

10. Les mesures globales

en AUDIOFREQUENCE

(Suite voir N° 1499)

A PRÈS avoir passé en revue les moyens de mesure les plus simples, prévus pour une installation Hi-Fi classique, nous nous attaquons à la description d'appareils nettement plus élaborés qui comprennent les éléments intégrés d'un laboratoire AF dans un même coffret.

A vrai dire, nous pensons que cet article s'adresse à une catégorie d'amateurs chevronnés, voire de professionnels, plutôt qu'à des débutants.

Fidèles, cependant, à notre habitude, nous décrivons un appareil à construire soi-même, le mini-laboratoire AF, qui est à la portée d'un amateur adroit, connaissant bien l'électronique... et le fer à souder, et capable de signoler la mise au point.

Nous citerons, enfin, les performances de quelques appareils commerciaux répondant aux exigences les plus sévères en matière de mesures AF.

UN LABORATOIRE AF DANS UNE PETITE BOITE

Les appareils de mesure les plus souvent utilisés en électroacoustique sont principalement :

- un générateur de signaux sinusoïdaux calibrés en tension et en fréquence,
- un appareil de mesure de l'amplitude des signaux de sortie,

- un oscilloscope et/ou un distorsiomètre harmonique pour apprécier la forme de ces signaux,
- éventuellement une ou plusieurs charges résistives de puissance.

Pour satisfaire les amateurs, et certains professionnels, attirés ou concernés par des travaux de mise au point en AF, nous avons élaboré un ensemble de test qui réunit les appareils de mesure essentiels sous la forme condensée d'un mini-laboratoire AF groupant :

- un générateur à 5 fréquences, étalonné en fréquence et en tension, délivrant des signaux en mono ou stéréo, avec un faible taux de distorsion harmonique intrinsèque,
- un millivoltmètre alternatif, à large bande, fonctionnant également en décibelmètre, en wattmètre à lecture directe et en voltmètre continu 50 V,
- un distorsiomètre harmonique centré sur 1 kHz,
- une paire de charges de puissance de 8 ohms,
- différentes commutations pour les besoins des mesures,
- une alimentation autonome sur piles.

Si l'on indique que les dimensions du coffret de l'appareil sont de 250 x 150 x 100 mm, alimentation comprise, on aura une idée de sa capacité.

L'alimentation autonome sur piles rend ce mini-laboratoire pré-

cieux pour la réalisation, in situ, des opérations de maintenance sur les installations à haute fidélité (plus de fil à la patte...). Il pourra donc intéresser les dépanneurs, installateurs, etc.

Plus modestement, il constituera une petite centrale de mesure pour l'amateur expérimentateur de montages en audiofréquence. Ce dernier sera sensible aux dimensions réduites et au (relatif) faible coût de cet appareil.

EXAMEN DU SCHEMA D'ENSEMBLE

La figure 1 représente le schéma électrique du mini-laboratoire. On distingue nettement les différentes parties qui le composent : générateur, distorsiomètre, voltmètre, alimentation, charges, ainsi que la délimitation schématique en traits pointillés des trois circuits imprimés utilisés.

Les fidèles lecteurs de cette rubrique reconnaîtront certains circuits que nous avons analysés dans les articles précédents : c'est la raison pour laquelle nous ne nous étendrons pas outre mesure sur leur description.

Les circuits d'interconnexions entre le voltmètre, le distorsiomètre les charges et l'alimentation ont ici une grande importance car ils déterminent les fonctions de l'appareil.

LE GÉNÉRATEUR

Le générateur AF n'a, en principe, aucune liaison avec le reste de l'appareil. Il comprend un oscillateur pouvant fonctionner sur chacune des 5 fréquences suivantes, obtenues par commutation de S1 et de S2 : 20 Hz, 100 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 20 kHz.

Ces valeurs ont été choisies pour répondre aux besoins les plus courants. Elles peuvent être modifiées à la demande en jouant sur la valeur des condensateurs commutés (la valeur de la variation de fréquence est inversement proportionnelle à la variation de capacité). On peut également prévoir un plus grand nombre de valeurs fixes par l'utilisation d'un commutateur possédant plus de cinq positions ; cependant, cet aménagement risque de poser des problèmes d'encombrement généralement peu aisés à résoudre.

L'oscillateur proprement dit comporte un amplificateur du type opérationnel μA 709 (ou ses équivalents) en boîtier TO99. Ce circuit, à large bande, permet, par ses corrections de fréquence, de maintenir une oscillation propre et stable sur toute l'étendue de la bande couverte.

La détermination des fréquences est réalisée par un filtre en pont de Wien entre la sortie du CI et son entrée (+).

La classique stabilisation de tension est obtenue par le dosage d'une rétro-action négative vers l'entrée (-) au moyen d'une ampoule midjet 24V, 1 W. Ce dispositif, peu sensible aux variations de température est particulièrement efficace et relativement facile à mettre au point.

La sortie de l'oscillateur est dirigée vers un potentiomètre de variation linéaire et continue du niveau (0 à 1), suivi d'un atténuateur à 3 positions : 0,01, 0,1 et 1 V eff. On peut ainsi obtenir une source de tension stable et relativement précise entre 1 mV et 1 V eff.

Ainsi que nous en avons pris l'habitude sur ce type de générateur, pour la commodité de l'opérateur, nous avons prévu le branchement des commutations Mono/Stéréo et Gauche/Droite en sortie de l'atténuateur. De plus, une prise test est aménagée pour piloter la tension de sortie par le voltmètre ou pour tout contrôle de fréquence ou de tension de l'oscillateur par un appareil extérieur.

Le circuit imprimé supportant l'amplificateur $\mu A 709$ et les composants associés à l'oscillateur, à l'exception des éléments du pont de Wien (solidaires du commutateur de fréquence) et des circuits de sortie, est représenté sur la figure 2. Les lettres repères sur le schéma électrique et sur le plan de câblage général de l'appareil. Cette disposition est également valable pour les autres cartes imprimées du mini-laboratoire AF.

On trouvera plus loin quelques directives pour la calibration de cet oscillateur.

LE VOLTMÈTRE

Nous avons recherché la solution la plus simple et la plus robuste compatible avec l'utilisation la plus courante de l'appareil sans sacrifier les performances.

Le voltmètre est donc composé d'un amplificateur alternatif à 3 transistors suivi d'un redresseur en pont alimentant un galvanomètre.

L'amplificateur est précédé d'un atténuateur à 5 positions qui déterminent la sensibilité et la fonction du voltmètre. En fait, ces 5 positions correspondent à 3 groupes de mesures.

En position 1, l'amplificateur alternatif n'est pas utilisé. Le gal-

vanomètre est monté en simple voltmètre continu passif donnant une sensibilité de 50 V. Cette position a été prévue pour la mesure, par exemple, d'une tension d'alimentation positive d'un appareil extérieur ($R = 1 \text{ k}\Omega/\text{V}$), ce qui est une facilité supplémentaire puisque cette mesure pourrait être réalisée au moyen d'un multimètre.

En position 2, l'amplificateur alternatif et la galvanomètre sont associés pour réaliser la mesure des tensions AF de sortie d'un amplificateur de puissance extérieur. La sensibilité est de 20 V eff., ce qui permet de réaliser ces mesures sur la plupart des amplificateurs courants, à vide ou en

charge (8 ohms sur chaque sortie). Dans ce dernier cas, l'appareil de mesure se trouve automatiquement branché en wattmètre à lecture directe (50 W max./8 Ω) ; on double la valeur lue si la résistance est amenée à 4 ohms et on la divise par deux dans le cas de 16 ohms. Dans cette position l'entrée du voltmètre alternatif n'est pas reliée à la prise « mesure » mais aux bornes « voie 1 » ou « voie 2 » correspondant aux sorties stéréo d'un amplificateur Hi-Fi. On évitera ainsi les difficultés d'une commutation délicate.

Sur les positions 3, 4 et 5, enfin, le voltmètre amplificateur est transformé en millivoltmètre res-

pectivement de sensibilité 1 V, 100 mV ou 10 mV à pleine échelle (entrée « mesure »). Ces positions sont, également, associées à la mesure du taux de distorsion harmonique avec la carte distorsiomètre. Les gammes sont alors de 100 %, 10 % ou 1 % à pleine échelle. On reviendra sur cette fonction.

L'atténuateur d'entrée comporte 5 positions. La position 1 réunit l'entrée de l'amplificateur à la masse. Elle n'est citée que pour mémoire puisque celui-ci n'est pas utilisé. Les positions 2 à 4 sont des positions atténuées ce qui n'est pas le cas de la position 5 (sensibilité 10 mV).

Les valeurs précises des résis-

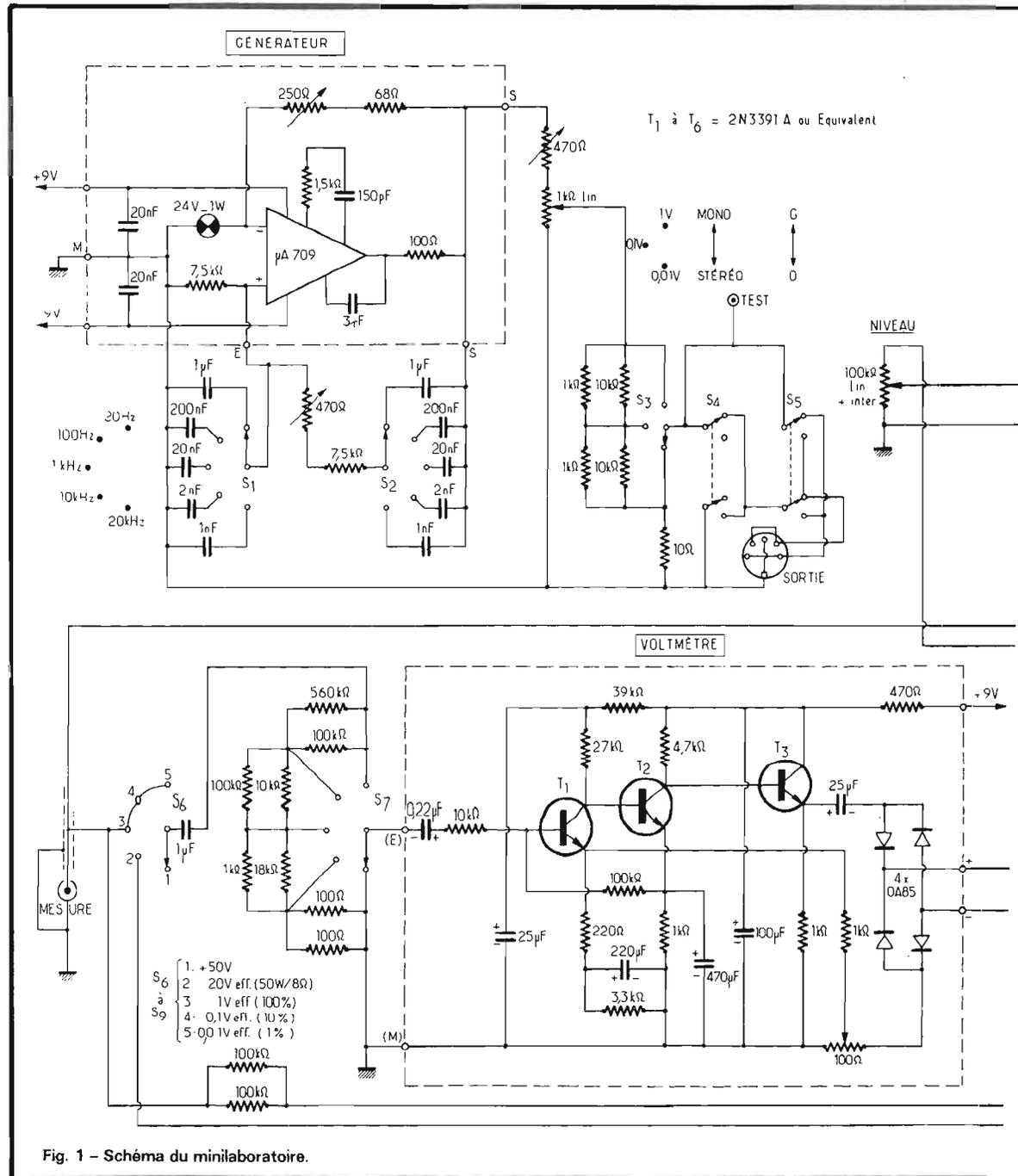


Fig. 1 - Schéma du minilaboratoire.

tances du diviseur sont obtenues par association de résistances de valeur standard à 5 % montées en parallèle, mais on peut tout aussi bien remplacer cette disposition par l'utilisation de résistances uniques à 1 % dont les valeurs seraient : 50 Ω, 950 Ω, 9 kΩ, 85 kΩ.

La valeur de l'impédance d'entrée pour les positions 2, 3 et 4 est de 85 kΩ. Elle est voisine de 50 kΩ pour la position 5.

L'amplificateur du voltmètre qui a déjà fait l'objet d'une description antérieure, comporte deux étages d'amplification T1 et T2 stabilisés et un étage de sortie T3 à émetteur follower abaisseur d'impédance. La base de T1 est

isolée du continu par un condensateur de 0,22 μF au tantale. La résistance de 10 kΩ en série dans l'entrée est destinée à protéger T1 contre les risques d'une surtension malencontreuse, notamment, sur la position 10 mV.

La sortie de l'amplificateur est reliée à un pont de diodes germanium dans la diagonale duquel se trouve le milliampèremètre (positions 2 à 5). La base du pont de diodes revient à la masse à travers la piste d'un potentiomètre ajustable dont le curseur est réuni, à travers 1 000 Ω, à l'émetteur de T1. On sait que cette disposition réalise une réaction négative visant à linéariser les indications du milliampèremètre en élimi-

nant le « coude » de la détection par le pont de diodes.

Le milliampèremètre de sortie est de 1 mA de déviation totale et d'une centaine d'ohms de résistance interne (comme le modèle BM70TL de VOC ou un équivalent chez CdA). Cet appareil a sa borne négative commune avec le pont du circuit amplificateur. La borne positive est commutée (par S10) à la masse, en position 1 (arrêt), sur la source positive de tension, à travers 10 kΩ, en position 2 (vérif. piles), ou sur la borne positive du circuit amplificateur, en position 3 (mesure).

Pour éviter que l'aiguille du milliampèremètre ne soit soumise à des mouvements trop rapides,

on dispose aux bornes de l'appareil un condensateur intégrateur de 5 μF. La diode silicium montée en parallèle en sens direct sert à protéger le cadre contre des surintensités trop importantes : en régime normal, cette diode n'est pas conductrice, sa résistance diminue très rapidement dès que la tension aux bornes du milliampèremètre dépasse 0,6 V, ce qui correspondrait à un courant de 5 à 6 mA dans le cadre.

La figure 3 reproduit le dessin du circuit imprimé du voltmètre et la disposition des composants sur la carte correspondante.

LE DISTORSIOMÈTRE

Là aussi, nous reconduisons une solution déjà écrite et qui a fait ses preuves. Il s'agit d'un montage classique qui filtre en pont de Wien accordé sur 1 kHz. On se reportera à l'article que nous avons consacré à la mesure de la distorsion harmonique pour la description détaillée de ce circuit.

Le montage comporte 3 étages : T4 agit à la fois en abaisseur d'impédance et en déphaseur il délivre deux tensions dont les amplitudes sont dans un rapport de 2 et les phases opposées, de manière à ce que le transfert du filtre soit nul à 1 kHz. Les étages T5 et T6 sont des amplificateurs d'harmoniques à large bande. Une importante réaction négative stabilise le montage et augmente la sélectivité du filtre pour ne pas atténuer l'harmonique 2 du signal.

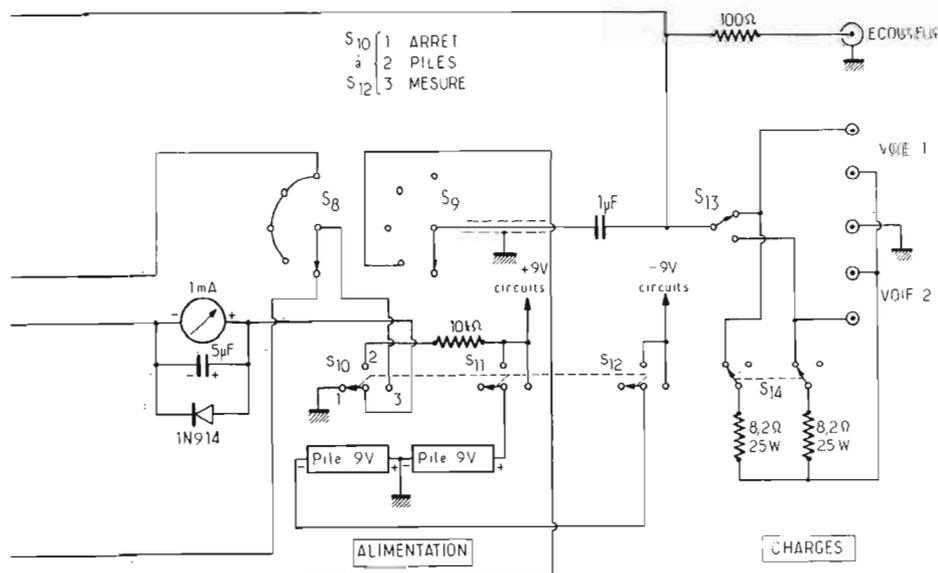
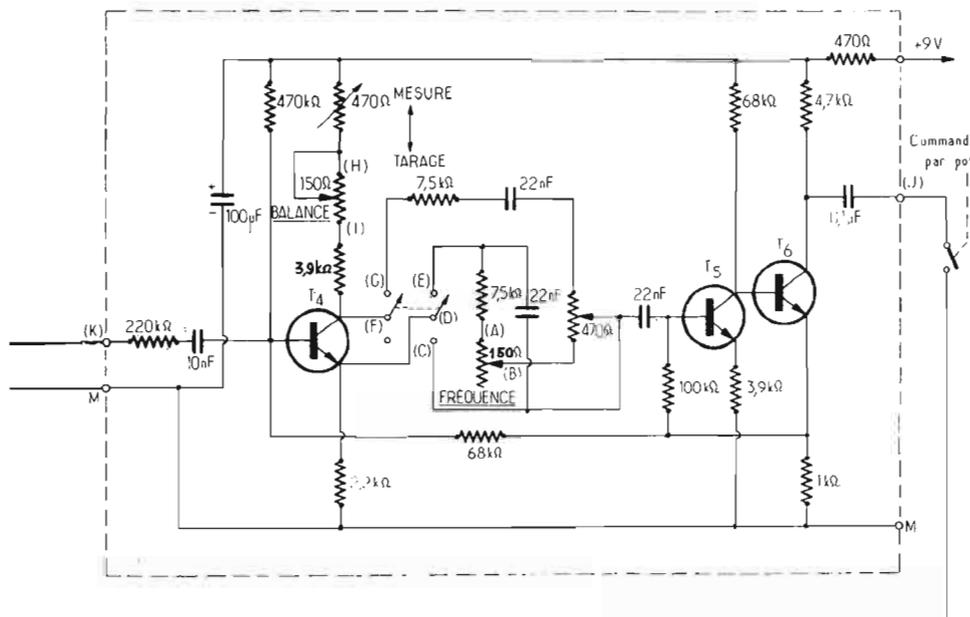
Le gain sur le fondamental, filtre hors service, est à peine supérieur à 1, ce qui implique l'utilisation de transistors à faible bruit pour réaliser des mesures correctes sur la gamme 1 %.

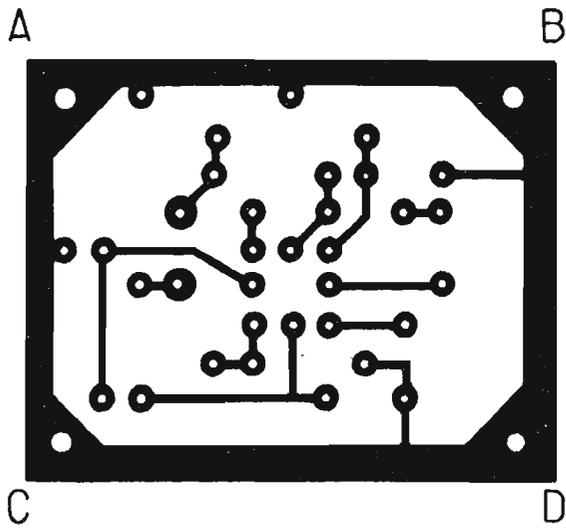
L'entrée du montage est atténuée par un potentiomètre linéaire de 100 kΩ pour régler l'amplitude à 100 % (position tarage). Ce potentiomètre possède un interrupteur couplé qui ouvre le circuit de sortie dans le cas où le distorsiomètre n'est plus utilisé.

Le voltmètre amplificateur est, naturellement, utilisé dans cette fonction, pour mesurer l'amplitude du signal non filtré (tarage à 100 %) ou celle des harmoniques en position « mesure » (100 %, 10 %, 1 %).

Les potentiomètres de « balance » et « fréquence » servent à assurer un accord précis du filtre autour de 1 kHz. On utilisera, de préférence, des modèles

DISTORSIOMÈTRE





70x55mm

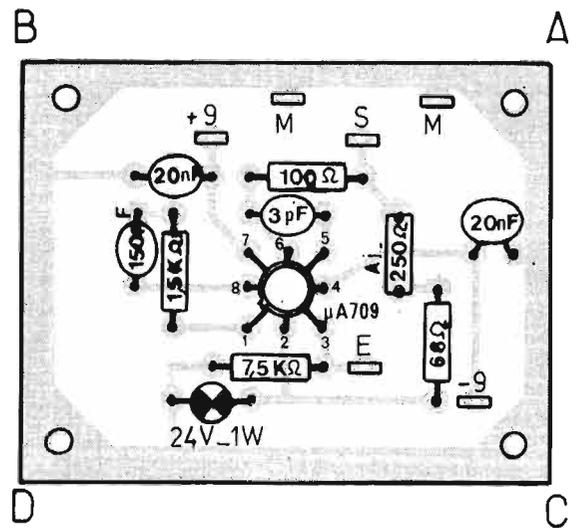
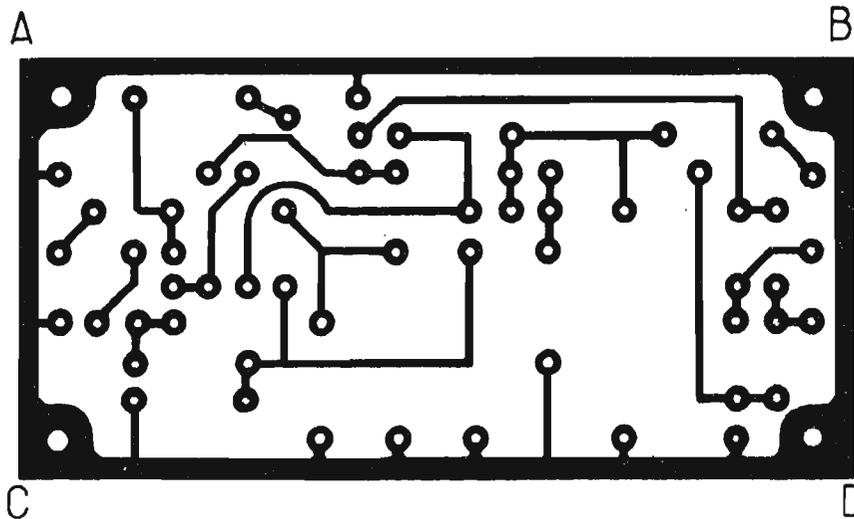


Fig. 2 - Circuit imprimé de l'oscillateur.



110x55mm

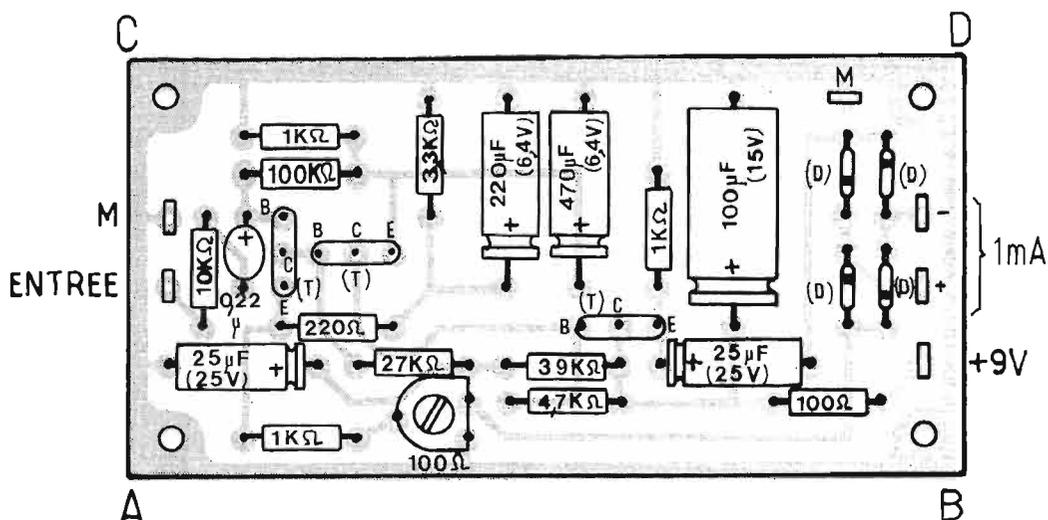
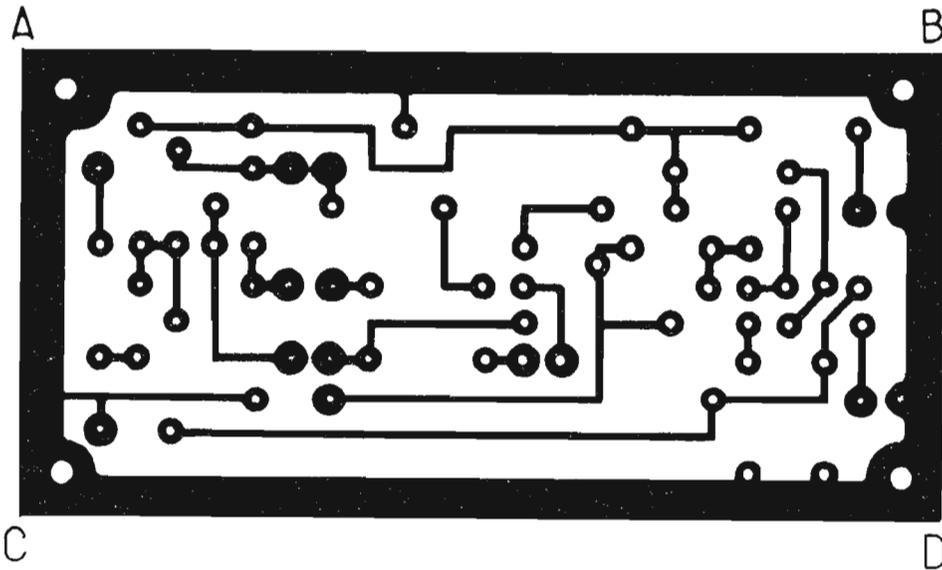


Fig. 3 - Circuit imprimé du voltmètre. T = 2N3391A. D = OA85 ou équiv.



120x60 mm

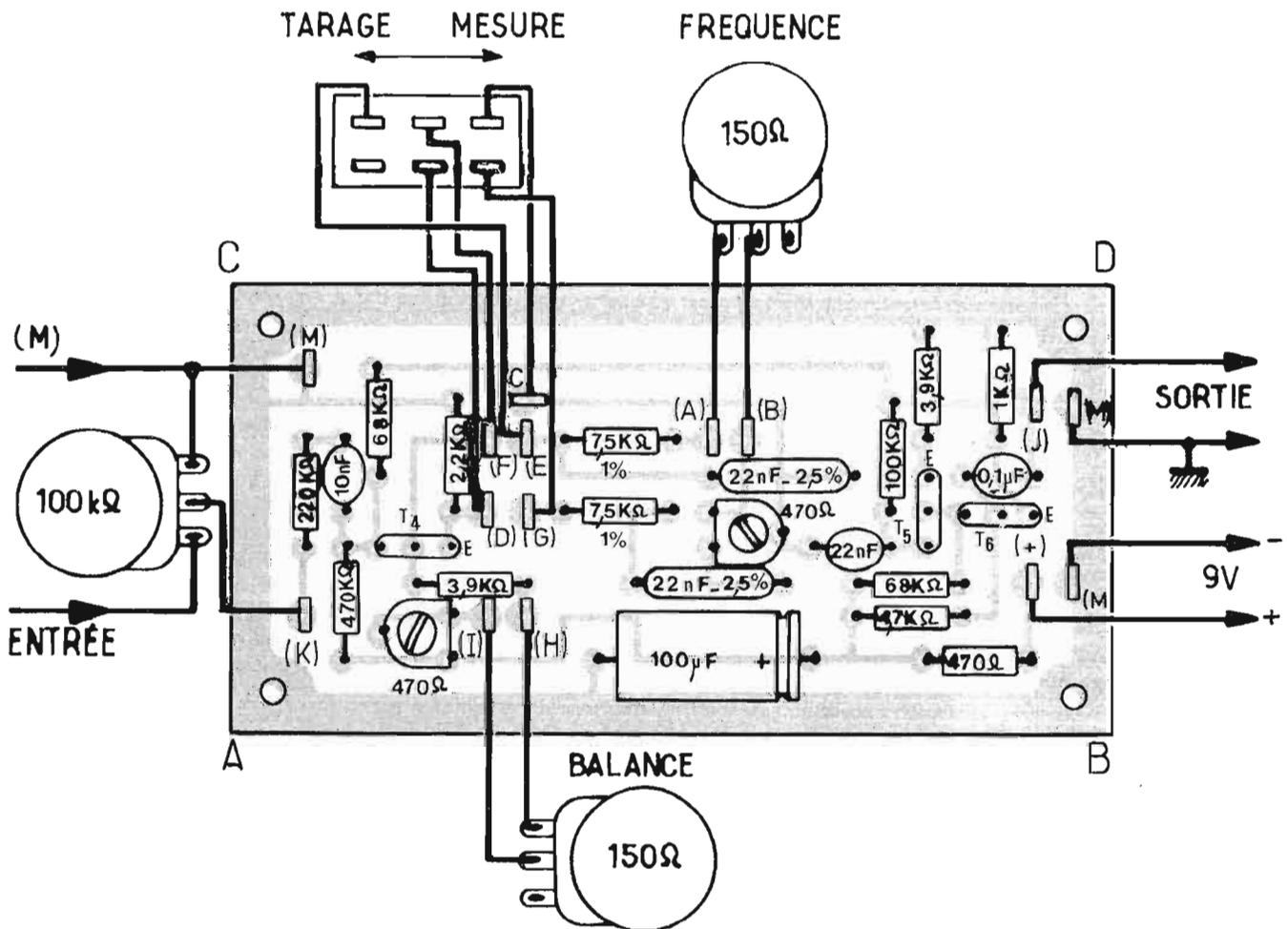


Fig. 4 - Circuit imprimé du distorsiomètre harmonique.

bobinés (du type Minibob, par exemple).

La figure 4 représente le dessin du circuit imprimé du distorsiomètre, ses interconnexions et l'emplacement de chaque composant sur le circuit. La précision des condensateurs et des résistances du filtre est déterminante pour la bonne réjection de la fréquence fondamentale et la mesure des taux de distorsion inférieurs à 1 %.

L'ALIMENTATION AUTONOME

Ainsi qu'on peut le voir sur la figure 1, l'alimentation de l'appareil se fait au moyen de deux piles de 9 volts en positif et négatif relativement à la masse. Il est évident que l'autonomie ainsi obtenue rendra l'appareil particulièrement précieux à certains professionnels de la Hi-Fi. Par ailleurs, l'absence du secteur dans le coffret élimine tout ronflement parasite et facilite les mesures sur signaux faibles.

Les commutateurs S11 et S12 servent à mettre en service cette alimentation. Sur la position 1, à l'arrêt, les deux pôles sont totalement isolés des circuits d'utilisation. L'alimentation n'est active que sur les positions 2 et 3.

Compte tenu des faibles dimensions de l'appareil et du bilan de consommation, nous préconisons d'utiliser 2 groupes de 6 éléments de pile, modèle R6 (petit batonnet de 14 x 50 mm), au carbone-zinc à forte teneur en dépolarisant (modèles à longue durée), ou mieux, alcalino-manganèse.

Il est évident que l'obligation d'avoir une source de tension négative pour l'alimentation partielle du circuit intégré de l'oscillateur rend cette source doublement encombrante. De plus, la pile positive débite plus que la négative et s'use donc plus vite. Il conviendra donc d'inverser, de temps à autre, le rôle des groupes d'éléments. Le contrôle de la tension des piles se fait, en charge, sur la source positive.

En utilisation discontinue, la durée de vie des deux groupes de piles peut atteindre une dizaine d'heures. Les éléments seront montés dans des boîtiers de maintien spéciaux au fond du coffret.

On verra plus loin comment réaliser et utiliser une alimentation secteur de substitution.

LES CHARGES

Nous avons prévu, comme sur le précédent appareil, dénommé Hi-Fi Tester, une paire de résistances de charge de 8,2 ohms, 25 watts (Sfernice) pour les sorties H.P. de l'amplificateur en essai. Pour rendre cet appareil plus universel, ces références sont commutables par le double inverseur S14. Elles n'ont aucun point commun avec la masse, de sorte que l'on peut effectuer le câblage extérieur correspondant à l'une des utilisations suivantes :

- charges stéréo 2 x 8,2 Ω , 25 W, point commun à la masse,
- charge mono 4,1 Ω , 50 W une extrémité à la masse,
- charge mono, 16,4 Ω , 50 W une extrémité à la masse.

Nous avons indiqué, plus haut, la manière d'interpréter les lectures du wattmètre pour chacun des cas cités. La dissipation sera limitée à 2 x 15 W ou 30 W en service permanent, à 2 x 25 W ou 50 W pendant quelques secondes ou à 2 x 30 W ou 60 W en crête, afin d'éviter une élévation de température trop importante à l'intérieur du coffret.

Le commutateur S13 permet de mesurer la voie 1 ou la voie 2 (que l'on peut respectivement appeler voie droite et voie gauche). Le départ se fait, d'une part vers le commutateur S9 qui met en circuit le voltmètre sur la position 20 V. eff./50 W, d'autre part vers le potentiomètre de tarage de niveau du distorsiomètre.

Une sortie « écouteur » avec 100 Ω en série permet d'effectuer un monitoring sonore de la mesure ou d'attaquer l'amplificateur vertical d'un oscilloscope qui visualisera le signal.

RÉALISATION PRATIQUE DU MINI-LABORATOIRE

La figure 5 représente le plan de câblage et, notamment, les interconnexions entre les différents commutateurs, potentiomètres et connecteurs, ainsi que les références des liaisons vers les cartes imprimées (G = générateur, V = voltmètre, D = distorsiomètre).

Il est utile de préciser que le câblage doit être irréprochable. Toutes les connexions seront placées contre le panneau. Des précautions particulières seront prises pour le commutateur de gam-

mes du voltmètre (S6 à S9) : les deux galettes I et II seront isolées par un blindage réuni à la masse et débordant largement des paillettes de connexion (ce blindage n'a pas été représenté sur le plan de câblage pour des raisons de lisibilité et de clarté du dessin).

Les cartes imprimées G, V et D seront fixées, par des entretoises de 5 mm sur un blindage métallique en U recouvrant le câblage du panneau avant (voir figure 6). Ce blindage qui supporte également les relais de câblage de fixation des résistances de charge, sera maintenu par 4 vis sur 4 entretoises filetées solidaires de la fixation du galvanomètre. La longueur de ces entretoises n'est pas indiquée : elle dépend du type de milliampèremètre utilisé.

Des trous (non représentés sur la figure) seront pratiqués dans le blindage en U pour assurer la liaison des connexions du panneau, au plus court, vers les cartes imprimées.

La bonne disposition des connexions et des points de masse est essentielle pour un fonctionnement stable des circuits. Il est difficile de donner des directives très précises, que les techniciens chevronnés connaissent bien d'ailleurs. Sans vouloir décourager les amateurs, et au risque de nous répéter, nous ne recommandons pas la réalisation de cet appareil aux tout débutants ou à ceux qui n'ont pas le don de faire un câblage propre et rationnel...

Le coffret, métallique, sera réalisé au moins aux dimensions indiquées (longueur 250, largeur 150, profondeur 100 mm). Une aération de la partie située au droit des résistances de charge de puissance sera prévue en perçant une série de trous de 0,5 mm en face des extrémités de ces résistances sur les deux grands côtés du coffret.

Les entrées voie 1 et 2 sont des bornes universelles. L'entrée mesure est une embase coaxiale sur laquelle on pourra monter la ou les sondes de mesures à câble blindé.

La représentation générale du panneau avant et des marquages est indiquée sur la figure 7. On s'efforcera de réaliser des graduations dB et W/8 Ω en démontant le cadran de l'appareil de mesure (ce travail est délicat mais accessible aux plus adroits, les autres devront se contenter de tableaux d'équivalence). Pour les correspondances d'échelles, nous ren-

voyons le lecteur à l'article consacré à la mesure des tensions alternatives.

CALIBRATION DE L'APPAREIL

Il est nécessaire de disposer au moins d'un bon contrôleur universel capable de mesurer des tensions alternatives.

On commencera par l'étalonnage du voltmètre sur la position 1 V. On réglerà, tout d'abord, une source de tension à 50 Hz, exactement à 1 V eff. au moyen du multimètre.

Le voltmètre de l'appareil étant branché en parallèle sur cette source, on réglerà le potentiomètre ajustable de gain du voltmètre pour lire également 1 V au maximum d'échelle sur le voltmètre. On vérifierà, éventuellement, que, sur d'autres valeurs l'étalonnage reste conservé à +/- 5 %.

On réglerà ensuite à mi-course les potentiomètres ajustables du distorsiomètre ainsi que les potentiomètres balance et fréquence. On mettra le potentiomètre niveau au maximum de sa course, l'inverseur tarage/mesure sur mesure. Le distorsiomètre ainsi réglé va servir de fréquence-mètre pour le réglage du générateur. On connectera la sortie test de l'oscillateur à l'entrée mesure voie 1, on mettra l'autre borne de la voie 1 à la masse, on basculera le commutateur de mesure sur 1 et les charges sur hors.

Le potentiomètre de sortie du générateur sera sur 1 (max. de sa course) et le multiplicateur sur 1 V. On commutera la fréquence du générateur sur 1 kHz et l'on réglerà l'ajustable de 470 Ω (pont de Wien) pour un minimum de déviation de l'appareil de mesure (au besoin, on augmentera la sensibilité du voltmètre). On réglerà, enfin, la résistance ajustable de 250 Ω sur le circuit de l'oscillateur pour obtenir un signal ayant un taux de distorsion égal ou inférieur à 0,15 %.

Après avoir placé le potentiomètre de niveau du distorsiomètre sur hors, on déconnectera la liaison test-voie 1 et l'on réunira la sortie test à l'entrée du voltmètre (sensibilité 1 V). On réglerà la résistance ajustable en série avec le potentiomètre de sortie du générateur pour avoir une déviation correspondant à 1 V eff. On pourra aussi graduer le potentiomètre de 1 à 0 par espaces de 0,1.

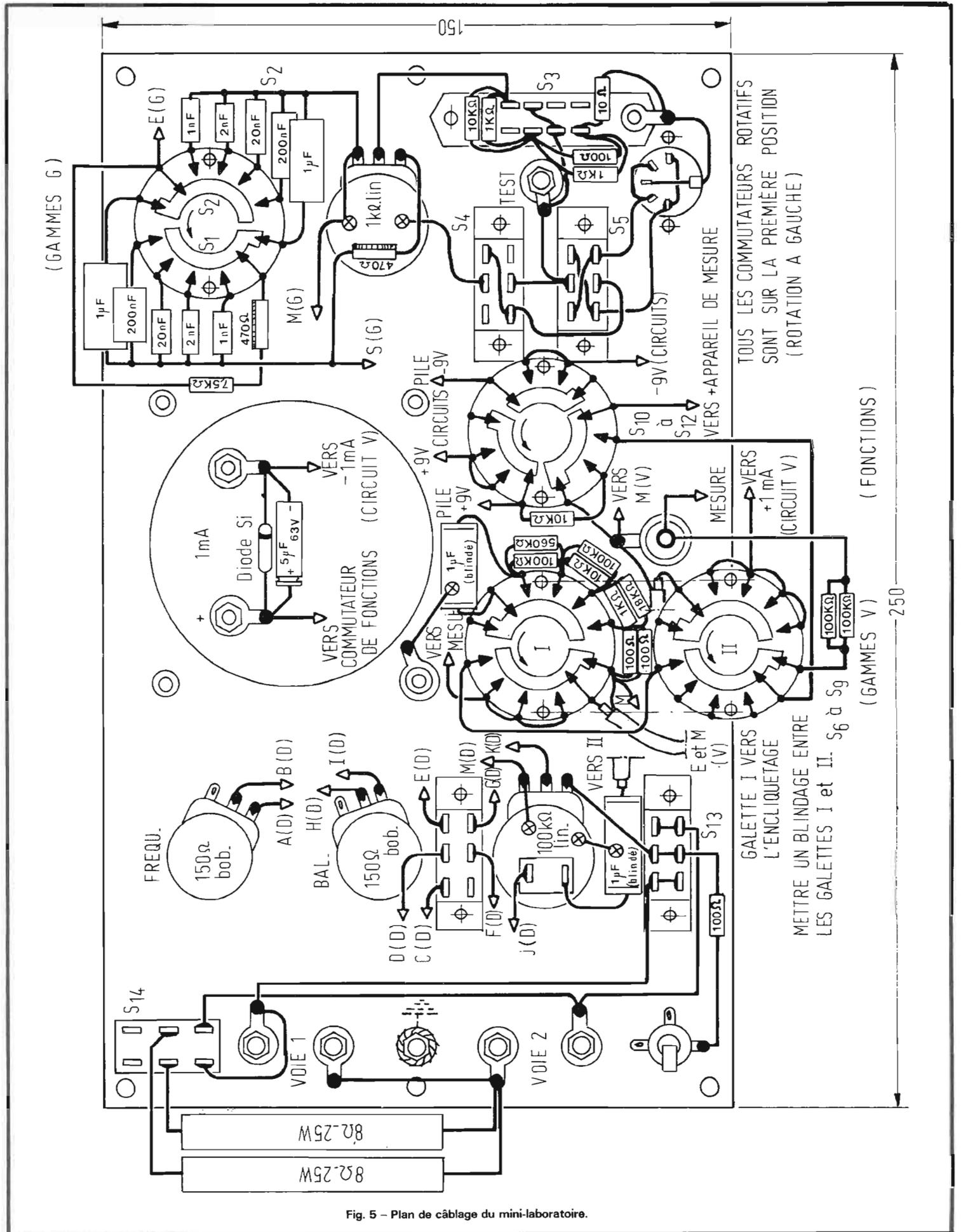


Fig. 5 - Plan de câblage du mini-laboratoire.

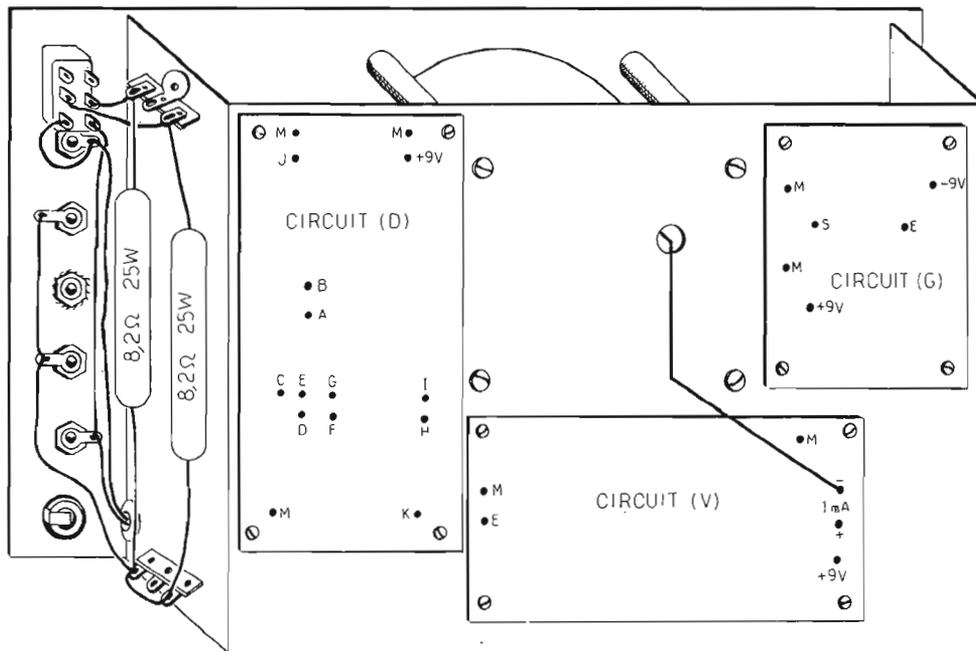


Fig. 6 - Disposition des circuits imprimés.

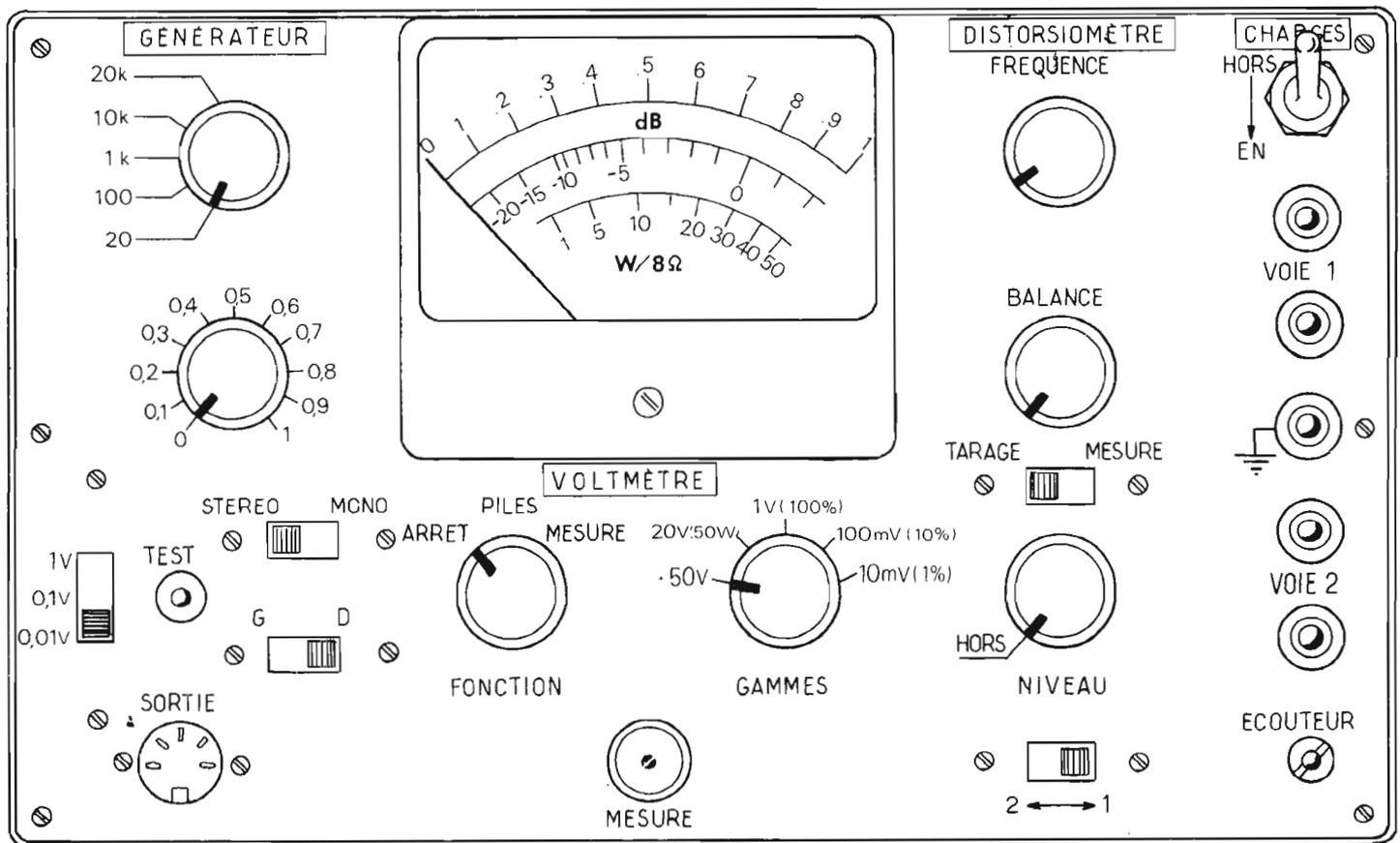


Fig. 7 - Panneau avant avec ses marquages.

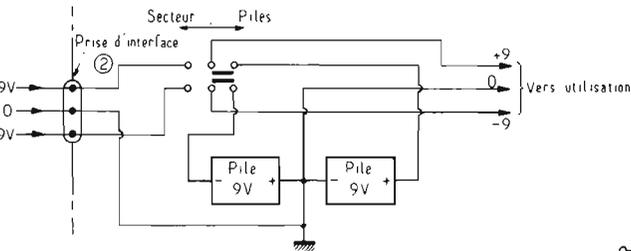
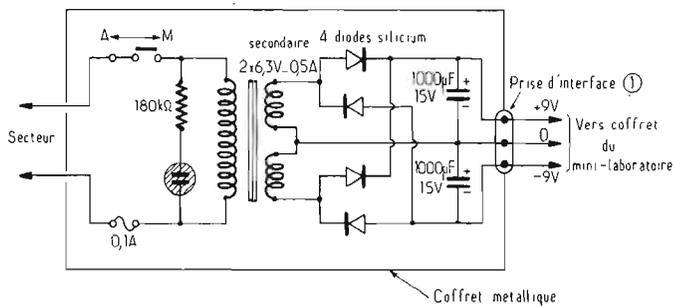


Fig. 8 - Une alimentation secteur de substitution.

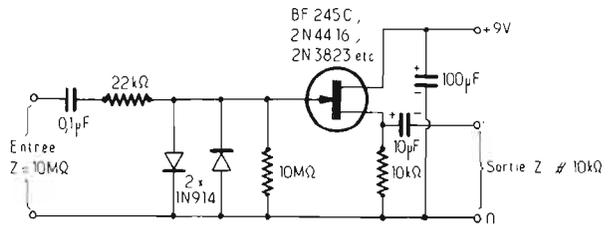


Fig. 9 - Abaisseur d'impédance à entrée protégée. G = 0 db.

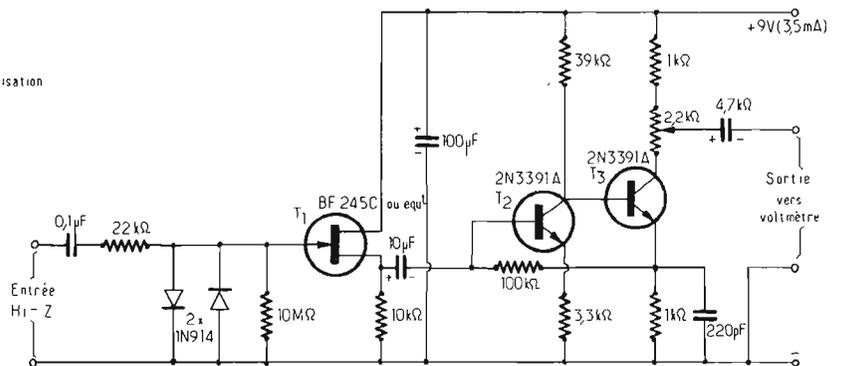


Fig. 10 - Petit amplificateur de 20 db. Bande : 10 Hz à > 100 kHz (à ± 1 db). Z entrée : 10 MΩ (entrée protégée). Z sortie = 1 kΩ max. Distorsion < 0,1 % à 1kHz.

Ceci termine la calibration grossière du mini-laboratoire qui pourra être finolée par l'utilisation d'appareils de mesure extérieurs (millivoltmètre AF, oscilloscope, voltmètre et fréquence-mètres digitaux, etc.).

UTILISATION ET PERFECTIONNEMENTS

L'utilisation du mini-laboratoire est spécialisée pour les chaînes Hi-Fi. Pratiquement toutes les mesures courantes, déterminantes de la qualité électrique d'un amplificateur sont couvertes. C'est ainsi que la sensibilité, le gain, la distorsion, l'action des commandes (puissance, balance, tonalité, filtres, etc.) sont vérifiés et quantifiés. La puissance sur charge, le facteur d'amortissement, le rapport signal/bruit sont mesurés avec une bonne précision. Il est difficile de décrire toutes les possibilités de cet appareil, et ce serait, d'ailleurs, faire injure aux lecteurs intéressés et compétents qui évalueront les services que pourrait leur rendre cet attrayant outil.

Pour éviter une usure trop rapide des piles de l'appareil, on peut imaginer une alimentation secteur de ± 9 V continu dans un petit coffret métallique, ainsi

qu'on l'a représenté sur la figure 8. On utilise un transformateur d'alimentation possédant deux secondaires de 6,3 V, 0,5 A et un redresseur en pont ainsi qu'une paire de condensateurs de filtrage.

Un câble de liaison à 3 conducteurs réunira les deux prises d'interface 1 et 2. Un inverseur piles/secteur situé sur le haut du coffret du mini-laboratoire permettra de conserver à l'appareil son autonomie pour une utilisation volante (position piles) et économisera les piles si l'appareil reste au laboratoire (position secteur).

Une caractéristique du voltmètre est de présenter une impédance pas trop élevée à l'entrée (50 à 80 kΩ) ce qui assure une meilleure stabilité mais est incompatible avec la précision de la mesure si la source a une grande résistance interne. On contournera cette difficulté par l'utilisation d'un abaisseur d'impédance tel que celui de la figure 9 que l'on pourra insérer dans une sonde. Il comporte un transistor FET dont la porte est protégée contre les surtensions par des diodes tête-bêche et une résistance série. L'impédance d'entrée est de 10 MΩ et celle de sortie de 10 kΩ. Le gain est égal à 1. L'alimentation de cet abaisseur (+ 9 V, 500 µA) sera prélevée sur celle du

mini-laboratoire en utilisant une prise d'entrée combinée.

Une autre version de sonde à haute impédance comportant, cette fois, un petit amplificateur à large bande et à faible distorsion harmonique est présenté sur la figure 10. Il comporte le même circuit d'entrée à FET T1 couplé à l'entrée d'un amplificateur T2/T3 à liaison directe, très fortement « contre-réactionné ». Le gain est ajusté à 20 dB exactement entre 10 Hz et plus de 100 kHz. La résistance de sortie est voisine de 1 kΩ et la consommation ne dépasse pas 3,5 mA sur 9 V. Cet amplificateur augmente la sensibilité maximale du voltmètre alternatif jusqu'à 1 mV eff. à pleine échelle, tout en relevant son impédance d'entrée à 10 MΩ. On pourra utiliser cet accessoire pour la mesure des tensions de très faible amplitude, ou comme amplificateur de microphone (utilisation du mini-laboratoire en sonomètre, par exemple).

RÉALISATIONS COMMERCIALES

Des firmes commerciales se sont intéressées depuis longtemps à la réalisation d'ensembles compacts pour le test ou la maintenance des matériels audio-fréquence.

Nous citons trois exemples qui nous ont paru caractéristiques, mais la liste n'est pas exhaustive. **L'Audio-Analyser IM 48 de Heathkit.**

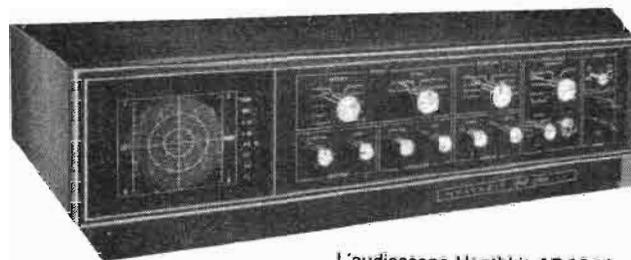
Cet appareil réunit dans un même coffret un voltmètre/dBmètre électronique alternatif, un wattmètre AF, des charges de puissance et un analyseur d'intermodulation. C'est un appareil de conception classique, équipé de tubes, mais dont la stabilité et la sensibilité sont bien connues.

Il permet de réaliser les mesures suivantes :

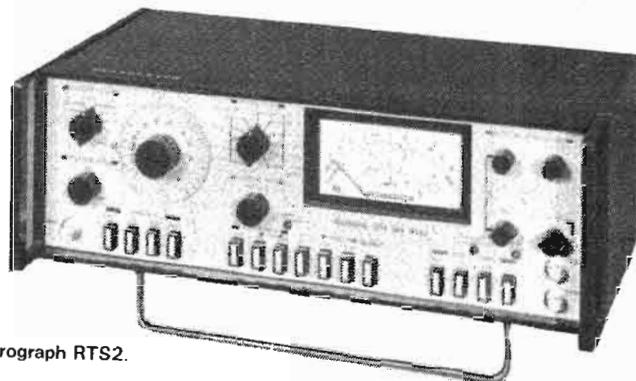
- Mesures des tensions alternatives de 10 mV eff. à 300 V eff. pleine échelle (± 5 %) ou de - 65 à + 52 dBm, par bonds de 1 dB en 10 gammes, ce qui permet d'effectuer des mesures de gain, de niveau de bruit, de sensibilité, etc. La résistance d'entrée est de 1 MΩ.
- Mesure des puissances de 0,15 mW à 150 W à pleine échelle (± 5 %) en 10 gammes. Une puissance permanente de 25 W peut être supportée par l'appareil, on peut admettre 50 W de façon intermittente et 150 W en crête. Une charge interne est utilisée pour le wattmètre mais peut aussi bien être employée sur les autres fonctions. Cette charge est de 4,8, 16 ou 600 Ω.
- Mesure du taux d'intermodu-



L'audio analyser Heathkit IM48.



L'audioscope Heathkit AD1013.



Le Ferrograph RTS2.

lation. On utilise pour cette mesure 2 générateurs à fréquence fixe : 50 Hz et approximativement 6 kHz. La lecture se fait, à pleine échelle, de 100 % à 1 % en 5 gammes ($\pm 10\%$).

La firme Heathkit présente également un distorsiomètre harmonique combiné avec un volt-mètre alternatif.

L'Audioscope AD 1013 de Heathkit.

Il s'agit d'un appareil à installer tout près d'une chaîne de reproduction Hi-Fi, pour en contrôler les caractéristiques essentielles. Sa présentation a une esthétique « de salon », propre aux appareils de ce genre : ce n'est donc pas, à proprement parler, un appareil de laboratoire, encore que ses performances soient très attrayantes pour cet usage.

Pour autant, il ne faut pas considérer l'audioscope comme un gadget : il comporte un oscilloscope, un générateur AF et des commutations qui lui donnent la possibilité de vérifier la séparation des canaux en stéréo ou en quadraphonie, la phase et la puissance relative des signaux, l'accord des récepteurs et des tuners, etc. Il comporte une cinquantaine de transistors, 6 circuits intégrés et un tube cathodique.

L'oscilloscope a une sensibilité verticale de 25 mV/cm (entrée 100 k Ω) de 5 Hz à 200 kHz ± 3 dB. Il possède une base de temps déclenchée de 10 Hz à 100 kHz.

Le générateur couvre la bande

de 20 Hz à 20 kHz. Le sinusoïde de sortie, très stable, ajustable de 2 mV à 3 V eff sur 600 Ω est générée à partir d'une tension triangulaire et d'un synthétiseur. Un calibrateur de tension délivre 1 V crête à crête $\pm 5\%$.

Cet appareil, truffé de possibilités, donnera satisfaction aux amateurs exigeants, notamment aux propriétaires d'installations quadraphoniques.

Le Ferrograph RTS2.

Cet appareil est présenté par la firme LEA qui avait jadis mis au point un « performancemètre » aux prétentions plus modestes que ce petit laboratoire AF intégré.

Il a été spécialement étudié pour réaliser des mesures sur des magnétophones mais sa conception est telle qu'il convient parfaitement à la constitution d'une « centrale de mesures » pour tous les équipements audio fréquence. Il convient tout à fait aux laboratoires spécialisés mais son prix pas trop élevé (environ 5 500 F T.T.C.), compte tenu de la qualité des éléments qui le composent et des nombreuses possibilités d'emploi, devrait intéresser les amateurs désireux de se constituer sous une forme condensée un laboratoire AF de très bonne qualité.

Le principe de cet appareil a été exposé dans le N° 1383 de cette revue (p. 183 et suivantes). Nous nous bornerons à rappeler ses caractéristiques essentielles :

— Générateur RC de 15 Hz à

150 kHz en 4 gammes. Tension de sortie jusqu'à 3 V eff. $\pm 0,2$ dB ($Z < 450 \Omega$), distorsion $< 0,08\%$ entre 100 Hz et 20 kHz.

— Générateur à fréquence fixe : 3 150 Hz, 350 mV sur 220 Ω pour les mesures de fluctuation ou d'écart de vitesse (générateur très stable).

— Millivoltmètre de 1 mV à 100 V eff. en 11 positions de 10 dB (précision $\pm 2\%$ de 30 Hz à 20 kHz) bande $\pm 0,2$ dB de 10 Hz à 150 kHz, impédance d'entrée : 2 M Ω .

— Fluctuomètre (normes CCIR ou DIN 45507) réponse max. à 4 Hz. 3 calibres : 0,1 %, 0,3 % et 1 %. Une gamme ($\pm 2\%$) pour la mesure des écarts de vitesse, sortie pour oscilloscope.

— Distorsiomètre harmonique pour fondamentales comprises entre 400 Hz et 1 100 Hz. Taux mesurables 0,1 % à 100 % pleine échelle. Distorsion résiduelle inférieure à 0,05 %, tensions admissibles de 100 mV à 100 V, sortie pour oscilloscope.

Cet appareil est entièrement transistorisé. Il peut être complété d'un complément (unité auxiliaire ATU1) qui étend ses possibilités d'utilisation.

J.C.

(à suivre)

RECTIFICATIF

Dans le précédent article de cette série publié dans notre numéro 1499 un malheureux « mastic » s'est produit et rend difficilement compréhensible une partie du texte.

Il faut lire :

Page 216. 1^{re} colonne dernière ligne. L'impédance pourra alors être fixée... jusqu'à... Page 217, 4^e colonne, fin du 1^{er} paragraphe... aux sorties D et G de l'amplificateur et à sa borne de masse s'il en possède une.

Cette partie de l'article doit venir s'insérer page 214 entre le 3^e et le 4^e paragraphe.

Fig. 4 - Dans la liste des composants seul le condensateur C1 est au tantale.

Fig. 5 - Le point 3 du circuit imprimé est situé au point commun entre les résistances de 10 k Ω et 220 Ω . Le point 4 au point commun entre la résistance de 10 k Ω et le point milieu de la résistance ajustable de 100 Ω .

Page 215, 4^e colonne dernier paragraphe, lire : On placera S6 sur « Balance », S4 (« charges ») sur « hors », S5 étant sur une position indifférente...

Nous prions nos lecteurs, de bien vouloir nous excuser de ces erreurs.