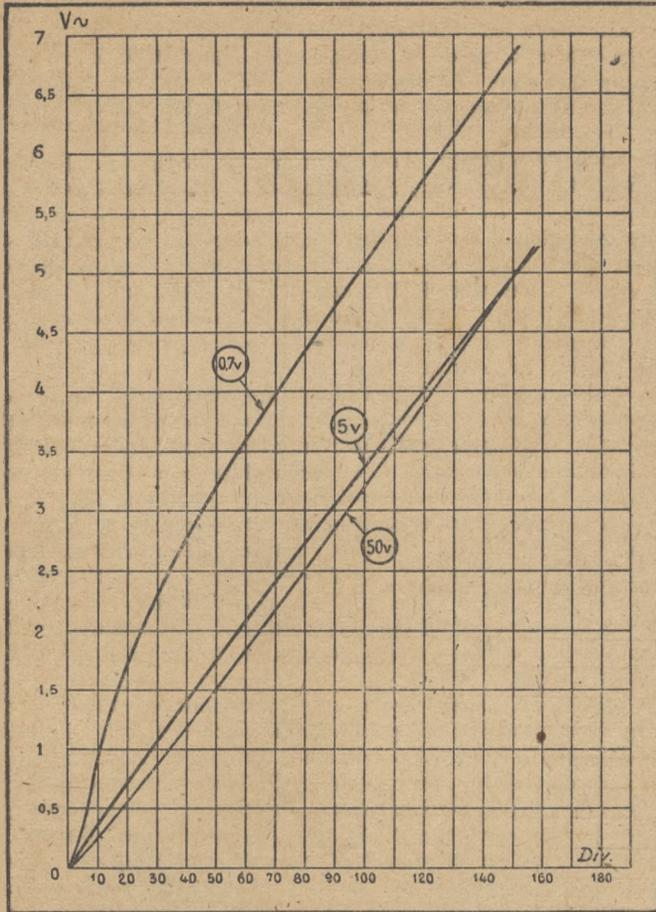


Fig. 10. — Courbes d'étalonnage des gammes 0,7— 5 et 50 V.

Tout d'abord, nous ferons *cadrer* les sensibilités, sans nous occuper de la question de courbe. Pour cela, la résistance à colliers sera remplacée par un rhéostat de 500 à 1.000 $\Omega$ , permettant un réglage du zéro plus commode. Nous commencerons par la sensibilité 1,5 V. La résistance du diviseur grille préconisée est de 2,25 M $\Omega$ . Nous composerons cette valeur approximativement avec plusieurs éléments, s'il le faut, et nous brancherons l'appareil, *sans encore appliquer de tension* à l'entrée du probe. Après 30 secondes, nous mettrons le galvanomètre en circuit, qui déviara dans un sens ou dans l'autre. Au moyen du rhéostat de cathode, nous rétablirons le zéro assez exactement, puis nous appliquons 1,5 V à l'entrée. L'aiguille doit s'arrêter sur la dernière division (200  $\mu$ A). *Si elle ne va pas assez loin*, la résistance de 2,25 M $\Omega$

est *trop faible*, et inversement. On la modifie alors dans le sens approprié et on recommence l'essai. Après quelques tâtonnements faits à bon escient, le cadrage de la gamme 1,5 V est réalisé, et on répète la même opération pour la résistance de 0,55 M $\Omega$  de la sensibilité 5 V. Ensuite, viennent successivement les gammes 15, 50, 150 et, en dernier, 1,5 V.

L'opération de *cadrage* étant terminée on commence l'*étalonnage* proprement dit, qui consiste à déterminer les divisions intermédiaires. L'examen des courbes d'*étalonnage* (fig. 18 et 19) nous montre que dans les gammes de tensions faibles, la concavité est tournée vers le bas, alors que c'est l'inverse pour les gammes des tensions élevées. La courbe de 15 V est une droite, aux erreurs d'*étalonnage* près. Nous avons donc fait établir une échelle de 0 à 150 en divisions équidistantes, qui servira de base de départ et, par la suite, pour les sensibilités en voltmètre continu.

Pour commencer, nous allons substituer au rhéostat de cathode le potentiomètre à prises, que nous réglerons définitivement, et avec beaucoup de soin. Reprenons maintenant la sensibilité 1,5 V, et contrôlons le cadrage sur 0 et 1,5 V. Si tout va bien, nous pourrions prendre les points de la courbe d'*étalonnage*. Pour cela, nous notons les déviations correspondant aux tensions de 0,1 — 0,2 — 0,3... 1,5 V. La courbe que nous tracerons sur papier millimétré aura l'aspect de celle de la figure 18. En procédant de même, nous relèverons les courbes des gammes 5 — 15 — 50 — 150 et 1,5 V, la plus délicate, puisque très sensible. Nous insistons sur le fait que ce travail, *nullement difficile*, demande un *grand soin* pour être mené à bonne fin. *Toute la précision obtenue en dépendra.*

Les courbes une fois tracées, nous démonterons délicatement le cadre de l'instrument pour y tracer les 5 échelles, celle équidistante du courant continu étant la sixième. Les échelles, seront disposées comme suit, du haut en bas : Gamme 15 V, courant continu et 150 V, 50 et 5 V, 1,5 et 0,7 V, deux par deux. En adoptant pour chaque groupe de 2 gammes une couleur différente, le tout devient plus lisible et plus attrayant. Ce travail doit être exécuté avec minutie et précision, et si on n'en a pas d'habitude, mieux vaut le confier à un dessinateur.

Il ne reste alors plus qu'à remonter le tout et à révérier, et l'appareil est prêt à servir.

Pour donner à l'appareil le cachet professionnel qu'il mérite, on pourra le faire vernir au four avec un vernis craquelé qui a l'avantage d'être très résistant. Les trois axes de commande seront équipés de boutons flèche, comme il est d'usage pour les appareils de mesure. Avec de la peinture blanche, on portera les indications correspondantes. Enfin, il n'est pas mauvais de monter le pupitre sur quatre pieds en caoutchouc.

# Réalisation d'un Voltmètre à lampes de service

## XIV. — SON INTERET

Peut-être y a-t-il des lecteurs qui ont trouvé le voltmètre à lampes de laboratoire précédemment décrit bien compliqué avec ses quatre tubes. On ne peut posséder toutes les qualités à la fois... Cependant, si un étalonnage très précis et une stabilité exemplaire ne sont point nécessaires (ce qui arrive la plupart du temps...), il serait bien vain de se compliquer l'existence. Et dans le chapitre consacré aux *Mesures* qui suit, on verra que le voltmètre à lampes sert presque toujours simplement d'indicateur.

Nous avons donc voulu présenter un second appareil, bien plus simple, puisque ne nécessitant que deux tubes. Sans dispositif de stabilisation, il *varie très peu* avec le temps et les tensions du secteur. *Quatre gammes* sont prévues : 3 — 10 — 30 et 100 Veff. La mise au point et l'étalonnage sont extrêmement simples, comme on verra plus loin. En plus des mesures en alternatif (H.F. et B.F.), l'appareil permet des *mesures en continu à résistance d'entrée infinie*, avantage n'existant pas dans le voltmètre de laboratoire. Enfin, il peut être utilisé comme *voltmètre de crête*, la *tension inconnue étant équilibrée par un potentiel continu mesuré*, donnant ainsi une *mesure absolue*.

On voit donc que *cet* appareil, bien que très simple, présente un très grand intérêt aussitôt que la précision n'est pas recherchée. Il est, de plus, *robuste* et tout à fait recommandé comme *instrument de service*.

## XV. — LE SCHEMA ADOPTE

Voyons le schéma de principe (fig. 20). Nous constatons que le voltmètre est à une seule lampe, une triode 6Q7 ; les diodes ne servent pas. Le montage est à *détection plaque*, à *polarisation fixe et automatique combinées*. L'instrument de mesure est un milliampèremètre de 0 à 1 mA, diamètre 60 mm. Il est monté dans la cathode.

On sait qu'un faible courant plaque existe encore en l'absence de signal, du fait de la courbure très lente de la caractéristique. On obtient ainsi un *faux zéro*, pratiquement très près du zéro de l'instrument, qui rend difficile la remise au zéro exacte. Nous avons donc prévu un *système de rattrapage du zéro*, qui se compose des résistances de 100 et de 10.000  $\Omega$ . En effet, il se crée aux bornes de la résistance de 100  $\Omega$  insérée dans le diviseur de tension un potentiel de 1 V environ, qui cause dans le circuit de la résistance de 10.000  $\Omega$  et du milliampèremètre un courant d'environ 100  $\mu$ A. Comme ce courant va dans le sens *inverse* du courant cathodique, il annule ainsi le faux zéro, qui est justement de 100  $\mu$ A.

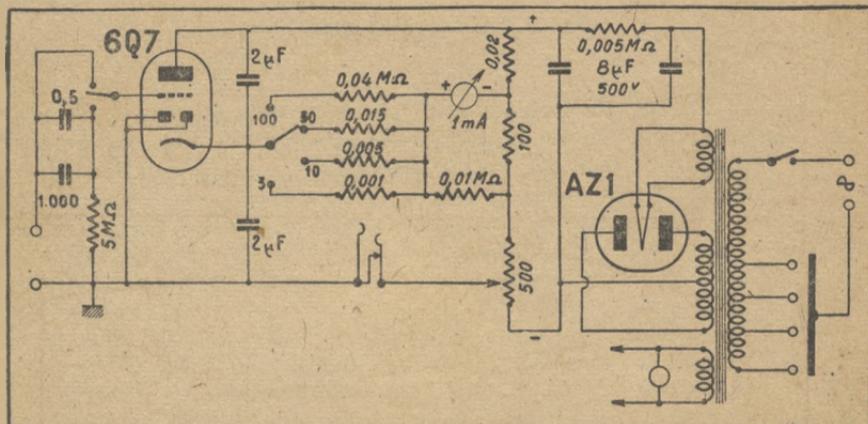


Fig. 20. — Schéma de principe d'un voltmètre à lampes type « de Service ».

Le changement de sensibilité s'opère par un contacteur insertant des résistances d'autopolarisation dans la cathode. Nous avons les 4 gammes 3 — 10 — 30 et 100 Veff, correspondant aux résistances 1.000 — 5.000 — 15.000 et 40.000  $\Omega$ . Le potentiomètre de 500  $\Omega$  sert à la remise au zéro, en réglant la polarisation fixe.

Voyons maintenant le circuit d'entrée. La grille de la 6Q7 est reliée à un inverseur qui la branche soit directement à la borne d'entrée (dans le cas où le circuit extérieur n'est pas coupé par un condensateur et où il n'y a pas de superposition du continu à l'alternatif) soit à travers un condensateur, ou plus exactement deux en parallèle, l'un de 0,5  $\mu$ F et l'autre de 1.000 cm au mica, très bien isolés. Dans ce cas, la grille possède une fuite de 5 M $\Omega$  vers la masse.

Le condensateur au papier de 0,5  $\mu$ F laisse passer les fréquences les plus basses sans leur offrir une impédance trop élevée. Mais aux hautes fréquences, ses pertes deviennent trop fortes et là le condensateur au mica constitue pour la H.F. un passage plus aisé.

La cathode et la plaque sont découplées par 2  $\mu$ F au papier, court-circuitant ainsi l'alternatif. Ces condensateurs seront également très bien isolés.

Entre la borne « masse » de l'entrée et le curseur du potentiomètre, est intercalé un jack à 3 lames, qui permet d'intercaler une tension continue pour les mesures des tensions de crête, comme on verra plus loin. En l'absence de fiche, le curseur est à la masse.

L'alimentation, enfin, est normale. Le transformateur donne  $2 \times 250 \text{ V} - 15 \text{ mA}$  (sinon plus),  $6,3 \text{ V} - 0,6 \text{ A}$  et  $4 \text{ V} - 1 \text{ A}$  pour la valve, qui est une AZ1. Le filtrage est assuré par 2 condensateurs de  $8 \mu\text{F}$  ( $450 \text{ V}$ ) et une résistance de  $5.000 \Omega$  ( $2 \text{ W}$ ). L'interrupteur du secteur est monté sur le potentiomètre.

Un petit voyant lumineux ( $6 \text{ V} - 0,3 \text{ A}$ ) complète l'ensemble.

## XVI. — LE MONTAGE

L'appareil est monté dans un coffret en tôle soudée, avec des rebords pour la fixation du panneau (fig. 21). Toutefois, un coffret en bois pourrait aussi faire l'affaire. Tout le montage est fait sur le panneau,

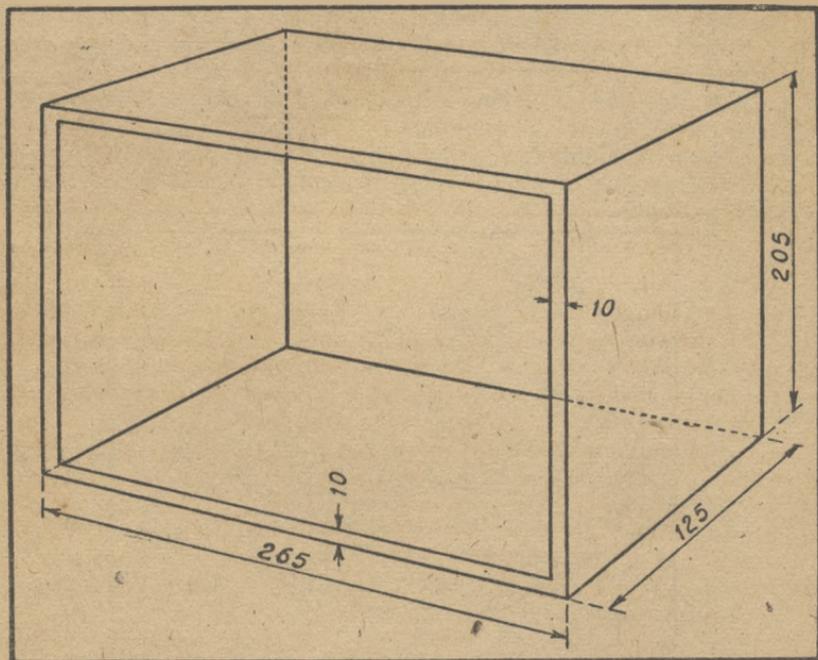


Fig. 21. — Aspect et cotes du coffret.

dont la figure 22 montre l'aspect. Derrière ce panneau est monté un pseudochâssis qui est représenté coté, avant le pliage dans la figure 22, et plié dans la figure 23. Il est exécuté en aluminium de  $15/10$  ou tôle de  $10/10 \text{ mm}$

Enfin, la figure 25 montre la disposition des pièces derrière le panneau. On y remarquera le carré de bakélite qui supporte la borne d'entrée, ainsi très bien isolée. A la place des deux condensateurs électrolytiques, on peut en employer un double. S'ils sont du type aluminium, veiller à l'isolement du pôle négatif, qui n'est pas relié au châssis.

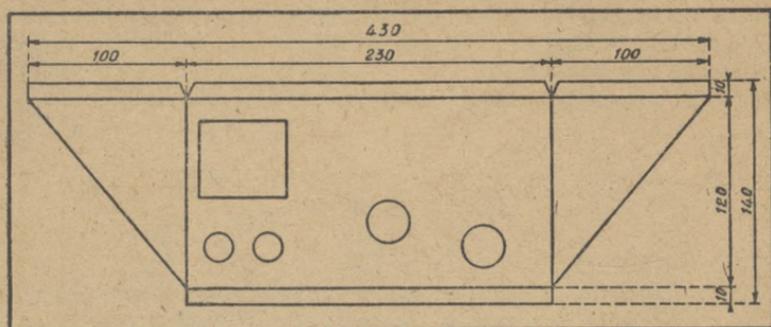


Fig. 22. — Plan du châssis avant pliage.

Les deux interrupteurs tumblers (dont l'un est un inverseur) seront bien isolés et à enclenchement sûr. En particulier, celui qui se trouve dans la grille sera de très bonne qualité.

Le jack doit être à 3 lames ou plus, et il est bon de s'assurer qu'il correspond réellement au montage.

Le combinateur doit être à enclenchement doux, mais sûr. La galette sera de très bonne qualité, à 1, 2 ou 3 circuits, peu importe. Il doit y avoir 4 positions.

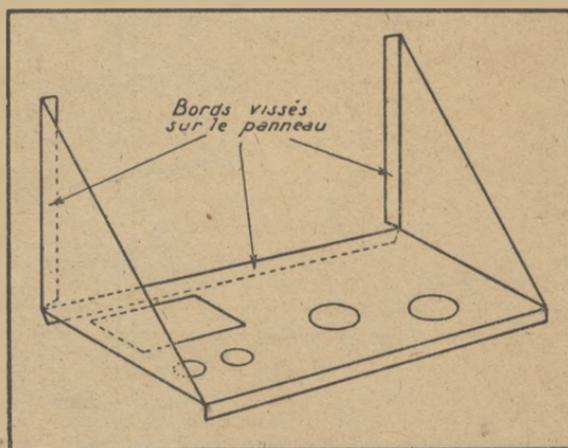


Fig. 23. — Aspect du châssis plié, prêt à être fixé sur le panneau.

Le potentiomètre est du type bobiné, 500 $\Omega$ . C'est un organe que l'on trouve sur les anciens postes à batteries pour la tension écran. Il faudra isoler son axe du panneau.

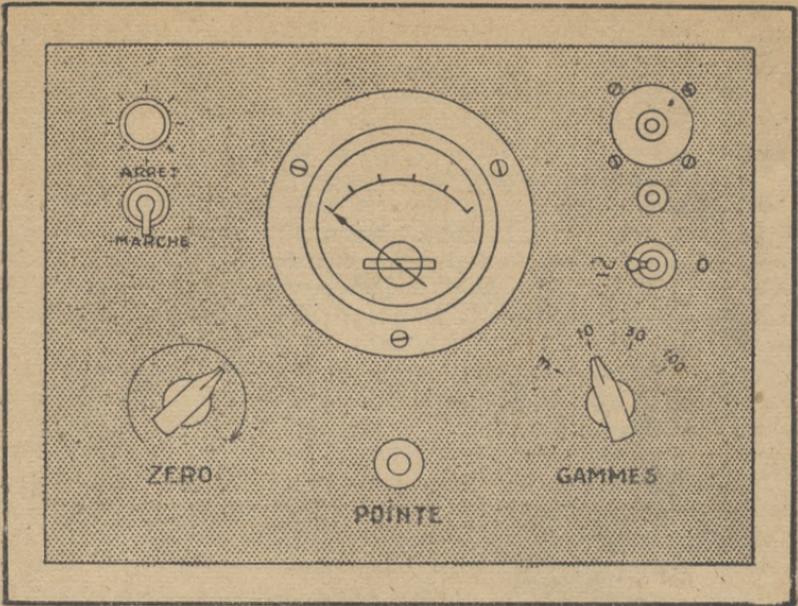


Fig. 24. — Comment se présente le panneau avant.

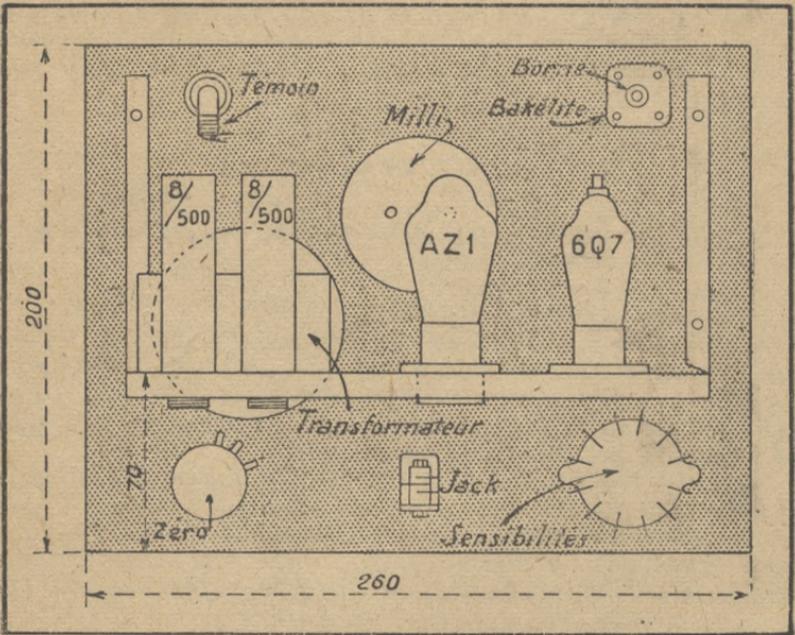


Fig. 25. — L'appareil fini, vu par derrière.

Enfin, le milliampèremètre sera de 0 à 1, diamètre 60 mm. Si l'on désire monter un 80 mm, l'appareil ne ferait qu'y gagner. La remise à zéro est superflue, de même qu'un miroir. Si l'on désire coller des échelles à lecture directe, il faut spécifier dès la commande une aiguille à long couteau. Enfin, le boîtier est du type encastré à bornes arrière. Un bon amortissement est impoissant.

Soulignons encore la nécessité d'un *isolement particulièrement bon* des condensateurs dans la grille, ainsi que des 2  $\mu$ F de *découplage cathode et plaque*, que l'on pourrait choisir du type P.T.T., isolés à 1.500 V. On sait que l'appareil le plus sensible pour détecter les fuites dans un condensateur est la lampe au néon, alimentée sous quelque 200 V continu.

La partie électrique est trop simple pour justifier l'existence d'un plan de câblage. Il suffira de monter les pièces une fois vérifiées selon le schéma. Pour plus de commodité, on fixera sur le contacteur une plaque pour 7 résistances. le câblage en sera rendu plus commode.

Il est facile d'utiliser la 6Q7 en *probe*. A cet effet, on prend 1,50 m de fil souple 4 conducteurs *très bien isolé*, et on fixe sur un bout un bouchon octal (fait au besoin avec le culot d'une lampe morte), et sur l'autre un support octal, vissé dans une minuscule boîte pour protéger les lamelles nues du contact. Entre cathode et masse d'une part, et cathode et plaque d'autre part, on soude aussi serré que possible un condensateur de 2 à 5.000 cm mica, comme découplage H.F. A cette condition, la longueur du cordon est sans influence.

L'emploi du *probe* (particulièrement recommandé pour les mesures en H.F.) en découle : On retire la 6Q7, qui est ensuite enfoncée dans le support du *probe*, et on branche le bouchon sur le support du châssis. Il faut alors veiller à ce que la grille ait une fuite vers la masse.

## XVII. — L'ÉTALONNAGE

Le voltmètre à lampes, type *de service*, est très simple à étalonner. Le travail se fait en deux parties :

- 1° Le *cadrage des sensibilités*.
- 2° Le *relevé des courbes d'étalonnage*.

Nous commençons par le *cadrage*, qui consiste à étalonner les quatre résistances branchées dans la cathode de façon à faire correspondre la fin de l'échelle à 3, 10, 30 et 100 V respectivement. A cet effet, les montages des sources de tensions décrits lors de l'étalonnage de l'appareil de laboratoire peuvent être employés.

Commençons par la sensibilité 3 V. La résistance cathode est approximativement égale à 1.000  $\Omega$ . Cette résistance étant montée et l'appareil convenablement en régime (après 5 minutes de marche) et remis au zéro, on applique 3 V alternatif entre la grille et la masse. *Si la déviation dépasse 1 mA, la résistance est trop faible, et inversement*. Le *cadrage* étant ainsi terminé de façon satisfaisante, ce qui demande quelques essais consécutifs, on passe à la sensibilité suivante, 10 V, puis 30 et 100 V.

Normalement, cette opération requiert l'emploi d'un voltmètre précis pour courant alternatif. Cependant, grâce au fait que l'appareil peut servir de voltmètre de crête à tension d'équilibrage, nous allons pouvoir nous en passer et faire notre étalonnage avec un simple voltmètre continu.

A cet effet, le zéro étant fait, nous appliquons une tension alternative aux bornes d'entrée, et nous obtenons une certaine déviation. Par le jack, nous introduisons une tension continue réglable et mesurable, et de polarité convenable, le moins étant du côté masse (fig. 26). Pour un certain réglage, correspondant à un potentiel continu  $E_c$ , le zéro est rétabli. A ce moment, il y a égalité entre  $E_c$  et la valeur de crête de  $E_x$ . Si la tension alternative est sinusoïdale (ce qui est approximativement réalisé pour le secteur), on a  $E_x = 0,707E_c$ , autrement dit, 10 V continu correspondent à 7,07 V alternatif.

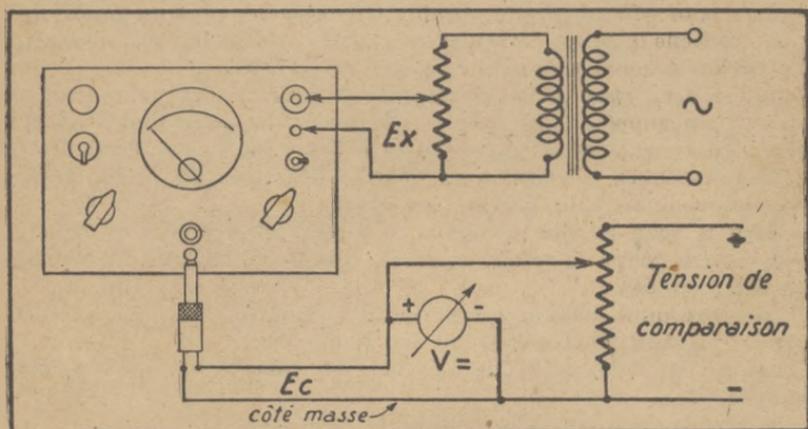


Fig. 26. — Montage pour la mesure d'une tension de crête par contre-polarisation, permettant l'étalonnage en alternatif avec un voltmètre continu.

Pour faire l'étalonnage, on détermine donc d'abord la tension alternative de crête avec soin, on en déduit la tension efficace, et on en note la valeur pour la déviation ainsi obtenue. En procédant ainsi, il est possible de déterminer autant de points que nécessaire (une dizaine par échelle), permettant de tracer la courbe d'étalonnage. Il y aura 4 courbes en alternatif, et 4 autres en continu, assez semblables. La courbe est d'autant plus forte, que la tension de la gamme est plus faible. Pour 100 V, on obtient une courbe pratiquement droite.

Eventuellement, on pourrait alors envisager le tracé direct, mais la place disponible est bien juste, si c'est un appareil de 60 mm. Aussi, ne le conseillons-nous pas. D'après le courant, on peut déjà estimer la tension d'une façon très approximative. Pour une mesure précise, on se referrera aux courbes. D'autre part, comme l'étalonnage varie avec le temps, il est plus commode de retracer une courbe plutôt que de refaire le chiffre d'un cadran.

# Les applications du Voltmètre à lampes

## XVIII. — GENERALITES

Dans ce qui suit, nous n'avons nullement la prétention de présenter au lecteur un grand nombre de méthodes plus ou moins baroques, farcies de belles formules pour *épater le bourgeois*, et que peu d'expérimentateurs sauraient appliquer avec fruit.

Par contre, nous nous proposons de fournir des renseignements essentiellement pratiques pour la mesure et l'essai de toutes les grandeurs intéressant les circuits oscillants. Dans cet exposé, bien des méthodes classiques peu pratiques ont été délaissées au profit d'autres, présentant une manipulation plus aisée.

Dans le sens le plus général, un circuit électrique sur lequel on peut être appelé à faire des mesures, comprend les trois éléments essentiels suivants :

UN GÉNÉRATEUR D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE ou source, fournissant la différence de potentiel nécessaire au fonctionnement.

LA (ou les) CONSOMMATEURS D'ÉNERGIE ou charges, dissipant l'énergie fournie, et

LE ou les INSTRUMENTS DE MESURE.

Selon la fréquence à laquelle on opère (courant continu ou fréquence zéro, basse et haute fréquence), la nature de ces trois éléments fondamentaux est différente. Pour bien faire comprendre la généralité de ce principe, nous le résumons dans le tableau suivant :

FRÉQUENCE DE MESURE	SOURCE	CHARGE	INSTRUMENT DE MESURE
0 (courant continu)	Pile. Accumulateur,	Résistances	Ga vanomètre
50 — 20 000 Hz (basse fréquence)	Buzzer, générateur B. F.	Résistances Self-inductions Capacités	Galvanomètre c. a. Ecounteur Voltmètre à lampes
50 kHz — 50 MHz (haute fréquence)	Hétérodyne générateur HF	Résistances Self-inductions Capacités	Voltmètre à lampes Thermocouple.

(Pour plus de clarté, nous avons omis le cas plus complexe des machines tournantes).

Chacun de ces trois éléments peut être *inconnu* ou, au contraire, connu avec précision (*étalon*). Quelquefois, son rôle peut-être accessoire et sa valeur n'interviendra pas dans la mesure.

La *précision* de nos étalons est très variable. L'étalon le moins cher et le plus précis est sans doute la résistance. Dans le laboratoire on emploie généralement des étalons d'une tolérance de 0,1 à 1 %, ce qui n'est pas vilain. Pour les capacités et self-inductions, on obtient presque la même valeur. La précision d'une hétérodyne est déjà moins bonne, on peut compter 0,5 à 3 %, selon le modèle. (Disons, toutefois, qu'il existe des générateurs de haute précision, pilotés par quartz, dont la précision atteint le millionième.) Enfin, la précision d'un voltmètre à lampes et généralement comprise entre 1 et 3 %, ce qui est le moins favorable.

Or, un calcul d'erreur élémentaire nous montre, que la précision d'une mesure est en tout cas inférieure à celle des étalons utilisés. Pour se placer systématiquement dans le cas le plus favorable, il faut donc choisir une méthode, qui ne fasse entrer dans le calcul de l'inconnue que le moins de variables possibles (car l'erreur totale est égalé à la somme des erreurs partielles), et emploie les variables (ou étalons) les mieux définis.

Ainsi, un circuit contenant un voltmètre à lampes précis à 3 % ne donnera qu'un résultat exact à moins de 3 %, si la lecture intervient dans la formule ; par contre, dans une méthode de faux zéro, où il s'agit simplement d'obtenir deux fois la même déviation, l'exactitude du résultat n'est pas affectée par la tolérance du voltmètre à lampes. Si les deux méthodes sont proposées au choix, il faudra recourir à la seconde sans hésitation.

## XIX. — MESURES EN HAUTE FREQUENCE

### 1° L'outillage nécessaire.

Nous aurons besoin d'un *générateur H.F.* ou, plus simplement, d'une *hétérodyne*, qui doit être *rigoureusement étalonnée*, soit directement, soit par courbes. Nous préférons presque ce dernier mode, puisqu'il permet, assez facilement, d'obtenir une précision plus grande et un réétalonnage plus facile.

Il est très commode de disposer d'un atténuateur, à condition qu'il soit réellement efficace, ce qui n'est obtenu qu'au prix d'un blindage sérieux. Par ailleurs, on doit pouvoir déterminer des écarts de fréquence très faibles, ce qui n'est pas toujours le cas. Finalement, on doit pouvoir opérer en H.F. pure, la modulation étant supprimée.

Les mesures se feront au moyen du voltmètre à lampes, type laboratoire ou, plus simplement, type service.

Enfin, nous avons besoin d'un condensateur étalon. Pour des raisons de commodité, nous l'avons monté sur une platine spéciale, où il constituera un *adaptateur de mesures* que nous décrirons brièvement ci-dessous.

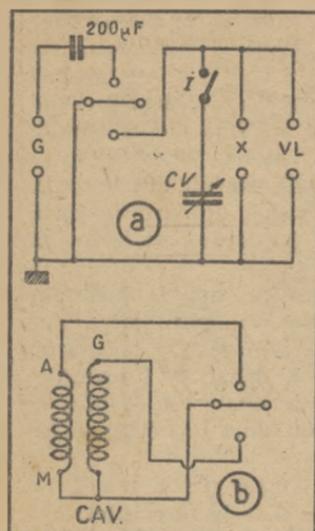


Fig 27. — Schéma de l'adaptateur.

## 2° Adaptateur de mesures.

La figure 27 montre le schéma de l'adaptateur, dont le rôle est de simplifier les branchements et d'éviter les montages à fils volants. Le générateur est branché aux bornes  $G$ , dont l'une le relie au pied « grille » d'un support européen à 4 broches, à travers un condensateur de 200 pF. Les pieds « filament » sont à la masse. Enfin, la plaque va à l'une des bornes de mesures  $X$ , du voltmètre à lampes  $VL$  et, à travers l'interrupteur  $I$ , au stator du condensateur étalon  $CV$ .

Le support à 4 broches ne recevra pas de lampe, mais des bouchons à divers usages, dont il sera question plus loin. Insistons sur l'excellente qualité des pièces utilisées, car leurs pertes s'ajouteront aux pertes de l'échantillon examiné qui paraîtra plus mauvais qu'il ne l'est. Le condensateur variable devra être très rigide, muni

d'un démultiplicateur sûr et sans aucun jeu, et permettre une lecture très précise. Il sera de préférence monté sur quartz, aménité ou trolitul. Signalons, que l'on trouve parfois des modèles excellents du temps du poste-batteries, mais qu'il faut les examiner avec une méfiance redoublée.

L'interrupteur pourrait être un « switch » de JEANRENAUD ou autre type haute fréquence. Tout interrupteur type tumbler sera à proscrire, à cause des pertes. Au pis-aller, on pourrait le remplacer par un cavalier monté sur une plaquette de bakélite.

Enfin, les prises seront constituées par des plaquettes de bakélite de bonne qualité.

La figure 28 montre l'ensemble de la platine. L'index de lecture pourrait être constitué par une bande de cellulose avec un trait fin au milieu, si rien de meilleur n'est prévu.

## 3° Etalonnage du condensateur étalon.

Il importe de connaître exactement la courbe de variation du condensateur variable. Pour cela, nous nous procurerons les condensateurs suivants au mica, étalonnés à  $\pm 1\%$ , sinon mieux :

10 — 25 — 50 — 100 — 200 et 500 pF.

Il existe suffisamment de fabricants de condensateurs fixes et de bobineurs qui peuvent les fournir à bon compte.

Ensuite, il reste à adapter un bobinage sur un culot à 4 broches. Un accord P.O. ou G.O. quelconque fera bien l'affaire. On reliera (fig. 27b) l'antenne au pied « grille », la grille au pied « plaque », et les deux autres (CAV et masse) aux pieds « filament ». Le culot porteur du bobinage est alors enfoncé dans le support à 4 broches de l'adaptateur. Reste à brancher G et VL, et on met en route. Le CV est débranché. Un condensateur étalon au mica, mettons de 100 pF, est connecté en X.

En tournant le bouton de l'hétérodyne, on doit trouver un accord très pointu qui se manifeste par la déviation maximum du VL. On ne touche alors plus à l'hétérodyne et, le condensateur étant enlevé, on met CV en circuit au moyen de I. En tournant le bouton, on retrouve la résonance. A ce moment, la capacité du CV est égale à 100 pF.

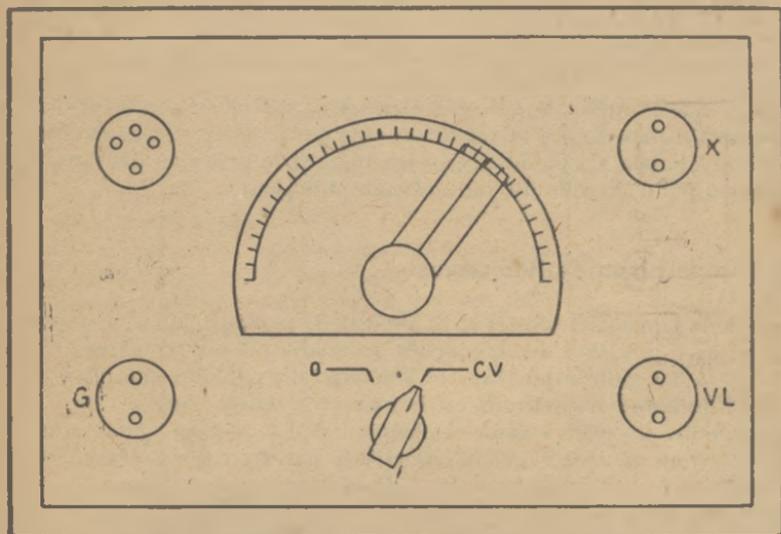


Fig. 28. — Présentation de la platine de l'adaptateur

En procédant de la même façon pour les autres étalons seuls et groupés, on relèvera un nombre de points plus que suffisant pour tracer une courbe précise. En effet, en plus des points 10, 25, 50, 100, 200 et 500, nous aurons 35, 60, 75, 125, 150, 175, 250, 300, 350, 400 et 600 pF.

#### 4° Mesure d'un condensateur.

Cette manipulation découle immédiatement de la précédente. On recherche à l'hétérodyne la pointe de résonance du circuit oscillant formé par le bobinage d'accord et le condensateur inconnu, CV étant hors circuit. Ensuite on enlève l'inconnu et on remet en circuit CV. On trouvera la résonance à l'aide de l'étalon (à condition que X tombe dans les

limites de variation de CV), et on lit la capacité correspondant au réglage de CV, qui est alors égale à l'inconnue.

Toutefois, nous pouvons aussi mesurer des capacités en dehors de la gamme qui s'étendra, mettons, de 15 à 500 pF. Ainsi, soit à mesurer un condensateur  $C_x$  de 3 pF. Nous mesurons d'abord avec précision un autre, par exemple de 100 pF, puis nous lui ajoutons l'inconnue en parallèle, ce qui porte la capacité à 103 pF.  $C_x$  est alors égal à

$$103 - 100 = 3 \text{ pF.}$$

Cette méthode permet de mesurer les capacités d'entrée des lampes et des voltmètres à lampes.

Pour  $C_x > 500$  pF, nous employons un autre artifice : l'inconnue est mise en série avec un condensateur connu  $C'$ , par exemple de 500 pF.

Si C est la capacité totale, on a  $C_x = \frac{CC'}{C' - C''}$ . Ainsi donc, si  $C' = 500$  et  $C = 450$ , on trouve  $C_x = \frac{500 \times 450}{50} = 4.500 \text{ pF.}$

Notons que la méthode préconisée ci-dessus est basée sur le principe de la substitution. Aussi, la valeur absolue des tensions mesurées par le voltmètre à lampe n'y joue-t-elle aucun rôle. Et la précision des mesures ne dépend point de celle du voltmètre-amplificateur.

### 5° Comparaison de bobinages.

Dans une fabrication de série, il importe de pouvoir étalonner rapidement et avec précision des bobinages semblables à un prototype. Pour ce faire, le bouchon supportant le bobinage d'accord est remplacé par un culot de lampe dans lequel on branche une faible capacité, de 5 pF environ, entre les pieds « grille et plaque ». A défaut d'un condensateur, on réalise une *queue de cochon*, constituée par deux fils isolés torsadés sur quelques cm de longueur. C'est le condensateur d'attaque.

En X, on place alors le bobinage servant de prototype, et on cherche la résonance pour une valeur déterminée de CV ou de la fréquence, en notant la déviation du VL. En remplaçant maintenant l'étalon par les bobinages de la série, on doit retrouver la même déviation au même réglage.

Si l'on retrouve la résonance au même réglage, mais, si la déviation est plus faible, cela montre que le Q du bobinage est plus faible (voir plus loin) ; si la différence est importante, on pourrait même conclure qu'il y a des spires en court-circuit.

Par contre, si la résonance correspond à un autre réglage de CV, cela peut signifier deux choses : La self-induction est différente, ou bien la capacité répartie du bobinage  $C_2$ , qui s'ajoute à CV est différente. D'autres mesures nous permettront de faire la distinction. Pour l'instant, contentons-nous de dire que des bobinages de constitution géométrique identique auront la même  $C_2$ . La comparaison est donc pleinement applicable à la mise au point d'échantillons d'une même série, mais non à des prototypes différents au point de vue du mode d'enroulement.

6° Mesure de la self-induction.

Comme nous venons de voir, la self-induction d'un bobinage se trouve associée inséparablement avec la capacité répartie  $C_2$ , qui est généralement de quelques pF.

Une méthode, très simple, donnant une bonne approximation, consiste à rechercher la résonance du circuit constitué par L et le CV, qui sera réglé à 500 pF, et à lire la fréquence f. On a alors :

$$L = \frac{256 \times 10^8}{f^2 C}, \quad \text{avec } \begin{cases} L \text{ en } \mu\text{H} \\ C \text{ en pF} \\ f \text{ en kC} \end{cases}$$

ou, si on préfère les longueurs d'onde :

$$L = \frac{\lambda^2}{3,5 C}, \quad \text{avec } \begin{cases} \lambda \text{ en m} \\ L \text{ en } \mu\text{H} \\ C \text{ en pF} \end{cases}$$

Comme on ne tient pas compte de  $C_1$ , la valeur sera un peu trop forte : toutefois, comme CV est de 500 pF,  $C_L$  est presque négligeable.

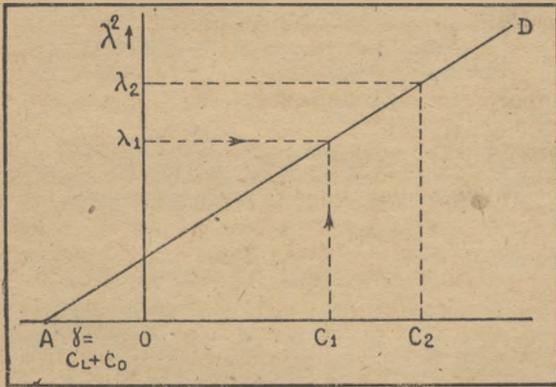


Fig. 29 — Solution graphique de la mesure de  $(C_0 + C_L)$

En plus, il y a encore la capacité parasite  $C_0$  de l'ensemble adaptateur et VL. Il serait bon de la mesurer, soit par la méthode décrite plus haut (mesure d'une capacité), soit au pont ou par tout autre moyen. En l'absence d'autres précisions, nous admettons 20 pF.

Une méthode précise de la mesure de L demande deux mesures. Pour deux valeurs  $C_1$  et  $C_2$  de CV, on cherche la résonance et on lit les longueurs d'onde  $\lambda_1$  et  $\lambda_2$ . On obtient ainsi :

$$\lambda_1 = 0,6\pi \sqrt{L(C_1 + \gamma)} \quad \text{et} \quad \lambda_2 = 0,6\pi \sqrt{L(C_2 + \gamma)}$$

avec  $\gamma = C_2 + C_0$ .

En combinant les deux formules, on obtient finalement :

$$L = \frac{1}{3,5} \cdot \frac{\lambda_1^2 - \lambda_2^2}{C_2 - C_1}$$

avec  $C$  en pF,  $\lambda$  en m et L en  $\mu\text{H}$ .

On observera que, de la formule ci-dessus il résulte que, pour une valeur donnée de  $L$ , les carrés de  $\lambda$  sont proportionnels aux valeurs correspondantes de  $C$ . Cela permet de concevoir une solution graphique pour trouver  $\gamma$ . Sur l'axe des abscisses, nous portons (fig. 29) les valeurs de  $C$  et sur l'axe des ordonnées les valeurs de  $\lambda^2$  (c'est-à-dire nous marquons les valeurs de  $\lambda$  pour des segments de longueur proportionnelle à  $\lambda^2$ ). En prenant des paires de valeurs correspondantes de  $C$  et de  $\lambda$ , nous déterminerons un ensemble de points faisant tous partie d'une droite  $D$ .

Pratiquement, la dite droite sera définie par deux points correspondant à  $C_1, \lambda_1$  et à  $C_2, \lambda_2$ . Dès lors, la longueur du segment  $AO$ , c'est-à-dire la distance à l'origine du point d'intersection de la droite avec l'axe des abscisses, donne la valeur de  $\gamma = C_2 + C_0$ .

Le calcul, de son côté, donne

$$\gamma = \frac{\lambda_2^2 C_1 - \lambda_1^2 C_2}{\lambda_1^2 - \lambda_2^2}$$

Si, au lieu des longueurs d'onde, on opère avec des fréquences, on trouve.

$$L = \frac{1}{40(C_2 - C_1)} \cdot \left( \frac{1}{f_2^2} - \frac{1}{f_1^2} \right) \neq \gamma = \frac{C_2 f_1^2 - C_1 f_2^2}{f_1^2 - f_2^2}$$

$C$  est en pF                      où  $L$  est en  $\mu H$                       et  $f$  est en kC/s.

Bien qu'on ait l'habitude de se servir des fréquences plutôt que des longueurs d'onde, le calcul de  $L$  s'opère plus aisément en utilisant les  $\lambda$ .

### 7° Mesure de $Q$ .

Le facteur de surtension  $Q$  d'un bobinage est donné par la relation  $Q = L\omega/R$ , où  $R$  est la résistance H.F. de l'échantillon. Cette résistance est supérieure à celle en courant continu, mais englobe non seulement la résistance du fil augmentée par l'effet pelliculaire, mais encore d'autres pertes plus ou moins définies. Négligeant tout le côté théorique de la question, pour laquelle on se reportera utilement aux ouvrages spécialisés, indiquons la manipulation :

Pour une valeur déterminée de  $CV$ , nous pouvons relever par le réglage de l'hétérodyne, la courbe de résonance tracée dans la figure 30. Réglons l'atténuateur de façon à obtenir une tension  $V$  en chiffres ronds pour le point A (sommet de la pointe), par exemple 2 V. La fréquence correspondante est  $F$ . Décréglons maintenant l'hétérodyne jusqu'à ce que la tension soit tombée à moitié, soit de 2 à 1 V, et lisons sur le cadran le nombre de kC de dérèglement, soit  $f_1$ . En procédant de même sur l'autre pente de la courbe, on lit  $f_2$ . Le facteur de surtension est alors

$$\text{égal à } Q = \frac{V\sqrt{3}}{f_1 + f_2}$$

Dans une autre méthode, le réglage de l'hétérodyne reste fixe, et c'est  $CV$  qui est réglé. Supposons que l'on obtienne pour le sommet une

tension  $E = 2 V$ , correspondant à une valeur  $C$  du CV. On désaccorde alors le circuit par le CV de façon à lire  $0,7 E$  soit  $1,4 V$  dans notre cas, et l'on détermine la capacité  $C_1$ . De même, sur l'autre versant de la courbe, on obtient  $C_2$ . On aura alors avec une très bonne approximation, en supposant  $C_1 > C_2$ ,  $Q = \frac{2C}{C_1 - C_2}$ .

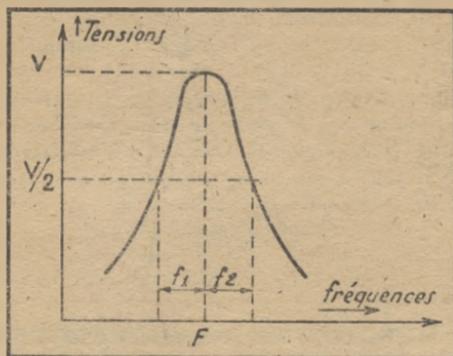


Fig. 30. — Courbe de sélectivité, relevée pour la mesure de  $Q$ .

Cette seconde méthode présente l'avantage de permettre une mesure correcte avec une hétérodyne mal (ou pas du tout) étalonnée, à condition toutefois, que l'on soit sûr du CV.

### 8° Le Décrément logarithmique.

Cette grandeur, qui caractérise l'amortissement d'un circuit, ne nécessite aucune nouvelle mesure ; en effet, le décrément logarithmique  $\delta$  est l'inverse du coefficient de surtension, soit  $\delta = 1/Q$ .

### 9° Ondemètre.

Équipé d'un bobinage étalonné une fois pour toutes, notre adaptateur constitue un *ondemètre* remarquable. S'il est prévu pour couplage direct, on peut employer de grandes bobines type fond de panier ou nid d'abeilles, pieux souvenir d'une époque révolue, que l'on branchera en X, tout bouchon sur le support à 4 broches étant superflu. Si on désire coupler par tension, on utilise le culot à 4 broches avec condensateur de 5 pF employé plus haut, en branchant la tension de fréquence inconnue en G. Du fait de l'emploi du voltmètre à lampes, nous avons deux grands avantages :

1° Sensibilité énorme.

2° Détermination comparative des champs électromagnétiques, les tensions induites étant réperables.

### 10° Mesures sur les transformateurs H.F. et M.F.

Pour le branchement, il nous faut un troisième bouchon ou culot 4 broches. Des pieds partiront 4 fils courts (6 cm environ), terminés par des pinces crocodile. Le branchement se fera de la manière suivante :

Antenne ou plaque du bobinage au pied « grille »

Grille ou diode du bobinage au pied « plaque ».

CAV, H.T. ou masse du bobinage au pied « filament ».

En se reportant à ce qui a été dit plus haut, on verra comment relever la courbe de sélectivité, déterminer Q, et on pourrait étudier les couplages, l'amortissement, l'impédance, etc... comme les ouvrages spécialisés, le décrivent. Notons encore qu'il est nécessaire de relier le blindage (si blindage il y a) à la masse, ce qui se fera commodément en le reliant à la douille inférieure de X.

## XX. — MESURES EN BASSE FREQUENCE

### 1° Instrument de zéro.

L'usage du voltmètre à lampes comme *instrument de zéro pour ponts de mesure en alternatif est tout indiqué*. Le réglage commode de la sensibilité et l'étendue de la gamme de fréquences sont avantageux. Toutefois, le dernier avantage est aussi un inconvénient, car le VL ne permet pas la discrimination des harmoniques, à moins que l'on ait prévu des filtres sélectifs à cet effet.

### 2° Courbes de réponse.

Une autre application très intéressante est le *relevé des courbes de réponse* d'amplificateurs et de générateurs B.F., car ce mode de mesure allie à la précision les avantages d'une *charge nulle ou négligeable* pour le circuit étudié, et l'*indépendance de la fréquence*, et est donc incontestablement supérieur au voltmètre à redresseur à oxydes.

### 3° Wattmètre de sortie.

Pour les mêmes raisons, le VL constitue un excellent *Wattmètre de sortie*. Il suffit de lire les volts alternatifs développés sur la charge connue Z, et de calculer les watts par la formule  $W = E^2/Z$ . La présence du condensateur d'entrée dans le VL bloque le courant continu, qui ne faussera pas la mesure, et l'appareil sera un *outputmeter* de qualité.

#### 4° Mesure de l'impédance d'un haut-parleur.

Un procédé simple pour déterminer l'impédance d'un haut-parleur à la sortie de la lampe finale consiste en ceci :

L'amplificateur est attaqué en P.U. par du 400 périodes par seconde, et le signal est réglé de façon à obtenir un chiffre rond, mettons 20 V, au VL branché entre plaque et masse (ou plaque et écran). Ensuite, on branche en parallèle avec le primaire du transformateur de sortie une résistance ; la déviation tombera. Si elle tombe de moitié, soit à 10 V, l'impédance est égale à la résistance. Avec un potentiomètre étalonné, le résultat est immédiat.

On procédera de façon analogue pour déterminer l'impédance de la bobine mobile. Notons en passant, que la méthode a l'avantage de permettre la mesure à toute fréquence désirée, notamment 400 p/s, ce qui est essentiel.

#### 5° Mesure d'une bobine à fer.

Indiquons une méthode assez commode pour mesurer la self-induction  $L$ , la résistance  $R_L$ , et l'angle de déphasage  $\varphi$  d'une bobine à fer.

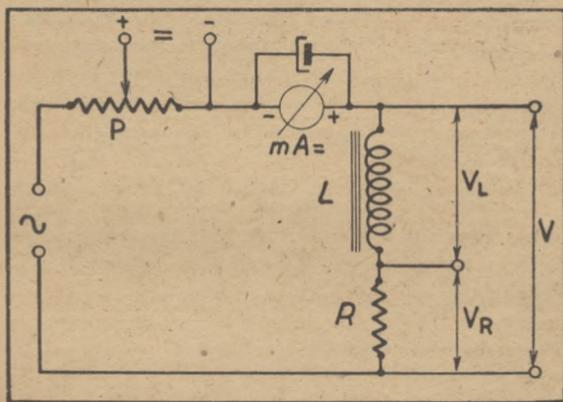


Fig. 31. — Circuit de mesure des bobinages à fer.

On dispose en série avec la source de fréquence musicale le bobinage à étudier  $L$  et une résistance  $R$  connue (fig. 31). Si l'on désire opérer avec un courant continu superposé, ce qui est tout à fait recommandable, on disposera en plus un potentiomètre d'attaque  $P$  et un milliampèremètre à courant continu, que l'on pourra shunter par un condensateur électrolytique de forte valeur.

Les sources étant branchées, on fait alors 3 mesures au V.L. :

La tension aux extrémités de L, soit  $V_L$ ,

La tension aux extrémités de R, soit  $V_R$ ,

La tension aux extrémités de L et R, soit  $V$ .

La solution la plus simple est donnée par la méthode graphique (fig. 32). A cet effet, on porte horizontalement sur OB la distance  $AB = R$ . Ensuite, avec un compas, on trace un arc de cercle de rayon  $R \frac{V}{V_R}$  autour de B, et  $R \frac{V_L}{V_R}$  autour de A. Les arcs se coupent en C. Abaissons la verticale CO perpendiculairement à OB. On aura alors  $CO = X_L = L\omega$  et  $OA = R_L$ , le tout en  $\omega$ , à l'échelle de R. L'angle

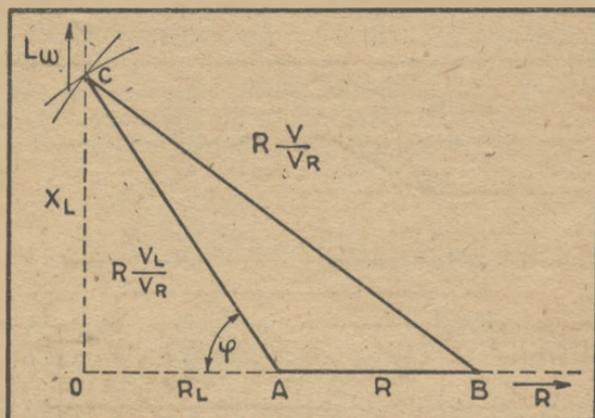


Fig. 32. — Solution graphique de la mesure de  $L\omega$  et  $R_L$ .

de déphasage  $\varphi$  peut être lu directement au rapporteur : c'est l'angle OAC. Pour tirer L de  $X_L$ , il faut connaître la fréquence.

On a,  $L = \frac{X_L}{2\pi f}$  avec L en H et f en p/s.

Si l'on veut, renonçant à la méthode graphique procéder au calcul, on commencera par déterminer la résistance  $R_L$  du bobinage :

$$R_L = \frac{R}{2} \cdot \frac{V^2 - V_L^2 - V_R^2}{V_R^2}$$

Puis, connaissant ainsi la valeur de  $R_L$ , on détermine la self-induction par la formule

$$L = \frac{1}{2\pi/V_R} \cdot \sqrt{R^2 V_L^2 - R_L^2 V_R^2}$$

Quant à l'angle  $\varphi$  de déphasage, on le trouve dans les tables trigonométriques après avoir calculé

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{R_L}{2\pi f L}$$

Notons encore, que la précision est d'autant meilleure, que  $V_L$  et  $V_R$  sont peu différentes. La mesure pourrait se faire à 50 p/s, soit avec le courant du secteur.

## 6° Mesure du gain d'un amplificateur.

La méthode préconisée et figurée dans le schéma 33, consiste en ceci : L'amplificateur à mesurer A est attaqué par une tension musicale  $V_E$  à partir d'un générateur G. La tension de sortie  $V_S$  est introduite dans un atténuateur étalonné, qui la réduit à  $V'_S$ . Le voltmètre à lampes VL peut mesurer soit  $V$ , soit  $V'$ , qui sont réglés à égalité au moyen de l'atténuateur. À ce moment, le gain de A est égal au taux de réduction dans l'atténuateur, comme le montre la caractéristique inscrite au-dessus du schéma.

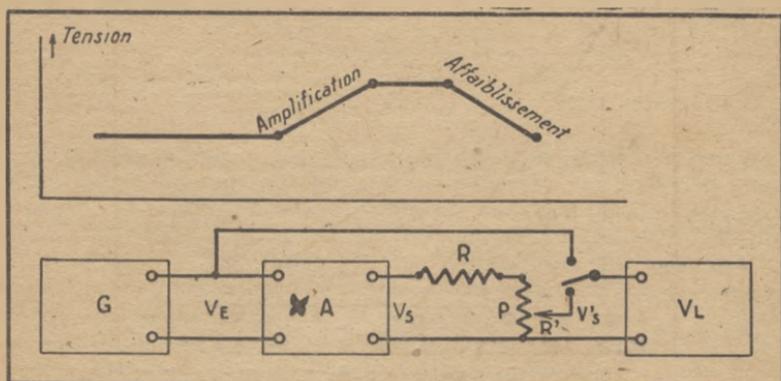


Fig. 33. — Disposition pour la mesure du gain d'un amplificateur. La courbe indique les variations en amplitude du signal.

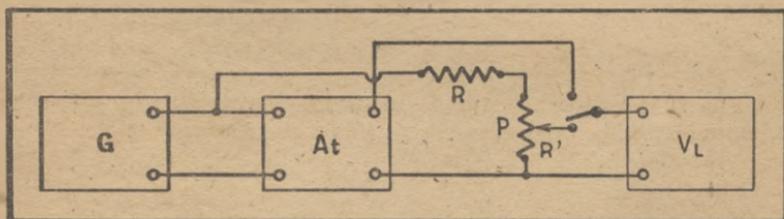


Fig. 3. — Disposition pour l'étalonnage d'un atténuateur.

À défaut d'un atténuateur étalonné nous en improviserons un au moyen d'une résistance R (pour le réglage gros) et d'un potentiomètre P pour le réglage fin. En appelant  $R'$  la partie de P sur laquelle se développe  $V'_S$ , la réduction introduite (donc le gain de l'amplificateur) sera égale à

$$\mu = \frac{R + P}{R'}$$

En répétant la manipulation pour différentes fréquences on peut alors tracer la *courbe de réponse* de l'amplificateur.

### 7° Mesure d'un atténuateur.

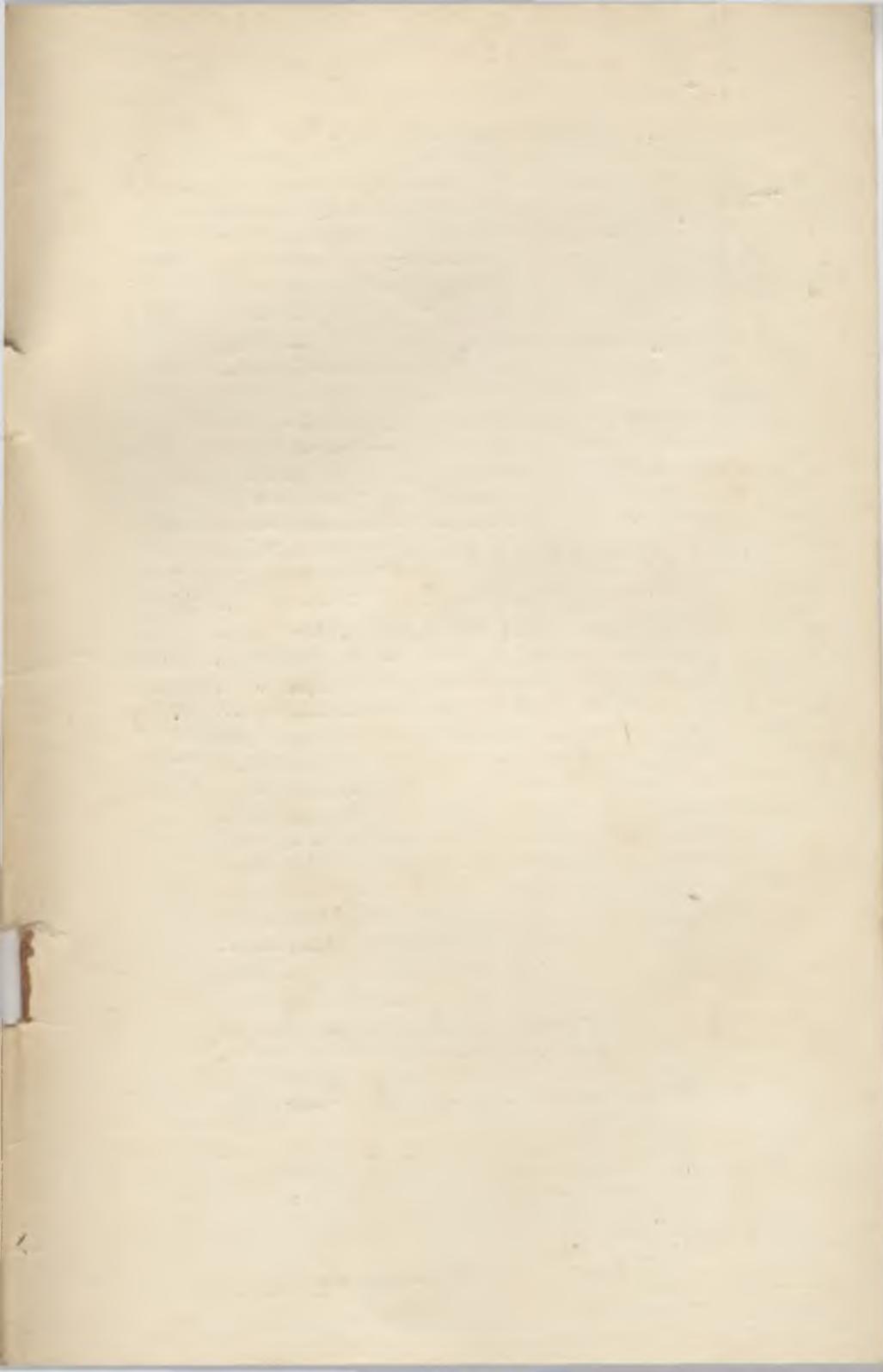
D'une façon très analogue nous mesurerons le taux d'atténuation d'un atténuateur (fig. 34). L'échantillon à mesurer  $At$  est attaqué par un générateur  $G$ , éventuellement suivi d'un amplificateur quelconque, pour obtenir un niveau de signal plus élevé. Parallèlement à  $At$  nous montons notre atténuateur improvisé  $R$  et  $P$ .  $VL$  peut être branché à volonté sur l'une des deux sorties, qui seront réglées à égalité de tension. A ce moment, la réduction des deux atténuateurs est la même,

$$\text{soit } \frac{R'}{R + P}$$

### 8° Conclusion.

Dans ce qui précède, nous n'avons exposé que quelques mesures courantes à faire avec un voltmètre à lampes, et souvent nous n'avons fait que les effleurer. On voit donc, combien universel s'avère un voltmètre à lampes. Nul laboratoire, même celui d'amateur, ne saurait s'en passer.

Le technicien qui aura réalisé l'un des deux appareils décrits dans ces pages et qui aura apporté tout le soin désiré à leur montage et à leur étalonnage, se trouvera donc en possession d'un instrument aux possibilités très étendues. Ainsi armé, il pourra se livrer à une multitude de mesures utiles. S'ajoutant aux autres appareils décrits dans cette collection (omnimètre, hétérodyne H.F., multiscopie et, bientôt, un excellent générateur B.F. à battements), le voltmètre amplificateur en étendra considérablement le champ d'applications possibles.



# LES MEILLEURS LIVRES DE RADIO

- La Radio ?... Mais c'est très simple**, par E. AISBERG. — Le meilleur ouvrage d'initiation à jour des derniers progrès ..... **100 fr.**
- Lexique officiel des Lampes Radio**, par L. GAUBILLAT. — Caractéristiques, culottage et remplacement de toutes les lampes usuelles..... **35 fr.**
- Manuel de Construction Radio**, par J. LAFAYE. — Le montage et la construction expliqués dans leurs détails ..... **35 fr.**
- La Pratique Radioélectrique**, par A. CLAIR. — L'étude d'une maquette de récepteur. Volume I : La conception. Volume II : La réalisation..... **70 fr.**
- La Modulation de Fréquence**, par E. AISBERG. — Théorie et applications ..... **80 fr.**
- Schémas de Radio-Récepteurs**, par L. GAUBILLAT. — Postes alternatifs et universels avec valeurs des éléments ..... **45 fr.**
- De l'Electricité à la Radio**, par J.-E. LAVIGNE. — Cours complet de radiotechnique. Tome I : Electricité ..... **50 fr.**  
Tome II : Notions théoriques de radio..... **120 fr.**
- Dépannage Professionnel Radio**, par E. AISBERG. — Méthodes modernes de diagnostic et de réparation.. **50 fr.**
- 100 Pannes**, par W. SOROKINE. — Etude pratique de 161 pannes types. Diagnostic et remèdes..... **75 fr.**
- Schémathèque 40**. — Documentation technique avec schémas annotés sur 142 récepteurs commerciaux à l'usage des dépanneurs..... **100 fr.**
- Fascicules Supplémentaires de la Schémathèque**. — Ces brochures, actuellement au nombre de 14, complètent la Schémathèque 40. Chacun contient 20 à 25 schémas. Le ..... **30 fr.**
- L'Omnimètre**, par F. HAAS. — Réalisation d'un contrôleur à sensibilités multiples ..... **25 fr.**
- Les Lampemètres**, par F. HAAS et M. JAMAIN. — Principes, réalisation et applications ..... **30 fr.**
- Méthode dynamique de dépannage et de mise au point**, par E. AISBERG et A. et G. NISSEN. — Mesures, relevés des courbes, alignement et dépannage des récepteurs ..... **90 fr.**

MAJORATION POUR FRAIS D'ENVOI 10 % (avec un minimum de 10 fr.) sur demande, envoi contre remboursement.

## SOCIÉTÉ DES ÉDITIONS RADIO

42, rue Jacob, PARIS-VI<sup>e</sup>. C. Ch. P. 1164-34.

**PRIX 45 FRANCS**

O.P.L. 310578 BAR-LE-DUC. — IMP. COMTE-JACQUET

# LES MEILLEURS LIVRES DE RADIO

- La Radio ?... Mais c'est très simple**, par E. AISBERG. —  
Le meilleur ouvrage d'initiation à jour des derniers progrès ..... **100 fr.**
- Lexique officiel des Lampes Radio**, par L. GAUDILLAT. —  
Caractéristiques, culottage et remplacement de toutes les lampes usuelles..... **35 fr.**
- Manuel de Construction Radio**, par J. LAFAYE. — Le montage et la construction expliqués dans leurs détails **35 fr.**
- La Pratique Radioélectrique**, par A. CLAIR. — L'étude d'une maquette de récepteur. Volume I : La conception. **70 fr.**  
Volume II : La réalisation..... **70 fr.**
- La Modulation de Fréquence**, par E. AISBERG. — Théorie et applications ..... **80 fr.**
- Schémas de Radio-Récepteurs**, par L. GAUDILLAT. — Postes alternatifs et universels avec valeurs des éléments ..... **45 fr.**
- De l'Electricité à la Radio**, par J.-E. LAVIGNE — Cours complet de radiotechnique. Tome I : Electricité ..... **50 fr.**  
Tome II : Notions théoriques de radio..... **120 fr.**
- Dépannage Professionnel Radio**, par E. AISBERG. — Méthodes modernes de diagnostic et de réparation.. **50 fr.**
- 100 Pannes**, par W. SOBOKINE. — Etude pratique de 161 pannes types. Diagnostic et remèdes..... **75 fr.**
- Schémathèque 40**. — Documentation technique avec schémas annotés sur 142 récepteurs commerciaux à l'usage des dépanneurs..... **100 fr.**
- Fascicules Supplémentaires de la Schémathèque**. — Ces brochures, actuellement au nombre de 14, complètent la Schémathèque 40. Chacun contient 30 à 25 schémas. Le ..... **30 fr.**
- L'Omnimètre**, par F. HAAS. — Réalisation d'un contrôleur à sensibilités multiples ..... **25 fr.**
- Les Lampemètres**, par F. HAAS et M. JAMAIN. — Principes, réalisation et applications ..... **30 fr.**
- Méthode dynamique de dépannage et de mise au point**, par E. AISBERG et A. et G. NISSEN. — Mesures, relevés des courbes, alignement et dépannage des récepteurs ..... **90 fr.**

MAJORATION POUR FRAIS D'ENVOI 10 % (avec un minimum de 10 fr.)  
sur demande, envoi contre remboursement.

## SOCIÉTÉ DES ÉDITIONS RADIO

42, rue Jacob, PARIS-VI<sup>e</sup>. C. Ch. P. 116434.

**PRIX 45 FRANCS**

O.P.L. 310578 BAR-LE-DUC. — IMP. COMTE-JACQUET