

19

votre Carrière

REVUE de TECHNIQUE RADIO

magazine des futurs électroniciens



hebdomadaire pour la formation professionnelle - 6 - 13 juillet 1965 - le numéro 1,60 F.

vosre Carrière

revue hebdomadaire

DIRECTION - ADMINISTRATION - ABONNEMENTS: Editions CHIRON - 40, rue de Seine
Tél. 633.18-93 - Paris (6^e) - C.C.P. 53-35.



La revue est en vente aux kiosques, chaque semaine: si le kiosque en est démuné, demandez l'envoi hebdomadaire directement à votre domicile.

Directrice: *Mme Etienne Chiron.*

Secrétaire de rédaction: *J. Lavergne*

ABONNEMENTS

Les abonnements peuvent être souscrits en cours d'année, à n'importe quelle date. Les numéros déjà parus au moment de la souscription seront envoyés en une seule expédition.

France - 1 an (52 numéros) = 70 F;
6 mois (26 numéros) = 38 F. -
Etranger - 1 an = 90 F - Si vous possédez déjà des numéros, vous pouvez déduire la somme de 1,20 F par numéro.

Adresser: Editions CHIRON - rue de Seine, 40 - Paris - C.C.P. 53-35.

Les anciens numéros peuvent être commandés séparément au prix unitaire (1,60 F).

Aucun envoi contre remboursement.

RENSEIGNEMENTS

Toute demande de renseignements doit être accompagnée d'une enveloppe timbrée à votre adresse.

Adresser: Editions CHIRON - rue de Seine, 40 - Paris.

PUBLICITE:

PUBLEDITEC - 13, Rue C. Lecocq
Tél. 250.88-04 et 88-05 - Paris, 15^e.

Cette Revue	Le Numéro précédent a été tiré à
sera contrôlée	30 491 exemplaires.
par l' O. J. D.	

DISTRIBUTION

Nouvelles Messageries de la Presse Parisienne - 11, Rue Réamur - Paris.

COPYRIGHT

Dépôt légal éditeur 34 - 2^e trim. '65
Periodique N. 42 905 à la Commission Paritaire de la Presse.

Tous droits de reproduction, même partielle, réservés pour tous pays.

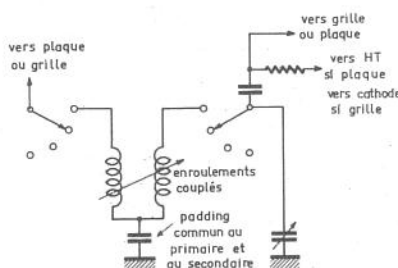
Sommaire

★ Courrier technique	page 2
★ Courrier des lecteurs	» 2
★ Chronique des métiers de la Radio	» 3
★ Amplification en Haute et Basse fréquence	» 5
★ Construction d'un voltmètre à lampe (schéma et montage)	» 14
★ Dictionnaire Anglais-Français d'Electronique	» 17
★ Questions sur les 55 ^{eme} et 56 ^{eme} leçons	» 27
★ Réponses aux questions du numéro précédent	» 27
★ Construction d'un voltmètre à lampe (mise au point et utilisation)	» 28
★ L'Union Internationale des Télécommunication (suite)	» 33

Courrier technique

A. PAUL B. Chatellerault (Vienne) nous demande le schéma de montage de la partie oscillatrice d'un récepteur de trafic qu'il possède.

Le schéma ci-dessous, établi à partir de celui que vous nous avez fourni, est valable pour la partie oscillante de votre récepteur de trafic.



M. PATRICK P. Aix en Provence (B du R) désirerait savoir à quel moment commencera la parution de la nouvelle édition de "votre Carrière" et quelle correspondance cette nouvelle édition aura avec la période de scolarité.

Vous pouvez acheter les numéros déjà parus de « votre Carrière », si vous voulez suivre le Cours de Radio. Vous achèterez des numéros un à un chez le marchand de journaux ou vous vous abonnerez chez nous. Le Cours Radio finira le 1-4-66, mais commencera alors le Cours Télévision et nous ne recommencerons pas en détail ce qui est paru, sauf quelques rappels.

Courrier des lecteurs

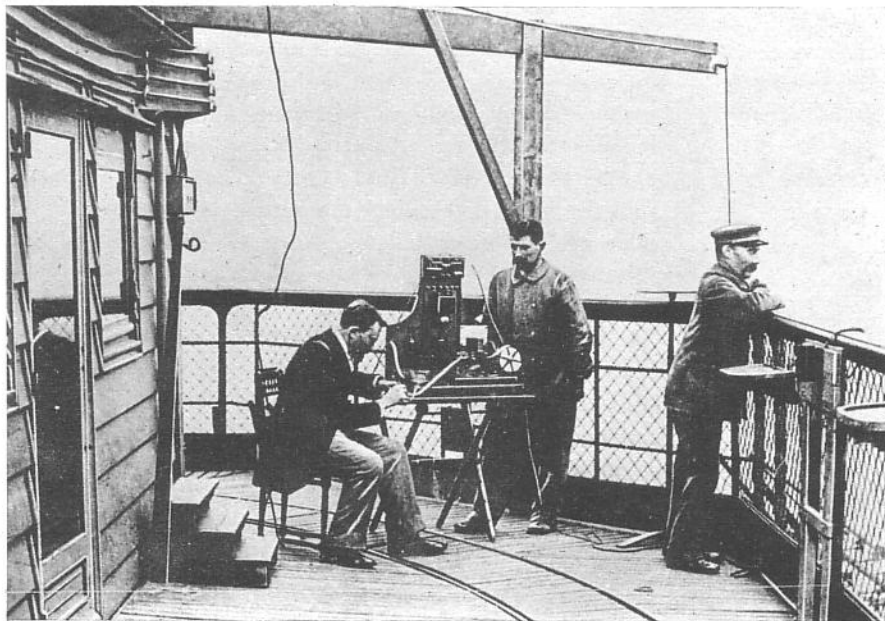
Les reliures de "votre Carrière" sont désormais à votre disposition. Réalisées en plein balacron avec fers spéciaux, elles constituent le moyen idéal pour grouper tous vos fascicules.

1°) **RELIURE TYPE A** pour les 26 premiers numéros, soit 6 mois de parution. Le système à fil plastique permet de placer immédiatement le numéro paru et d'ouvrir complètement pour la lecture.

Prix de cette reliure: 10 F à nos bureaux ou 11,70 F port compris contre virement ou mandat au CCP 5335 Paris - Editions Chiron - Livrable à partir du 15-6-1965.

2°) **RELIURE TYPE D** pour les feuilles volantes du dictionnaire anglais-français d'électronique, valable pour toutes les feuilles de A à Z qui seront publiées à raison de 4 pages ou 2 pages par numéro. Système autoserreur à princes. Reliure plein balacron fers spéciaux.

Prix: 12 F, à nos bureaux ou envoi par poste contre virement ou mandat de 13,70 F au CCP - Paris 5335 - Editions Chiron - Livrable à partir du 15-7-1965.



Du haut de la Tour Eiffel à Paris en 1898: premiers essais de transmission sans fil, les messages étaient reçus près du Panthéon, à une distance de 4 kilomètres!

La "bible" des
télécommunications
internationales:

LES REGLEMENTS TELEGRAPHIQUE, TELEPHONIQUE ET DES RADIO - COMMUNICATIONS DE L'U. I. T.

Le fonctionnement des télécommunications sur l'ensemble du globe est actuellement régi par cinq documents fondamentaux: la convention de l'Union internationale des télécommunications, le règlement télégraphique, le règlement téléphonique, le règlement des radio-communications et le règlement additionnel des radio-communications. Ces documents exception faite de la convention ou charte de l'Union, dont ils sont le complément, sont le résultat des travaux de l'UIT. Ils contiennent des dispositions concernant tous les aspects et toutes les phases des télécommunications internationales, à savoir: tarifs, voies d'acheminement et moyens de transmission des télégrammes; ordre de priorité à accorder aux télégrammes relatifs à la sécurité de la vie humaine; télégrammes de presse; service photo-électrique; différentes catégories de conversations téléphoniques; location de circuits; attribution de bandes de fréquences aux différents services radio-électriques dans l'ensemble du monde; mesures contre les brouillages nuisibles entre stations radio-électriques de différents pays; appel et trafic de détresse, d'alarme, d'urgence et de sécurité; radiotélégrammes et conversations radio-téléphoniques, ainsi que maintes autres questions de télécommunications.

L'établissement, la révision et, surtout, l'acceptation de ces quatre règlements par les membres de l'UIT constituent un remarquable exemple de coopération internationale, sans laquelle nombre de manifestations de la vie moderne seraient purement et simplement inconcevables. Il serait impossible d'échanger des conversations téléphoniques d'un pays à l'autre, d'assurer la navigation aérienne internationale, de suivre un programme étranger de radiodiffusion ou de télévision. Les nouvelles et les photographies de presse ne parviendraient au public que longtemps après l'évène-

ment. Bien pis: les êtres humains mourraient par millions sans les messages lancés instantanément pour demander des secours en cas de tremblements de terre, d'inondations, de naufrages, de catastrophes aériennes, d'épidémies et d'autres calamités pour lesquelles les frontières ne constituent pas un obstacle.

Réglementer les télécommunications internationales est aujourd'hui une nécessité vitale; aussi les quatre règlements fondamentaux de l'UIT se composent-ils de règles dictées par l'expérience d'innombrables problèmes qui se sont posés aux membres de cette organisation au cours de ses cent années d'existence.

LE REGLEMENT TELEGRAPHIQUE

Le problème de la taxation et de la tarification des correspondances télégraphiques échangées entre pays a été le premier à demander une solution; il a fallu établir, pour le régime international, des taxes assez modérées pour que le public pût utiliser les télégrammes aussi largement que possible, tout en veillant à assurer une rémunération équitable aux administrations ou aux exploitations privées. Lorsqu'un télégramme international est envoyé, disons, de Rome à Londres, le pays d'origine (Italie) et le pays de destination (Royaume-Uni) perçoivent, pour son traitement, ce qu'on appelle une taxe terminale. Dans le cas où cette correspondance est acheminée par la Suisse ou la France, ces deux pays font payer leurs propres taxes de transit.

Jusqu'à la conférence de Paris de 1865 les différents pays d'Europe fixaient leurs taxes de transit à leur propre gré. Ainsi, le Wurtemberg percevait 3 francs sur les télégrammes provenant de tous les pays autres que la France, l'Italie et la Suisse et 1 franc seulement sur les télégrammes expédiés de ces trois derniers pays.

La Russie et la Turquie constituaient encore un autre cas: les montants qu'elles percevaient étaient variables selon la distance séparant le lieu de destination et les frontières de leurs vastes empires.

Les intérêts nationaux ont cédé le pas à la coopération internationale à la conférence de Berlin de 1885 laquelle a institué un système qui, aujourd'hui encore, forme la base du règlement télégraphique de l'UIT. Pour tous les pays d'Europe, la taxe terminale et la taxe de transit ont été fixées de façon uniforme.

LE REGLEMENT TELEPHONIQUE

Maintes fois, un abonné au téléphone qui essaie d'appeler un correspondant à l'étranger s'entend simplement répondre par l'opératrice: « je regrette, monsieur, je n'ai pas de circuit libre. Il y a une attente d'une heure au moins ».

Or peut-être y a-t-il urgence: peut-être un membre de la famille du demandeur est-il malade ou mourant. Ou bien le demandeur a-t-il envie au dernier moment, de souhaiter bon anniversaire à sa mère. S'il juge nécessaire de gagner du temps il peut payer double pour un appel privé « urgent ». Mais il peut fort bien s'interroger: « Qui décide de l'urgence d'un appel? Supposons par exemple, une grave crise internationale, une épidémie, se propageant rapidement, de quelque maladie mortelle? Les gens vont se précipiter au téléphone par millions. Et circuits et opératrices vont manquer pour faire face à une avalanche d'appels. Qui donc va bénéficier de la priorité? »

Le règlement téléphonique établi par l'UIT prévoit expressément que la priorité absolue sur toutes les autres communications est réservée aux conversations de détresse et dans tous les cas où il y a péril de mort sur terre, sur mer ou dans les airs, y compris les conversations épidémiologiques d'urgence exceptionnelle de l'Organisation Mondiale de la Santé. Viennent ensuite certaines communications de l'Organisation des Nations Unies, puis les « conversations de service éclair » ayant pour objet le rétablissement des liaisons téléphoniques internationales totalement interrompues. Suivent, dans l'ordre de priorité: « conversation d'Etat éclair » et « conversations privées éclair ». (Les « conversations éclair » sont les plus rapides à obtenir et paient le triple de la taxe ordinaire; les « conversations urgentes », qui viennent en second lieu, paient le double).

Puis viennent les « conversations d'Etats urgentes », les « conversations de service urgentes », les « conversations privées urgentes », et enfin, les « conversations d'Etat ordinaires pour lesquelles la priorité a été expressément demandée » les « conversations privées ordinaires et les conversations de service ordinaires ». En cas de forte demande de communications urgentes, la durée des conversations privées peut-être limitée à douze, voire à six minutes; toutefois, en règle générale, la durée n'en est pas limitée.

Quant à la taxation l'unité de temps est encore aujourd'hui de trois minutes, périodes dont l'adoption remonte à la conférence de Budapest de 1896; le franc or continue de constituer la monnaie de compte en régime

international. A défaut d'accord spécial, la langue de service à utiliser dans les relations internationales, entre opérateurs de pays de langues différentes, est le français.

Le particulier qui demande une communication avec un pays étranger fera bien de songer un instant que le nombre des abonnés au téléphone, dans l'ensemble du monde, dépasse actuellement 170 millions, chiffre qui augmente de jour en jour, que souvent, les circuits ne sont pas assez nombreux pour écouler tout le trafic, que pour des raisons évidentes, il a fallu arrêter un ordre d'établissement des conversations qui doit être maintenu, que tous les pays, enfin, doivent s'entendre pour s'organiser et développer leurs réseaux téléphoniques respectifs et se conformer aux prescriptions du règlement téléphonique.

LE REGLEMENT DES RADIOCOMMUNICATIONS

Le recours, sans cesse accru, à la radio-électricité dans tous les modes de télécommunications rend aujourd'hui universellement indispensable le règlement des radiocommunications de l'UIT, qui constitue un ouvrage de quelques 700 pages. Il fournit en effet, des informations et des directives que les administrations publiques et les exploitations privées — du directeur général à l'opérateur — ne peuvent trouver nulle part ailleurs. Faute de se conformer à ses dispositions, il serait impossible de suivre un programme radiophonique ou télévisé d'un pays étranger. Chose plus importante encore, les avions ne pourraient voler, ni les navires sillonner les mers en aussi grand nombre et à une aussi grande vitesse sans risque de catastrophe.

Le premier règlement des radiocommunications a été établi à Berlin en 1906, année où les délégués de vingt-sept Etats se réunirent en une première conférence radiotélégraphique internationale; vingt et un ans après, en 1927, la conférence radiotélégraphique de Washington, à laquelle participaient quatre-vingts pays, procéda à la première attribution des fréquences radio-électriques.

Les conférences de radiocommunications de l'UIT continuent d'attribuer les bandes de fréquences aux différents services: service fixe et service mobile, maritime ou aéronautique, radiodiffusion, navigation aérienne, auxiliaires de la météorologie, amateurs, espace extra-atmosphérique et radio-astronomie. Dans les limites des attributions faites par les conférences et inscrites dans le règlement des radiocommunications, les autorités compétentes des membres de l'UIT « assignent » des fréquences aux stations qui relèvent de leur juridiction et notifient des assignations à l'Union.

Le règlement des radiocommunications traite de questions très variées; la partie la plus importante en est le tableau de répartition des bandes de fréquences. Il comprend également un tableau des séries internationales d'indicatifs d'appel permettant d'identifier, parmi plusieurs milliers, chacun des émetteurs du monde. Ce tableau commence par les séries AAA-ALZ, allouées aux Etats-Unis et se termine par ZVA-ZZZ (Brésil).

(suite page 34)

AMPLIFICATION EN HAUTE ET BASSE FREQUENCE

Le rôle d'un amplificateur Basse Fréquence est d'amplifier toutes les fréquences de la gamme acoustique de la manière la plus uniforme possible. Par contre, un amplificateur Haute Fréquence amplifie seulement une partie de la vaste gamme des fréquences Radio. C'est pourquoi les amplificateurs HF sont pourvus de circuits oscillants accordés sur des fréquences déterminées, tandis que ceux destinés à la BF sont montés avec des circuits apériodiques (non accordés).

AMPLIFICATEURS DE TENSION HAUTÉ FREQUENCE

Nous savons déjà que, dans les récepteurs de radio, le signal capté par l'antenne est extrêmement faible et qu'en outre, on capte simultanément tous les signaux émis par les autres stations d'émission; il faut donc que le signal désiré soit tout d'abord sélectionné parmi tous ceux reçus puis amplifié avant d'être transmis au détecteur et aux étages d'amplification BF. Tous les étages d'amplification haute fréquence sont des amplificateurs de tension et fonctionnent en classe A, ce qui permet d'obtenir une amplification élevée avec un minimum de distorsion. Comme nous l'avons vu, lors de l'étude du récepteur de radio à étage accordé, l'utilisation de ce type d'amplificateur augmente aussi bien la sensibilité que la sélectivité.

Dans les émetteurs, par contre, on a besoin d'amplificateurs HF de puissance; ceux-ci doivent, en effet, amplifier la faible puissance fournie par l'oscillateur, c'est-à-dire par l'étage qui produit les oscillations à la fréquence désirée, pour rayonner le maximum de puissance par l'antenne. Les amplificateurs HF de puissance peuvent fonctionner soit en classe B, soit en classe C.

Dans ce dernier cas la puissance obtenue est plus grande, mais en raison de la grande distorsion produite par la classe C, il est nécessaire lorsque la haute fréquence est déjà modulée, d'employer des amplificateurs classe B. Si la modulation est appliquée à l'étage final, tous les étages peuvent fonctionner en classe C: dans ce cas, on a une modulation à niveau élevé. Si la modulation est appliquée à l'avant-dernier étage, l'amplificateur de sortie (amplificateur de puissance) doit fonctionner en classe B; ce système est appelé modulation à faible niveau.

Types de lampes utilisés

Dans les récepteurs de Radio, les lampes amplificatrices haute fréquence sont presque toujours des

pentodes. Elles permettent, grâce à leur fort coefficient d'amplification d'obtenir un gain d'étage très élevé. En outre les pentodes présentent une faible capacité interélectrodes et, en conséquence, n'ont pas besoin d'être neutrodynées pour annuler le signal retournant de la plaque sur la grille de commande. Nous savons par contre, qu'un tel circuit (neutrodynage) est nécessaire, dans le cas d'une triode, pour éviter les oscillations indésirables.

Si l'amplification doit être contrôlée en faisant varier la polarisation de la grille de l'étage HF, on sait qu'il est alors nécessaire d'employer une lampe à pente variable.

Les pentodes haute fréquence du type classique présentent toutefois, certains inconvénients lorsqu'on les utilise à des fréquences très élevées, en raison de la capacité entre électrodes, qui bien que très faible, est encore trop forte à ces fréquences, et aussi en raison du temps de transit trop long. Par **temps de transit**, on entend le temps mis par un électron pour passer d'une électrode à l'autre dans la lampe. Aux fréquences élevées, ce temps devient une partie appréciable du cycle et il acquiert de ce fait, une importance considérable. On constate, alors une diminution de la résistance interne de la lampe, entraînant une réduction du facteur de mérite Q du circuit oscillant placé en parallèle sur le tube (effet d'amortissement).

Le temps de transit peut être réduit en diminuant les dimensions physiques et les distances entre électrodes, comme on peut le voir dans les lampes du type miniature ou dans celles du type « gland ».

Les tubes électroniques utilisés dans les récepteurs et dans les émetteurs sont de construction semblable, seules leurs dimensions sont différentes. Etant donné que la plupart des lampes d'émission sont des tubes de puissance, destinés à l'amplification de tensions élevées et de forts courants, il est normal que leurs dimensions et leur poids soient très supérieurs à ceux des types destinés à la réception. Nous dirons enfin que dans les émetteurs puissants, les lampes finales sont à refroidissement forcé, soit par un système de ventilateur soit par circulation d'eau.

Couplages entre étages

Amplificateurs de tension non accordés. Bien que la majeure partie des amplificateurs haute fréquence soient du type accordé, il peut se faire que dans certains cas particuliers, on utilise en HF des étages non

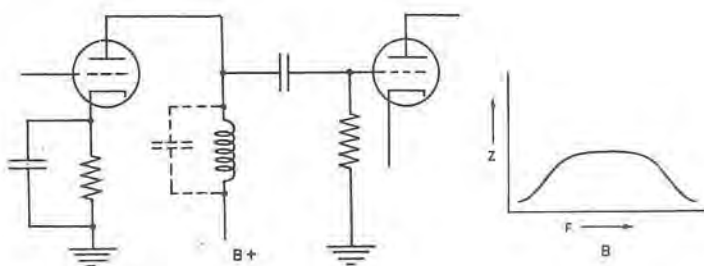


Fig. 1-A - Schéma de principe d'un étage amplificateur Haute Fréquence apériodique, c'est-à-dire indépendant de la fréquence. Dans ce cas, le couplage est réalisé au moyen d'une liaison par impédance et capacité (L-C). En B, on a représenté la courbe de réponse de l'étage dans une gamme déterminée de fréquence.

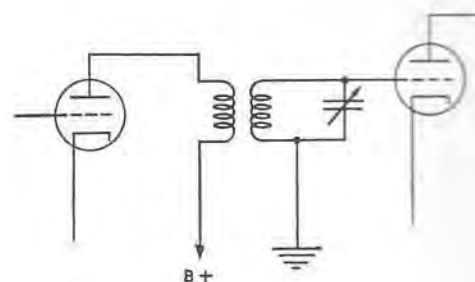


Fig. 2 - Un condensateur variable (branché en parallèle sur le secondaire du transformateur de couplage, permet d'accorder l'étage. La fréquence de fonctionnement dépend des valeurs de l'inductance et de la capacité du circuit LC.

accordés, comme celui dont le schéma est donné figure 1. Un tel étage est dit **apériodique**.

Dans ce montage, le couplage le plus fréquent est celui par impédance-capacité mais on peut également employer le couplage par transformateur. Dans les deux cas, l'impédance de charge du tube est constituée par l'enroulement de l'impédance, ou par le primaire du transformateur, avec la capacité placée à ses bornes. Cette capacité est constituée par la capacité entre les électrodes du tube et par la capacité répartie du bobinage et du câblage. La figure 1-B représente la courbe de résonance d'un amplificateur apériodique.

Amplificateurs de tension accordés. Si, en parallèle sur l'impédance, ou sur l'enroulement secondaire du transformateur d'un circuit apériodique, on branche un condensateur variable, (figure 2), ce circuit peut être accordé sur n'importe quelle fréquence située à l'intérieur d'une gamme déterminée dépendant des valeurs de L et de C. L'amplificateur HF à circuits accordés est largement utilisé dans les étages d'entrée des récepteurs de Radio (qu'ils soient du type à amplification directe ou du type changeur de fréquence).

Rappelons brièvement les divers avantages découlant de l'utilisation de circuits accordés: en premier lieu, il est possible d'obtenir l'amplification maximum pour chaque fréquence sélectionnée, car la courbe de résonance est relativement pointue; en second lieu, les signaux choisis sont beaucoup plus fortement amplifiés que ceux situés de part et d'autre de cette fréquence. Si, par exemple, la courbe de résonance d'un étage amplificateur est celle illustrée sur la figure 3, l'amplification se fera sur des signaux compris entre 1 000 et 1 010 kHz; ceux situés en dehors de cette étroite bande ne seront que très peu, ou pas du tout amplifiés.

Les signaux HF rayonnés par une antenne comprennent la fréquence porteuse, plus ou moins la fréquence acoustique de modulation. Toutes les stations d'émission à modulation d'amplitude ont une bande limitée à 10 000 Hz, soit 5 000 Hz de chaque côté de la fréquence de la porteuse.

Si l'on utilise un amplificateur HF comme étage d'entrée d'un récepteur, il faut que toute la bande mentionnée ci-dessus (10 000 Hz) soit amplifiée d'une manière uniforme, ceci pour assurer une reproduction fidèle des fréquences acoustiques.

Supposons que l'émetteur émette sur une fréquence porteuse de 1 005 kHz. Dans la courbe de réponse idéale d'un amplificateur, telle que celle de la figure 4, tous les signaux compris dans la gamme désirée sont uniformément amplifiés, tandis qu'il n'y a aucune amplification au delà de ces limites.

Toutefois, en pratique, il est impossible d'obtenir une telle courbe parfaitement rectangulaire.

AMPLIFICATEURS DE TENSION BASSE FREQUENCE

La majeure partie des récepteurs de radio exigent plus d'un étage d'amplification BF (soit de tension, soit de puissance). Pour réaliser un gain (plus élevé) il est donc nécessaire de relier les divers étages entre eux; quand la sortie de l'un devient l'entrée de l'étage suivant, on réalise un amplificateur en « cascade ».

Le couplage des étages basse-fréquence se fait par des moyens différents de ceux utilisés dans le cas d'amplificateurs HF. Etant donné que ces derniers ont des charges anodiques constituées par des circuits oscillants, le couplage entre étages peut se faire au moyen de circuits accordés ce qui ne peut se faire en Basse Fréquence.

Divers moyens de couplage sont employés en BF, chacun d'eux a ses avantages et ses inconvénients et le choix du mode de couplage dépend des exigences particulières du montage. Les différents systèmes sont les suivants: couplage par résistance-capacité, par impédance, par transformateur, couplage cathodique et liaison directe.

Couplage par résistance et capacité. Ce type de couplage, appelé communément R-C, est un des plus employés dans les amplificateurs BF de tension. Il est illustré sur la figure 5, dans laquelle le condensateur C_c et la résistance R_g sont les éléments de couplage.

Un signal de faible amplitude appliqué sur la grille

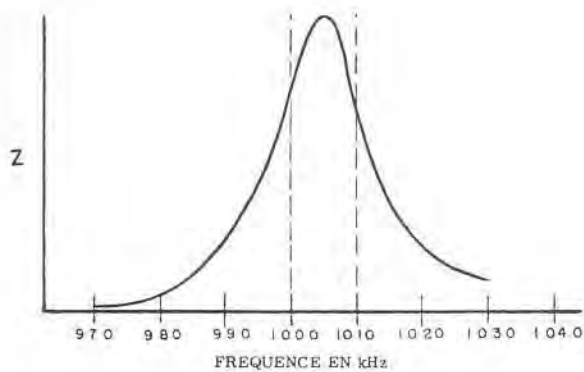


Fig. 3 - Courbe de réponse d'un étage amplificateur HF accordé; l'impédance Z est maximum à la fréquence de résonance.

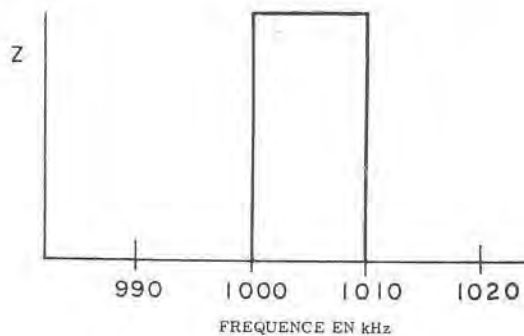


Fig. 4 - Courbe de réponse idéale d'un étage HF accordé. L'amplification ne se produit que dans la bande étroite de résonance du circuit.

du tube V_1 est transformé en un signal d'amplitude notable aux bornes de la résistance de charge anodique R_c , en vertu du coefficient d'amplification du tube lui-même. Le condensateur de couplage transmet le signal alternatif de la plaque de V_1 à la grille de V_2 . La tension du signal présentée aux bornes de la résistance de grille de V_1 (lampe d'entrée), se trouve donc amplifiée sur la grille de V_2 . La résistance R_g constitue également une résistance de fuite vers la masse pour tous les électrons qui peuvent s'accumuler, éventuellement, du côté grille de C_c .

Le principal avantage d'un amplificateur R-C est son aptitude à amplifier d'une manière uniforme tous les signaux compris dans une vaste gamme de fréquences. Ce fait est illustré par la courbe de réponse en fréquence d'un amplificateur BF à couplage par résistance-capacité, représentée sur la **figure 6**. Cette courbe a été relevée en appliquant un signal de fréquence variable, mais d'amplitude constante, à l'entrée de l'amplificateur et en mesurant la tension de sortie à l'aide d'un instrument approprié, un voltmètre à lampe par exemple; on peut alors construire la courbe, point par point. Cette courbe s'appelle **courbe de réponse en fréquence** de l'amplificateur. Sur l'axe vertical, comportant des graduations équidistantes, on porte les tensions de sortie (amplitude), tandis que les fréquences correspondantes sont portées sur l'axe horizontal, à échelle logarithmique; cette dernière échelle est utilisée pour pouvoir loger toute la gamme des fréquences audibles dans un espace réduit.

Si l'on désire obtenir un fort coefficient d'amplification du tube V_1 de la **figure 5**, il faut faire en sorte que la valeur ohmique de la charge anodique soit aussi forte que possible. Pourtant, comme on le voit sur la **figure 6**, une valeur élevée de R_c , si elle procure bien une forte amplification, ne donne pas une courbe de réponse linéaire, il y a perte d'amplification aux deux extrémités de la gamme. Une faible valeur de R_c , par contre, permet d'obtenir une excellente courbe de réponse mais au détriment de l'amplification. Il faut faire un compromis entre ces deux

extrêmes pour un amplificateur fournissant un gain suffisant avec une courbe de réponse satisfaisante.

La **figure 5** montre que la résistance de grille de V_2 est, en fait, en parallèle sur la résistance de charge de V_1 ; il en résulte que R_g doit être plus forte que R_c pour ne pas diminuer la valeur effective de cette dernière, aux bornes desquelles on recueille le signal amplifié. Généralement, la résistance ohmique de R_c est plus de deux fois supérieure à celle de la résistance de charge de l'étage précédent; toutefois, on ne peut pas lui donner une valeur exagérée, car les électrons qui s'accumulent sur la grille doivent pouvoir être évacués vers la masse, pour éviter une autopolarisation qui surpolariserait le tube et déplacerait son point de fonctionnement.

En examinant les courbes de la **figure 6**, on peut constater que l'amplification est plus faible aux extrémités, basse et haute, de la gamme de fréquences. On peut expliquer ce fait en redessinant le circuit de couplage R-C de la façon illustrée sur la **figure 7**. Aux fréquences basses de la gamme, la réactance de C_c prend une valeur élevée, elle devient équivalente à une résistance qui étant en série avec R_g , forme avec elle un diviseur de tension; dans ce cas, seule une partie du signal est appliquée aux bornes de R_c , donc sur la grille de V_2 . La capacité de C_c devra donc être suffisamment élevée pour éviter toute perte d'amplitude aux fréquences basses. Toutefois, une trop forte capacité ne peut être utilisée, car elle mettrait trop de temps pour se décharger à travers la résistance de grille, après avoir été chargée par un fort signal.

La capacité du condensateur de couplage et la valeur ohmique de la résistance de grille devront être choisies de manière à permettre la décharge du condensateur même pour des signaux de forte amplitude, en évitant en même temps, l'atténuation des signaux de fréquence basse. Les valeurs convenables seront indiquées dans une série de tableaux que nous publierons dans les prochaines leçons (60ème et 61ème).

Aux fréquences élevées de la gamme, la réactance de C_c est tellement faible qu'il se comporte comme

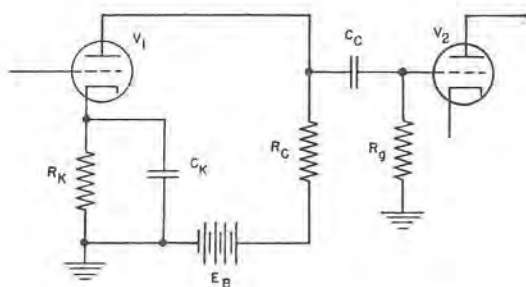


Fig. 5 - Couplage R-C entre deux étages amplificateurs Basse Fréquence. Le signal amplifié par V1 est recueilli aux bornes de R_C et est transmis, par le condensateur C_C , à la grille de V2, tandis que la tension anodique continue est bloquée.

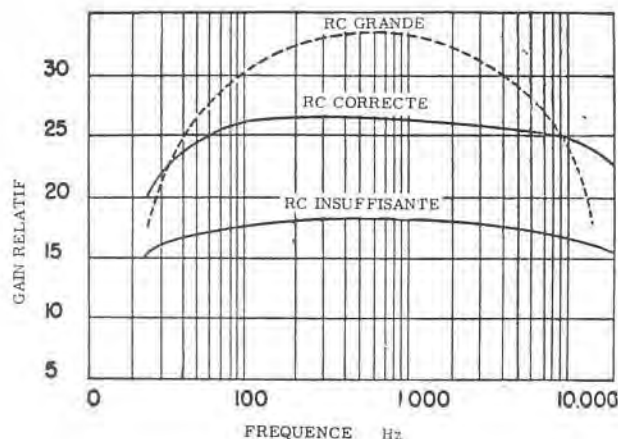


Fig. 6 - Courbe de réponse d'un étage amplificateur à résistance-capacité pour diverses valeurs de la résistance de charge.

un véritable court-circuit pour le signal. Toutefois, à ces fréquences la réactance de la capacité cathode-plaque du tube, ainsi que celle de la capacité répartie entre le câblage et la masse du châssis, deviennent suffisamment importantes pour qu'il faille en tenir compte (on a représenté ces deux capacités par le condensateur figuré en pointillé sur la figure 7). Cette capacité parasite étant pratiquement en parallèle sur la résistance de charge R_C , elle dérive une partie du signal vers la masse, et cela d'autant plus que la fréquence est plus élevée (la réactance de la capacité parasite diminuant lorsque la fréquence s'élève). C'est la raison pour laquelle on constate une baisse d'amplification à l'extrémité haute de la gamme de fréquences.

Le principal avantage du couplage R - C consiste dans le fait qu'il donne la possibilité de réaliser une amplification uniforme, malgré les limitations indiquées ci-dessus, dans une gamme relativement large. Il permet en outre, l'utilisation d'éléments peu coûteux, de dimensions réduites, favorisant la réalisation d'ensembles peu encombrants et beaucoup plus simples que ceux obtenus par d'autres moyens. Il présente par contre, le désavantage de n'apporter aucun gain par lui-même, toute l'amplification de l'étage étant due exclusivement à la lampe, ce qui fait que pour obtenir une amplification déterminée, il faut employer un nombre d'étages plus grand que celui qui serait nécessaire si le couplage se faisait par un transformateur qui — nous le savons — peut élever la tension si cela est nécessaire.

Le gain d'un amplificateur est donné par le rapport entre l'amplitude du signal amplifié recueilli sur la plaque et l'amplitude du signal d'entrée appliqué sur la grille. L'amplification en tension d'un étage dépend du coefficient d'amplification de la lampe, de la valeur de sa résistance de plaque R_p , et de la valeur de la résistance de grille R_g de l'étage suivant. Dans un amplificateur du type R-C, la résistance effective de charge du tube est approximativement égale à la résistance de charge réelle, en parallèle sur

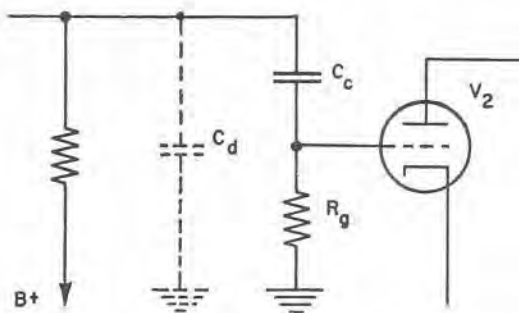
la résistance de grille de l'étage qui suit. La valeur résultant de la combinaison de ces deux résistances, représentée par le symbole R_c , est considérée comme la résistance de charge réelle. L'amplification de tension est alors exprimée par l'équation suivante :

$$\text{amplification de tension} = \frac{\mu \times R_c}{R_c \times R_g}$$

Couplage par impédance. Le couplage par impédance est semblable au couplage par résistance-capacité, à l'exception du fait que la charge anodique de la lampe amplificatrice est constituée par une inductance ou impédance, au lieu de l'être par une résistance (figure 8). L'avantage de cette substitution réside dans le fait que l'impédance est très élevée vis-à-vis de la composante alternative (signal), tandis que la résistance ohmique de l'enroulement est faible, tout au moins si on la compare à la valeur de la résistance de charge d'un couplage R-C. Il est donc possible d'obtenir des impédances de charge de valeur élevée pour l'amplification des courants alternatifs (signal) ne présentant qu'une faible résistance au courant continu d'alimentation anodique; on pourra ainsi utiliser une tension plaque moins élevée, la chute de tension, produite par le passage du courant anodique étant plus faible dans le cas d'une impédance (bobinage) que dans le cas d'une résistance de charge.

Ce système de couplage à impédance et capacité (appelé L-C), présente toutefois le désavantage de ne pas procurer une amplification constante pour toutes les fréquences; en effet, la réactance inductive de l'enroulement ($X_L = 2\pi FL$) est minimum pour les fréquences très basses, et maximum pour les fréquences très élevées (dans la gamme des fréquences acoustiques, évidemment), d'où une amplification qui croît avec la fréquence du signal.

Couplage par transformateur. On utilise le couplage par transformateur (aussi bien en HF qu'en BF), pour coupler deux étages entre eux figure 9-A. Le primaire du transformateur sert de charge anodique au premier étage, tandis que le secondaire applique la tension du signal sur la grille de la lampe suivante.



Mis gratuitement en ligne par Alain et André.

Fig. 7 - La réactance C_c et la résistance R_g forment un diviseur de tension atténuant les fréquences basses. Par contre, les fréquences élevées sont atténuées par la présence des capacités parasites représentées par C_d .

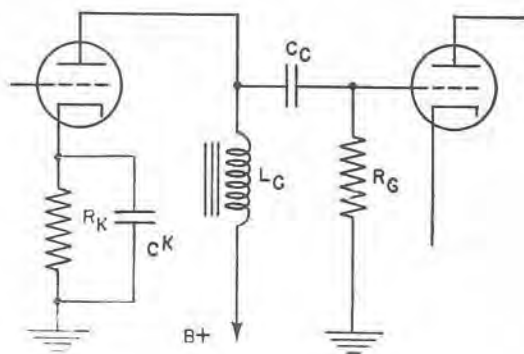


Fig. 8 - Couplage par L-C. L'impédance se comporte comme une résistance de charge, mais présente une faible résistance au courant continu; il en résulte que la tension anodique réelle est plus élevée que dans un montage R-C.

Comme le couplage L-C vu ci-dessus, la couplage par transformateur présente l'avantage de ne produire qu'une faible chute de tension dans le primaire. En outre, si l'enroulement secondaire a un plus grand nombre de tours que le primaire, la tension de sortie se trouve être augmentée proportionnellement au rapport du nombre des tours des enroulements.

Ce mode de couplage est particulièrement intéressant dans le cas d'un amplificateur symétrique (push-pull), car le transformateur peut fournir en même temps deux tensions d'amplitudes égales mais déphasées entre elles de 180° . La figure 9-B donne le schéma d'un tel montage déjà rencontré dans une étude précédente, au cours de laquelle nous avons vu que les étages en push-pull pouvaient fonctionner en classe B pour délivrer une puissance sortie importante, avec une distorsion suffisamment faible.

La figure 10 représente la courbe de réponse en fréquence d'un amplificateur Basse Fréquence à transformateur. On peut constater que ce mode de couplage procure un gain élevé et une réponse relativement constante dans la partie centrale de la gamme, tandis que le rendement diminue rapidement aussi bien aux fréquences basses qu'aux fréquences élevées. La perte d'amplification aux fréquences basses est provoquée par la faible réactance du primaire du transformateur à ces fréquences; d'autre part, la perte rapide d'amplification aux fréquences élevées est due aux effets néfastes de la capacité répartie entre les spires de la capacité, entre les enroulements et la masse, de la dispersion et des pertes dans le fer, qui augmentent avec la fréquence.

Aux fréquences élevées, la réactance du primaire du transformateur est suffisamment grande pour que son influence sur la réponse soit négligeable. Toutefois, en un certain point l'inductance de dispersion se combine avec la capacité répartie du circuit pour former un circuit accordé, dont l'effet se manifeste sous la forme d'une bosse (pointe de résonance) dans la courbe de réponse (figure 10).

Dans les amplificateurs des classes AB et B, le couplage par transformateur est rendu obligatoire du fait

d'une caractéristique propre à ces montages: la plupart de ces amplificateurs nécessitent en effet, des tensions d'entrée (signal sur les grilles) d'une amplitude telle que les grilles peuvent devenir positives pendant une partie du cycle du signal alternatif.

Mais, lorsque la grille devient positive, un courant grille prend naissance et si le circuit grille comporte une résistance élevée, le courant grille produit une tension de polarisation supplémentaire (par chute de tension dans cette résistance) qui s'oppose au signal, réduisant ainsi la puissance de sortie et provoquant des distorsions.

Il faut donc que la résistance en courant continu du circuit grille de ces amplificateurs soit maintenue à une valeur suffisamment faible pour éviter la surpolarisation produite par le passage du courant grille lorsque celle-ci devient positive: la faible résistance ohmique de l'enroulement secondaire d'un transformateur de couplage satisfait parfaitement à cette exigence. C'est pourquoi, dans les étages de puissance en classes AB ou B, le couplage se fait toujours au moyen d'un transformateur.

Les transformateurs sont des dispositifs permettant une parfaite adaptation des impédances. Pour obtenir le rendement maximum, c'est-à-dire pour que le transfert de puissance du circuit plaque de l'étage précédent au circuit grille de l'étage suivant soit aussi grand que possible, l'impédance de sortie du premier doit être adaptée à celle d'entrée du second. Cette adaptation peut être facilement réalisée au moyen d'un transformateur de rapport convenable; ce sujet sera traité dans notre 58ème leçon.

Couplage cathodique — Dans la 37ème leçon, consacrée aux transformateurs, nous avons appris que le transfert maximum de puissance d'un circuit à un autre se produit lorsque l'impédance interne du circuit de charge est égale à celle de la source d'énergie. Nous savons également que, pour adapter entre eux deux circuits d'impédances différentes, on recourt souvent à l'emploi de transformateurs.

Ces derniers toutefois, imposent certaines limitations, en particulier en raison de leur courbe de réponse très

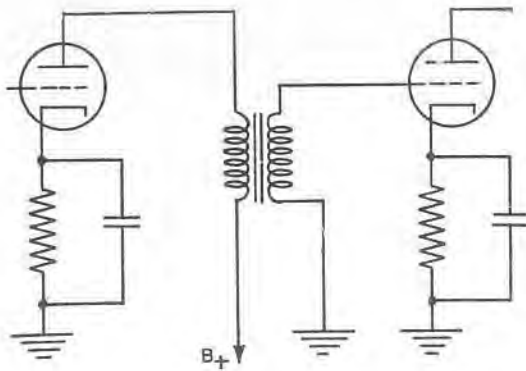


Fig. 9-A - Couplage par transformateur. Il ressemble au montage L-C, avec la différence que le signal transmis à l'étage suivant peut avoir une amplitude plus grande ou plus petite, selon le rapport entre les tours primaire et secondaire.

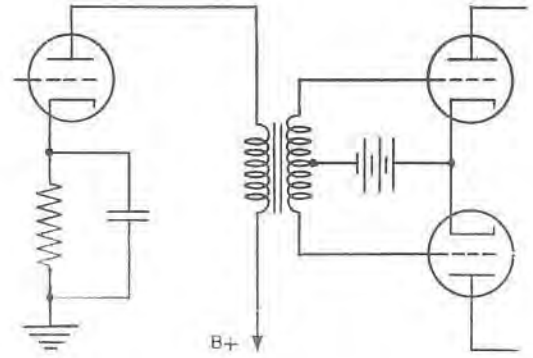


Fig. 9-B - Couplage par transformateur entre un étage pilote et un étage final en push-pull. Le signal recueilli aux extrémités du secondaire est appliqué aux deux grilles, avec des phases opposées.

souvent assez limité. Dans les circuits pour lesquels la linéarité de la courbe de réponse doit être une caractéristique essentielle, l'adaptation des impédances se fait au moyen d'un tube électronique monté de façon spéciale.

Etant donné que le problème consiste à adapter une source d'énergie ayant une impédance interne élevée à une charge ayant une impédance plus faible, le dispositif permettant l'adaptation doit être caractérisé par une entrée à forte impédance et une sortie à basse impédance. Une lampe peut être montée dans un circuit présentant de telles caractéristiques, on réalise alors le montage dit à « couplage cathodique » (« cathode follower » en anglais).

La figure 11 donne un exemple d'un tel montage. La tension d'entrée (E_i) est appliquée à la grille de la lampe, tandis que la tension de sortie (E_o) est recueillie aux bornes de la résistance de cathode R_K . Etant donné que cette dernière est de valeur ohmique faible, tandis que la résistance d'entrée (R_e) est de valeur élevée, le circuit présente bien la caractéristique requise, à savoir: impédance d'entrée élevée et basse impédance de sortie.

La suppression (inévitable) du condensateur de découplage de la cathode (condensateur de forte capacité placé en parallèle sur la résistance de cathode) fait que la polarisation de grille (qui est, comme nous le savons, déterminée par la résistance de cathode) n'est pas constante, mais varie au contraire avec le signal d'entrée. La tension du signal s'ajoute algébriquement à la polarisation fixe, faisant varier l'intensité du courant anodique.

Dans ces conditions, pendant l'alternance négative du signal, le courant anodique tend à diminuer: ceci correspond dans le même temps, à une diminution de la chute de tension aux bornes de R_K et, par suite, à une diminution de la tension de polarisation de la grille. Cette diminution tend par contre, à faire augmenter le courant anodique; les deux effets opposés annulent l'amplification que procurerait le tube dans des conditions normales.

Le gain en tension d'un étage à couplage cathodique

est inférieur à l'unité: en d'autres termes, ce montage produit une atténuation du signal. Il permet toutefois une amplification en **puissance**. Sa principale caractéristique est qu'il donne une excellente courbe de réponse linéaire en fréquence et, pour cette raison, il est souvent utilisé comme étage d'entrée dans les instruments de mesure et, dans certains cas particuliers, également comme étage de sortie.

On remarquera qu'à la différence des autres systèmes de couplage, le couplage par la cathode donne un signal de sortie en phase avec le signal d'entrée.

La linéarité de réponse en fréquence, dans le montage cathodique, est due à l'influence qu'exerce le circuit de plaque sur le circuit de grille, à l'intérieur même de la lampe. Il se produit une « contre-réaction » (que nous étudierons en détail par la suite) qui contribue à donner une courbe de réponse amplitude fréquence uniforme, mais qui, par contre, annule l'amplification de l'étage. Grâce à cette contre-réaction importante, le signal de sortie n'est affecté que d'une très faible distorsion, souvent négligeable en pratique, et c'est pourquoi ce circuit d'adaptation offre de sérieux avantages sur le circuit d'adaptation par transformateur.

La valeur de la résistance de cathode, nécessaire pour obtenir une impédance de sortie déterminée, peut être calculée au moyen de la formule:

$$R_K = \frac{Z_o r_p}{r_p - Z_o (\mu + 1)}$$

dans laquelle Z_o est l'impédance de sortie, r_p la résistance de plaque et μ le coefficient d'amplification du tube.

Dans certains montages spéciaux, la résistance de cathode, R_K , est remplacée par une impédance ou par le primaire d'un transformateur. Dans ce cas toutefois, la présence d'un élément réactif produit une discrimination de fréquence.

Couplage direct — Dans tous les circuits décrits jusqu'ici, le dispositif de couplage utilisé isole le circuit grille de l'étage suivant de la tension plaque continue de l'étage précédent, tandis qu'il permet le

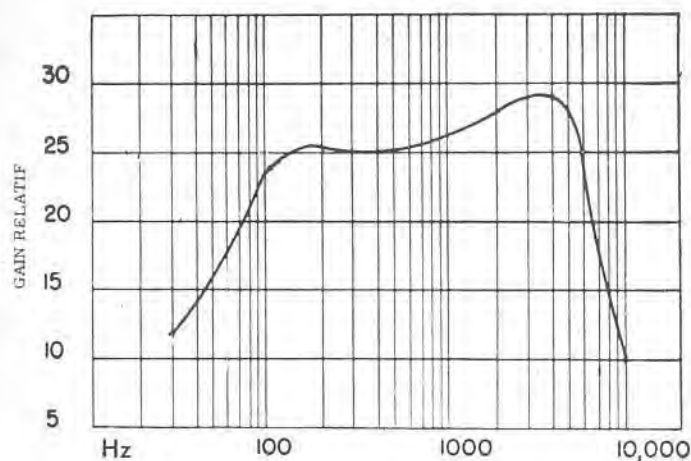


Fig. 10 - Courbe de réponse d'étage amplificateur avec couplage par transformateur.

passage de la seule composante alternative, c'est-à-dire du signal. Par contre, dans un amplificateur à couplage direct, la plaque d'une lampe est reliée directement à la grille de la lampe suivante, sans aucun dispositif de blocage ou de couplage, comme le montre la **figure 12**. Du moment que la plaque de la première lampe est portée à un potentiel positif supérieur à celui de sa cathode, la grille du second tube est également portée à un potentiel positif; comme elle doit, malgré tout, être négative par rapport à sa propre cathode, cette dernière électrode doit être reliée à un point qui doit être plus positif par rapport au potentiel de grille. Cela est obtenu au moyen d'un diviseur de tension spécial, représenté sur la fig. 12.

Suivons la distribution des tensions sur ce diviseur, à partir de l'extrémité la plus négative. Nous voyons que la grille de V_1 est reliée au point A à travers la résistance de grille R_g . La polarisation de ce premier tube est obtenue en reliant sa cathode au point B du diviseur, qui est porté à un potentiel plus positif que le point A.

La plaque de V_1 est reliée au point D à travers la résistance de charge R_c , laquelle sert en même temps de résistance de grille pour la lampe suivante, V_2 . Etant donné que le point D est plus positif que A ou B, la plaque de V_1 reçoit une alimentation anodique correcte. On notera que lorsque le courant anodique passe dans R_c , la chute de tension qui se produit à ses bornes réduit la tension plaque.

Le point D est relié sur le diviseur de telle sorte que la moitié de la tension totale d'alimentation disponible soit employée au fonctionnement de V_1 . La plaque de la lampe V_2 est reliée au point E (qui reçoit la tension d'alimentation totale) à travers une résistance de charge convenable. La cathode de V_2 est reliée au point C, lequel a un potentiel positif légèrement supérieur à celui de la plaque de V_1 . La polarisation de V_2 est obtenue par la chute de tension produite par son courant anodique. Si les tensions des lampes sont réglées pour le fonctionnement en classe A, ce montage permet de réaliser un amplificateur sans

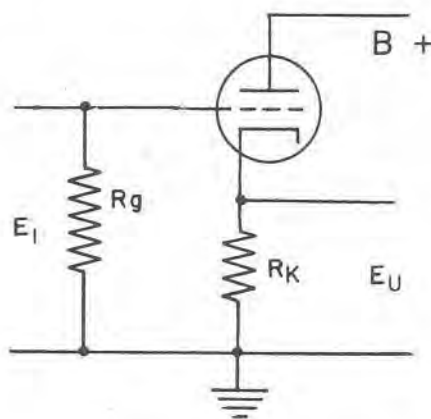


Fig. 11 - Etage à sortie cathodique. Le signal apparaît aux bornes de R_K et est en phase avec le signal appliqué sur la grille; cet étage n'apporte aucune amplification.

distorsions, donnant une réponse uniforme sur une très large gamme de fréquences.

Les amplificateurs à couplage direct sont employés pour l'amplification des très basses fréquences, car l'impédance des éléments de couplage (qui sont de simples conducteurs) ne varie pas avec la fréquence.

AMPLIFICATEURS DE PUISSANCE BASSE FREQUENCE

Le haut-parleur d'un récepteur devant fournir une puissance acoustique notable, la lampe amplificatrice finale doit pouvoir délivrer une puissance modulée suffisante. Il faut en outre que malgré cette puissance importante, le signal de sortie ait une forme d'onde aussi semblable que possible à celle du signal d'entrée. Il s'ensuit qu'un amplificateur de puissance à une seule lampe doit fonctionner nécessairement en classe A, plutôt qu'en classes AB ou B.

Pour obtenir la distorsion la plus faible, une triode doit avoir une impédance de charge égale au double de sa résistance de plaque. Les pentodes et les tubes à faisceaux électroniques ont une résistance interne beaucoup plus grande que celle des triodes; pour cette raison, ils produiraient une trop forte distorsion si la même proportion était maintenue, c'est-à-dire si leur résistance de charge avait une impédance deux fois plus grande que leur résistance interne.

Pour les pentodes et les tubes à faisceaux électroniques, les résistances de charge (indiquées par les constructeurs) varient entre 2 000 et 12 000 ohms selon les types et les tensions d'alimentation. Avec une différence d'adaptation aussi grande, la plus grande partie de la puissance disponible est dissipée dans la lampe elle-même sous forme de chaleur, mais, grâce à leur fort coefficient d'amplification, on peut obtenir une puissance modulée appréciable avec un signal d'entrée très faible.

Caractéristiques des lampes de puissance

Etant donné que dans un amplificateur en cascade, chaque tube amplifie successivement la tension du si-

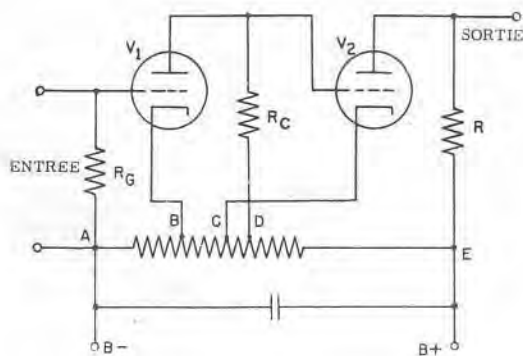


Fig. 12 - Couplage direct entre deux étages. La grille de V2, bien que reliée à la plaque de V1 (positive) est négative par rapport à sa cathode (potentiels relatifs).

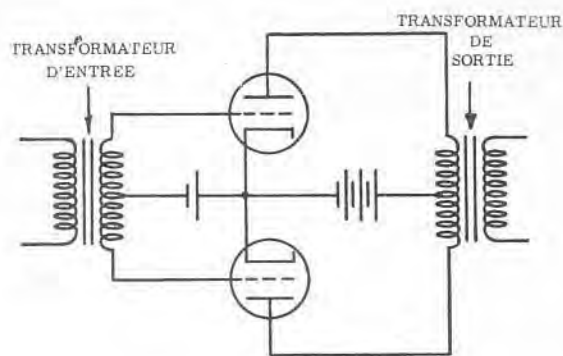


Fig. 13 - Etage final en push-pull avec transformateurs d'entrée et de sortie. Le premier transformateur fournit les signaux de polarité opposée aux deux grilles, et le second transformateur intègre les deux signaux en un signal unique.

gnal, il peut arriver que la tension amplifiée atteigne une amplitude telle que la grille du tube amplificateur de puissance devienne positive, ou atteigne le point d'annulation du courant anodique (cut-off), ce qui entraîne une distorsion considérable. Pour cette raison les tubes amplificateurs de puissance sont conçus pour présenter une courbe caractéristique relativement rectiligne malgré les grandes oscillations du potentiel grille et, en outre, pour avoir une grande sensibilité en puissance. Dans un amplificateur en classe A, on entend par **sensibilité en puissance** le rapport entre la puissance de sortie (puissance modulée) et le signal de grille qui la produit. Les triodes de puissance se caractérisent par une faible sensibilité, un faible rendement et une faible distorsion. Les pentodes de puissance, par contre, ont une forte sensibilité, un fort rendement et une distorsion relativement faible. Les lampes de puissance à faisceaux ont une sensibilité et un rendement supérieur à celui des pentodes classiques.

Adaptation de l'impédance de sortie

L'impédance de la charge reliée à la sortie d'un amplificateur de puissance peut aller de quelques ohms, comme dans le cas de la bobine mobile d'un haut-parleur, à plusieurs milliers d'ohms, comme pour certains types de casques. Il est donc nécessaire d'employer un transformateur qui aura pour fonction d'adapter l'impédance du dispositif d'utilisation à l'impédance de charge nécessaire au fonctionnement correct du tube final. Le rapport entre le nombre des spires primaires et secondaires de ce transformateur peut être déterminé en prenant la racine carrée du rapport des impédances. Par exemple, si un amplificateur dont l'impédance de charge optimum doit être de 7 600 ohms est utilisé pour un casque ayant une impédance totale de 600 ohms, le rapport entre les spires primaires et secondaires doit être de:

$$\sqrt{7\,600 : 600} = 3,56$$

Ce transformateur est dit de rapport 3,56 : 1.

Lampes de puissance en parallèle

Une des méthodes utilisées pour obtenir une puissance modulée plus grande que celle pouvant être délivrée par un seul tube consiste à en monter deux en parallèle. Cela peut se faire très simplement en reliant entre elles les électrodes similaires, c'est-à-dire la plaque de l'une à la plaque de l'autre, la grille avec la grille et la cathode avec la cathode. Dans ce montage, les deux tubes se comportent comme un tube unique ayant un courant anodique double de celui d'un seul.

Lors du calcul de la valeur ohmique de la résistance de polarisation de deux lampes en parallèle, il faut se rappeler que cette résistance de cathode est parcourue par les courants anodiques des deux lampes et que, par conséquent sa valeur doit être la moitié de celle nécessaire au fonctionnement d'un seul tube. En outre, étant donné que les deux tubes sont en parallèle, la résistance interne R_p est réduite de moitié et la capacité entre les électrodes est doublée. De ce fait, pour obtenir le rendement maximum, la valeur de la résistance sera deux fois moins grande que celle indiquée pour un seul tube.

Amplificateurs de puissance symétrique (push-pull)

Nous avons déjà étudié un montage permettant d'obtenir une puissance modulée importante, supérieure à celle pouvant être délivrée par une seule lampe; il consiste à monter deux tubes en opposition de phase, montage symétrique ou push-pull, auquel cas, l'amplificateur peut fonctionner en classe A, AB ou B, selon la puissance désirée. Dans le cas du fonctionnement en classe B, on utilise une triode de puissance en classe A pour fournir aux grilles des lampes finales le signal de forte amplitude nécessaire; on utilise de préférence une triode en raison de sa faible impédance de plaque.

La méthode la plus employée pour « attaquer » un amplificateur push-pull est celle utilisant un transformateur, ayant un secondaire à prise médiane comme, élément de couplage (figure 9-B).

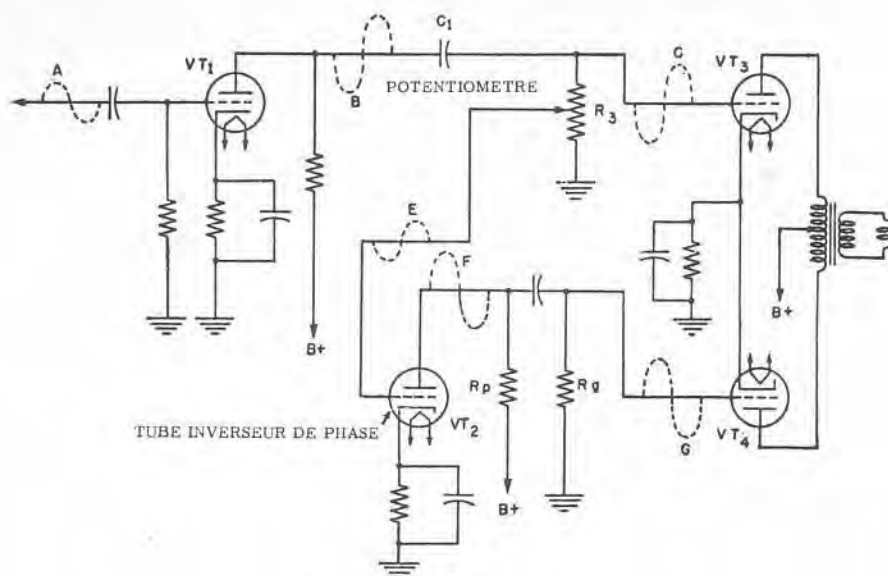


Fig. 14 - Etage de sortie push-pull avec inverseur électronique. L'inversion de la phase du signal est obtenue au moyen de la lampe V2 (au lieu du transformateur habituel). La courbe de réponse de cet amplificateur est meilleure que celle d'un amplificateur similaire à couplage par transformateur.

Un tel montage permet d'attaquer les grilles des deux lampes de puissance avec des tensions égales, mais déphasées de 180° . Ce même résultat peut être également obtenu, comme nous le verrons sous peu, dans le cas d'un couplage par résistance-capacité, au moyen d'un étage déphaseur. Le schéma de principe d'un étage symétrique push-pull est donné figure 13. Les deux grilles sont reliées aux extrémités du transformateur d'entrée; les deux cathodes sont reliées ensemble et la polarisation cathodique peut être obtenue, comme nous l'avons vu pour les lampes en parallèle, en reliant les cathodes à la masse à travers une résistance de valeur convenable. Les deux plaques sont reliées aux extrémités de l'enroulement primaire du transformateur de sortie adaptateur d'impédance.

Deux lampes en montage symétrique sont équivalentes à deux lampes montées en série; en conséquence, le primaire du transformateur de sortie doit être conçu de telle sorte que chaque moitié de l'enroulement primaire constitue la charge convenant à chaque tube. D'où la nécessité que l'impédance totale de plaque à plaque, entre les extrémités de l'enroulement, soit le double de celle nécessaire pour une lampe unique.

Etant donné que le transformateur d'entrée inverse la polarité à chaque alternance, chacune des grilles fonctionne alternativement pendant la moitié du cycle du signal. Le courant anodique total passant dans le primaire du transformateur de sortie est égal à la somme des courants anodiques de chaque lampe. Ce courant anodique total reconstitue une sinusoïde complète aux bornes de l'enroulement secondaire; l'étage final symétrique d'un amplificateur de puissance peut fonctionner aussi bien en classe A, qu'en classe AB ou B, avec un minimum de distorsion.

Dans le cas d'un push-pull en classe A, les deux lampes fournissent une puissance modulée égale à celle que fourniraient trois lampes en parallèle; en classe B, la puissance modulée fournie est encore bien plus grande. Le montage push-pull présente en outre le très grand avantage d'éliminer les éventuelles dis-

torsions harmoniques (harmonique 2) et le bruit de fond ou les ronflements provenant de l'alimentation secteur; cela est dû au fait que les courants passant dans les deux moitiés du primaire du transformateur de sortie sont égaux et de signe contraire et s'annulent réciproquement. Pour la même raison, il n'y a aucun risque de saturation du circuit magnétique du transformateur de sortie. Mis gratuitement en ligne par Alain et André.

Circuit d'entrée push-pull à couplage R-C

Pour éviter l'utilisation d'un transformateur d'entrée et bénéficier ainsi de la meilleure linéarité de réponse du couplage par résistance-capacité, un étage push-pull peut être attaqué au moyen d'un circuit inverseur de phase, avec lequel une lampe unique est couplée à l'entrée d'un étage comportant deux lampes en push-pull. Ce déphaseur est nécessaire puisque les deux signaux appliqués aux grilles de l'étage symétrique doivent être d'amplitude égale, mais de polarité opposée. Si la grille d'une des lampes reçoit un signal d'amplitude plus grande que celui appliqué à l'autre grille, une distorsion importante se produit.

Suivons le signal à travers l'amplificateur dont le schéma est donné figure 14. Notons, tout d'abord que le signal (représenté par la lettre A) est appliqué à la grille du tube VT1 et apparaît amplifié et inversé, au point B du circuit plaque. De là, il est transmis à la grille de VT3 par le condensateur de couplage C1. La résistance R3, résistance de grille de VT3, est un potentiomètre dont le curseur peut être réglé de telle sorte que le signal E appliqué à la grille de VT2, ait la même amplitude que le signal A.

Le signal F, recueilli sur la plaque du tube déphaseur VT2 est déphasé de 180° par rapport à E. Les conditions nécessaires au fonctionnement correct de l'étage push-pull sont donc réalisées; en effet, les signaux C et G appliqués respectivement aux deux grilles des lampes finales sont d'amplitude égale et de phase opposée.

Léçon n° 56

CONSTRUCTION D'UN VOLTMETRE A LAMPE

Schéma et montage

ETUDE DU CIRCUIT

Le voltmètre électronique modèle IM11 a été spécialement étudié pour être employé par les ingénieurs, les techniciens et les dépanneurs, dans toutes les mesures de précision en tensions continues (négatives et positives), alternatives (valeurs efficaces et valeurs de crête), ainsi que pour les mesures des résistances.

Ses caractéristiques lui permettent d'exécuter dans les meilleures conditions de précision et de rapidité, toutes les mesures de tensions et de résistances dans tous les domaines de l'Electronique. Son emploi est tout indiqué dans un laboratoire, ou un atelier, où l'on doit effectuer des mesures ayant une certaine précision.

L'instrument a été réalisé d'une manière simple et robuste, permettant de réunir en un seul appareil les multiples utilisations de plusieurs instruments de mesure.

Comme on peut le voir, en examinant le schéma de la figure 1, la tension d'alimentation n'est pas stabilisée; nous avons en effet appris dans une précédente leçon que cela n'était nullement nécessaire particulièrement dans le cas d'un voltmètre à lampe à montage symétrique. L'alimentation est prévue pour fonctionner sur un réseau 105-125 V c.a.; en conséquence, lorsque la tension du réseau est plus élevée, on devra employer un autotransformateur ou un transformateur abaisseur de tension, d'une puissance de 10-15 W, pour réduire la tension du secteur à la valeur indiquée plus haut.

Le redressement de la tension alternative est opéré au moyen d'un redresseur à oxyde (redressement d'une alternance) et la tension ondulée ainsi obtenue est filtrée par un unique condensateur chimique d'une capacité de 16 μ F.

La tension anodique est disponible aux bornes d'un diviseur de tension, comprenant un potentiomètre dont le rôle sera examiné plus loin. Le secondaire basse tension fournit la tension de chauffage (6 volts) aux tubes 6AL5 et 12AU7, ainsi qu'à la lampe témoin placée sur le panneau avant.

Pour obtenir la sensibilité maximum et la meilleure stabilité de fonctionnement, le voltmètre utilise des circuits à lampe pour toutes les mesures qu'il permet d'effectuer.

Le galvanomètre, d'une sensibilité de 200 microam-

pères, est placé dans le circuit de cathode de la double triode 12AU7. Le tarage de l'instrument, remis à zéro, (« zero adjust »), se fait au moyen d'un potentiomètre de 10 000 ohms branché entre les deux cathodes de la double triode; il permet d'équilibrer les courants anodiques des deux triodes de sorte qu'en l'absence de toute tension appliquée sur la grille de commande (broche N. 2) la chute de tension aux bornes des deux moitiés du potentiomètre sont égales. Dans ces conditions, on obtient l'équilibre du pont par les deux triodes et leurs résistances cathodiques respectives et le galvanomètre reste au zéro.

Quand une tension est appliquée sur la grille de commande de la première triode (broche 2), l'équilibre du pont est rompu et l'instrument indique le passage d'un courant.

Il s'agit là, comme on peut le voir, d'un montage basé sur les principes exposés dans nos leçons précédentes (figure 5 A et B).

La relation entre la tension appliquée à la grille de commande et l'indication fournie par le galvanomètre est linéaire: en d'autres termes, une tension d'entrée donnée produit une certaine déviation de l'aiguille et une tension double détermine une déviation deux fois plus grande. En conséquence les échelles de l'instrument de mesure sont linéaires.

Parmi les avantages offerts par les appareils de ce type, il convient de signaler celui résultant du fait que la tension inconnue à mesurer n'est pas directement appliquée au galvanomètre, mais à l'entrée d'un circuit à lampe. Il en résulte que la valeur du courant anodique différentiel étant maintenu entre certaines limites, l'équipage mobile de l'instrument est automatiquement protégé contre toute surcharge éventuelle.

La tension maximum pouvant être appliquée à la grille d'une triode de la 12AU7 est de l'ordre de 3 volts. Toutes les tensions à mesurer ayant une valeur supérieure, sont réduites à la valeur convenable au moyen d'un diviseur de tension, servant d'atténuateur d'entrée, dont la résistance totale est de 11 mégohms.

Pour éviter de charger les circuits à haute fréquence sur lesquels sont effectuées les mesures, une résistance additionnelle de 1 mégohm est intercalée dans

Fig. 1 - Schéma général du volt-mètre à lampe modèle IM11. Circuit en pont équilibré; en l'absence de signal sur la grille de commande de la première triode, l'aiguille reste au zéro (réglé au moyen du potentiomètre de tarage). Une tension appliquée sur la grille détruit l'équilibre du pont et produit une d.d.p. entre les cathodes des deux tubes. Cette d.d.p. est mesurée par le galvanomètre.

Caractéristiques générales:

7 gammes pour la mesure des tensions continues: 1, 5, 15, 50, 150, 500 et 1 500 volts, (jusqu'à 30 000 volts, avec la sonde spéciale). Mesure des tensions positives ou négatives.

Sensibilité: 7 333 333 ohms / volt.

Précision: $\pm 3\%$

7 gammes pour la mesure des tensions alternatives: 1, 5, 15, 50, 150, 500 et 1 500 volts.

Réponse en fréquence: ± 1 dB de 42 Hz à 7,2 MHz (sur 600 ohms).

Précision: $\pm 5\%$

7 gammes pour la mesure directe des tensions de crête: 4, 14, 40, 140, 400, 1 400, 4 000 volts.

Echelle spéciale graduée en décibels de -10 à $+6$ dB.

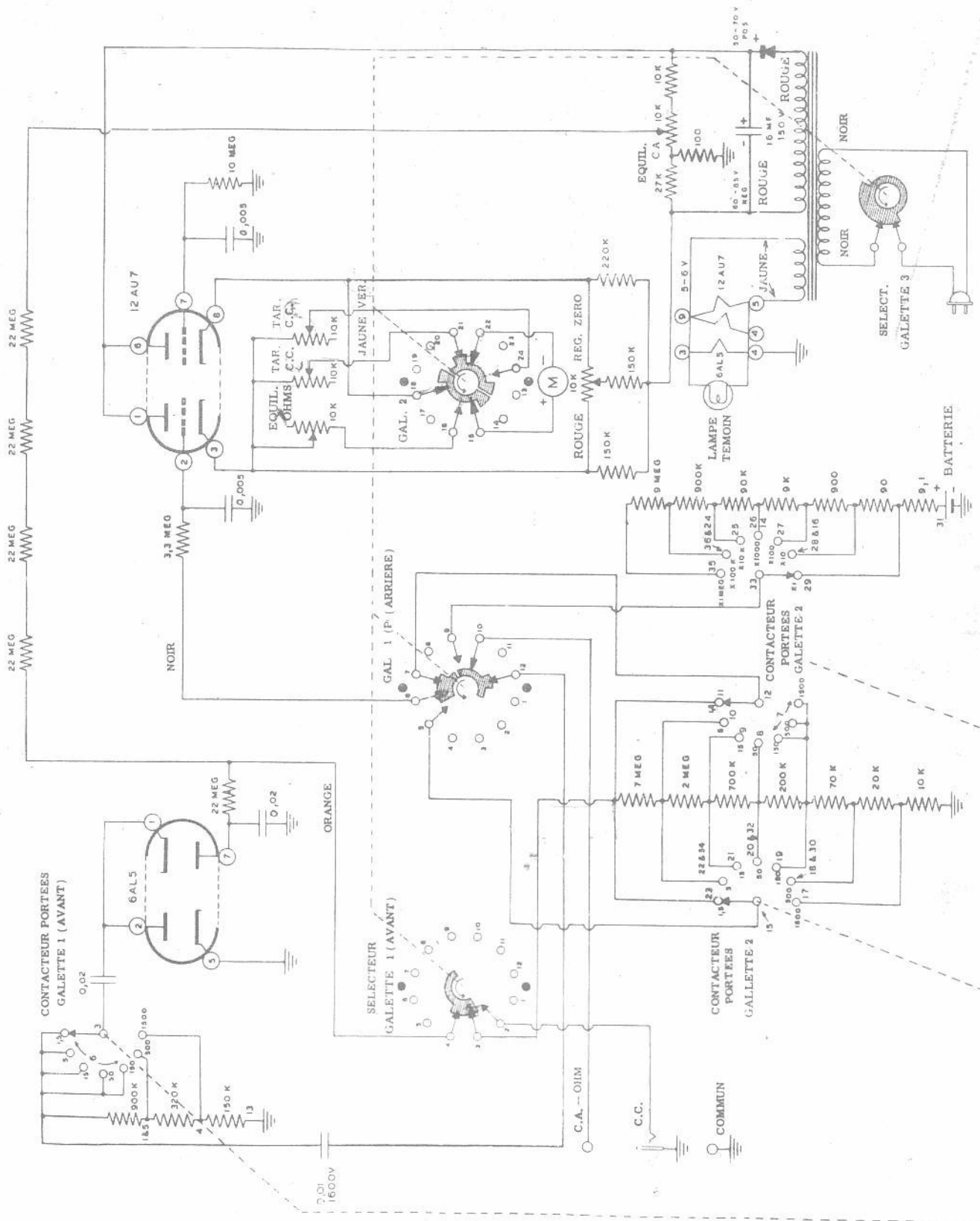
7 gammes pour la mesure des résistances: $\times 1$, $\times 10$, $\times 100$, $\times 1\ 000$, $\times 10\ 000$, $\times 100\ 000$, $\times 1\ 000\ 000$.

Galvanomètre: 200 microampères.

Tubes: 12AU7 - 6AL5.

Pile: torche 1,5 volt.

Alimentation: secteur 110-125 volts, 50-60 Hz, 10 watts.



la pointe de touche « dc » (courant continu). Pour mesurer en courant alternatif, une double diode du type 6AL5 est montée en redresseuse des deux alternances; cette diode fournit une tension continue dont l'intensité est proportionnelle à l'amplitude de la tension alternative appliquée.

Cette tension est transmise à la grille de commande de la première triode, par l'intermédiaire du diviseur de tension, et l'instrument indique le passage du courant, de la même manière que dans le cas d'une tension continue.

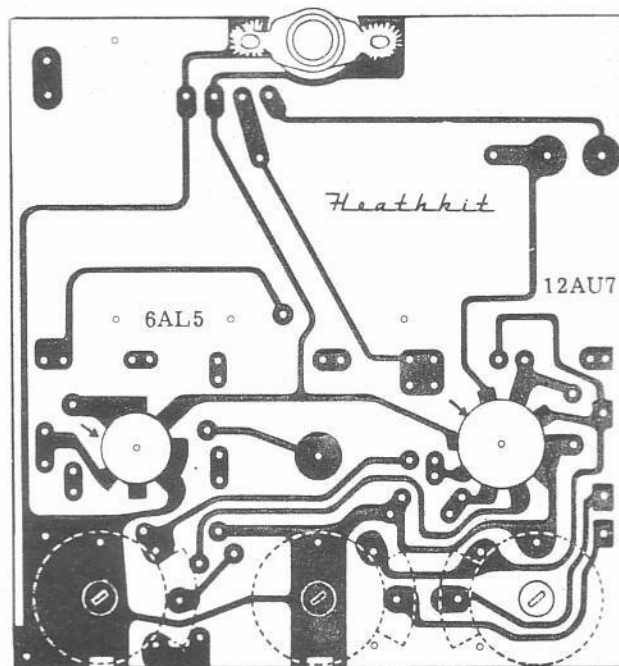
Les échelles effectuées aux mesures en courant alternatif sont étalonnées en valeurs efficaces et valeurs de crête. Pour les sensibilités 1,5 - 5 - 15 - 150 V, toute la tension alternative à mesurer est appliquée à la valve redresseuse 6AL5. Par contre, pour les sensibilités 500 et 1500 V, un diviseur de tension spécial réduit la tension d'entrée à une valeur convenable. En effet, dans des conditions normales d'utilisation, on ne peut appliquer à la 6AL5 des tensions supérieures à 150 volts, il faut donc que toutes les tensions alternatives à mesurer soient ramenées dans ces limites, précisément au moyen du diviseur de tension, pour protéger le tube et les circuits qui lui sont associés.

Il convient de signaler à ce propos que, si par erreur une tension supérieure à 400 volts est appliquée à l'entrée du voltmètre, alors que le contacteur de sensibilités est sur la position « 150 volts », la 6AL5 sera irrémédiablement détériorée.

C'est pourquoi, comme nous l'avons d'ailleurs conseillé au cours de la leçon théorique sur les voltmètres à lampe, lorsqu'on désire mesurer une tension inconnue il est bon de commencer par placer le contacteur sur la position permettant la mesure des tensions les plus élevées, puis, après s'être assuré que cela est possible sans danger pour l'appareil, on passe sur la sensibilité donnant une déviation de l'aiguille suffisante pour permettre une lecture facile et précise.

La commande de tarage pour c.a. (" A.C. calibrate ") est utilisée pour obtenir une déviation correcte de l'aiguille en fonction de la tension alternative appliquée. Comme on le sait, un potentiel de contact prend naissance entre les électrodes d'une lampe; ce potentiel, qui existe également dans une diode, produit une certaine tension permanente aux bornes d'entrée du voltmètre. Cette tension résiduelle est annulée en appliquant une autre tension de polarité opposée dont la valeur est réglée au moyen du potentiomètre faisant partie du diviseur de tension placé à la sortie du circuit d'alimentation. Ceci a pour effet d'éviter le déplacement de l'aiguille lorsque l'on commute de c.c. à c.a..

Nous avons vu, dans une leçon précédente, comment on peut combiner un ohmmètre avec un voltmètre à lampe; l'appareil que nous décrivons ici comporte une fonction " ohmmètre " qui permet la mesure des résistances dans de très larges limites, de 4,1 ohms à 1 000 mégohms. Pour cela, une pile de 1,5 volts est branchée en série avec une chaîne de résistances étalonnées et la résistance inconnue à mesurer. Cet ensemble forme un diviseur de tension placé aux bornes de la pile et seule



EQUIL. C.A.

TAR. C.C.

TAR.

Fig. 2 - Vue côté câblage de la plaquette à circuit imprimé. Les cercles en pointillé indiquent les emplacements des potentiomètres de tarage. Les extrémités (cosses ou fils) des divers composants du circuit sont introduites dans les trous visibles sur les parties noires et soudées au câblage imprimé. Cette plaquette est fixée sur un support spécial.

une partie de cette tension est appliquée à l'entrée du voltmètre à lampe.

Pour cette fonction, le cadran de l'instrument comporte une échelle spéciale étalonnée directement en ohms portant la valeur " 10 " au centre.

REALISATION

Nos lecteurs connaissent déjà les méthodes à employer pour la construction des appareils présentés sous la forme d'ensembles prêts à câbler, et toutes les explications données précédemment restent entièrement valables pour le montage qui nous occupe actuellement.

Cet instrument se caractérise par l'emploi d'une plaquette en circuit imprimé qui facilite grandement le câblage de la partie la plus délicate de l'appareil. Nous avons déjà eu l'occasion de présenter ce procédé moderne de câblage et le technicien qui réalisera ce voltmètre constatera aisément combien cette nouvelle technique est pratique et rationnelle. Nous reviendrons d'ailleurs sur l'étude des circuits imprimés qui feront l'objet d'une leçon spéciale.

Les divers composants devant être fixés sur la plaquette à circuit imprimé (voir figure 2), sont pourvus de cosses ou de fils que l'on introduit dans les trous prévus à cet effet dans la plaquette isolante, après quoi on les soude à la mince couche de cuivre déposée sur cette plaquette. Après avoir effectué toutes les soudures, il convient de couper les extrémités des fils dépassant.

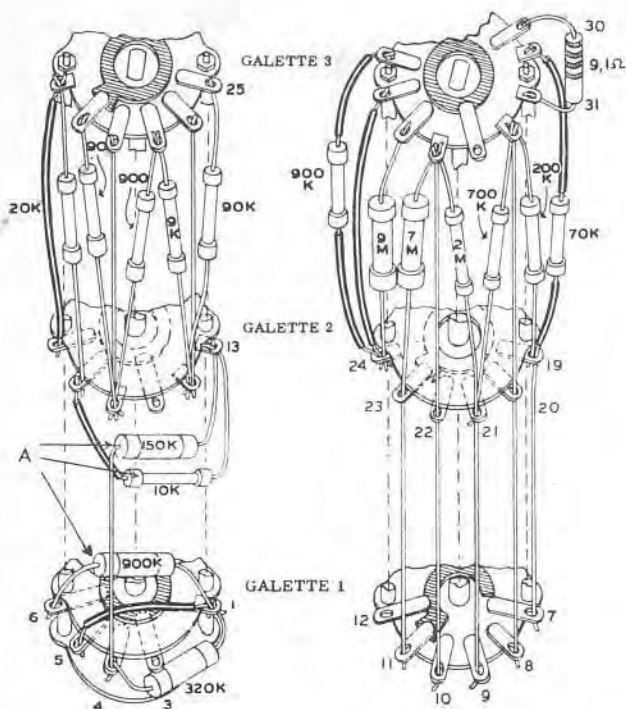


Fig. 3 - Vue du contacteur de «sensibilités». On a représenté les trois galettes et les résistances dans leurs positions réelles. Les résistances marquées «A», doivent être disposées de manière à ne pas gêner la rotation de l'axe du contacteur.

sant de la plaquette, au moyen d'une pince coupante bien affûtée. en prenant bien soin de ne pas endommager le câblage imprimé.

Il convient de rappeler que le bon fonctionnement d'un appareil quel qu'il soit, particulièrement s'il comporte des circuits imprimés, dépend avant tout de la manière dont les soudures ont été exécutées. Les contacts entre les divers éléments du circuit doivent être absolument parfaits, tant électriquement que mécaniquement et doivent offrir la plus faible résistance électrique possible. Il conviendra de ne pas employer une quantité trop importante de soudure et de s'assurer que l'alliage recouvre parfaitement les surfaces en contact; on attendra que l'étain se soit solidifié avant de s'assurer, en exerçant une légère traction sur les éléments, de la résistance mécanique de la soudure.

Pour effectuer des soudures sur les circuits imprimés, on devra employer un fer à souder petit modèle, d'une puissance de 50 watts au maximum, et un alliage 40/60 à la résine.

LE MONTAGE MECANIQUE

Avant de commencer à monter les pièces sur le panneau, il convient d'étendre un tissu épais sur le banc de travail; cela évitera de rayer le panneau au cours des diverses manipulations qu'il devra inévitablement subir.

L'aspect des diverses parties mécaniques (châssis, panneau, coffret,...), les nombreux plans et schémas fournis avec matériel, ne laissent subsister aucun doute sur leurs positions relatives. Les diverses commandes,

c'est-à-dire les contacteurs, les pontentiomètres, etc... pourront être fixés à leurs emplacements respectifs, quitte à les enlever provisoirement, par la suite, pour effectuer une soudure difficile.

En regardant le panneau de face on notera que sous le galvanomètre on trouve: à gauche, la commande de remise à zéro (potentiomètre de 10 000 ohms) et, à droite, le tarage de l'ohmmètre (également un potentiomètre de 10 000 ohms). Au-dessous, à gauche, le contacteur permettant de choisir les diverses fonctions, auquel est combiné l'interrupteur de mise en route. C'est un contacteur facilement reconnaissable, car il comporte trois galettes, dont celle qui est la plus proche du mécanisme, est double; il est prévu pour 5 positions. A sa droite, nous trouvons le contacteur de sensibilités, semblable au précédent, mais de plus grande longueur; il comporte également 3 galettes, mais à 7 positions.

Les figures qui complètent la présente description pourront, après un examen attentif, servir de guide pour la fixation des divers éléments, pour l'orientation des supports de lampe, des contacteurs et de tous les autres composants du montage qui doivent être fixés avant de commencer le câblage.

Tous les écrous et les vis devront être serrés à fond, particulièrement ceux qui servent de liaison avec la masse.

Un fois tous les éléments mis en place, sur le châssis qui supporte tout l'instrument, on peut commencer le câblage proprement dit.

LE MONTAGE ELECTRIQUE

Câblage du contacteur de sensibilités. - Cet élément qui, pratiquement, constitue le "coeur" de l'appareil, peut être câblé séparément, comme une unité autonome. La figure 3 montre la disposition des diverses galettes et des composants qui y sont fixés.

Lors de la mise en place des résistances, on prendra soin de faire en sorte que les indications imprimées sur leur corps soient visibles de l'extérieur. De cette façon, une fois le montage terminé, il sera plus facile de vérifier le montage avant de procéder à la mise au point.

Il conviendra de se rappeler qu'un contacteur est un organe qui, bien que robuste, doit être manipulé avec soin si l'on veut éviter de compromettre la qualité des contacts. Les cosses sur lesquelles sont soudées les résistances ne doivent pas être pliées exagérément, ni être soumises à de fortes tractions. Les galettes doivent être parfaitement alignées entre elles, ce que l'on peut vérifier facilement en s'assurant que, pour une position déterminée, tous les contacts mobiles sont bien centrés sur les contacts fixes correspondants. Dans le cas contraire, une légère torsion, suivie d'un nouveau blocage des écrous correspondants, suffira pour aligner l'ensemble.

Une fois fixées toutes les résistances prévues pour les diverses sensibilités, le contacteur, entièrement équipé, pourra être fixé sur le panneau.

Montage du panneau avant. - Le panneau avant, grâce à sa rigidité, sert de support à celle illustrée sur la figure 4. On peut y voir les divers composants fixés sur la plaquette isolante et les trois potentiomètres de tarage (équilibrage c.a., tarage c.c. et tarage c.a.).

La figure 5 représente la plaquette entièrement montée; le lecteur pourra facilement reconnaître les divers éléments à leur emplacement respectif. La lampe la plus petite, c'est-à-dire la double-diode 6AL5, est à gauche, la double-triode 12AU7 étant placée à droite. Dans l'angle, à droite, est monté le redresseur à oxyde (cube noir). Entre les deux lampes, se trouve la pile de 1,5 volt qui doit être placée de telle sorte que son pôle positif soit à l'intérieur du petit cylindre métallique fixé sur la plaquette et son pôle négatif contre le ressort.

La position du transformateur d'alimentation est également représentée sur la figure 5. La figure 6 donne une vue générale du panneau entier avec tous les éléments qu'il comporte. Pour simplifier le dessin et le rendre plus clair, certaines connexions ont été omises. De toute façon, une fois que les éléments ont été mis en place, c'est le schéma électrique qui doit servir de guide pour le câblage de l'appareil.

Le redresseur au sélénium doit être monté sur la plaquette de la façon indiquée sur la figure 6, c'est-à-dire sur la face postérieure, avec les cosses passant à travers les trous prévus à cet effet. Ces cosses seront repliées et soudées aux connexions imprimées sur la plaquette. On constatera qu'une des cosse dépasse vers l'extérieur de la plaquette; elle devra être coupée, après la soudure, pour éviter — et ceci est très important — qu'un court-circuit ne se produise entre la haute tension et la masse lorsque l'appareil sera fermé dans son coffret métallique.

On montera également le transformateur d'alimentation sur la plaquette à circuit imprimé, de la façon indiquée sur la figure 4. Le côté du transformateur portant les quatre fils auxquels aboutissent les deux secondaires doit être tourné vers l'intérieur, tandis que les deux fils du primaire (gainés de noir), doivent sortir vers l'extérieur.

La vis de fixation la plus proche du support de la 6AL5 sera mise la tête vers le bas, du côté de l'impression du circuit, ceci pour laisser un espace suffisant pour le logement du micro-ampèremètre lorsque la plaquette sera fixée sur le châssis.

Il est évident que, lors du montage de l'appareil, on aura tout intérêt à se reporter aux différents plans montrant soit la disposition des éléments, soit le câblage; mais il n'en reste pas moins qu'il faudra toujours se référer au schéma électrique (figure 1), pour contrôler chaque connexion et s'assurer qu'on ne commet ni erreur, ni omission. La disposition de chaque pièce du montage a été étudiée, par le Constructeur de l'ensemble prêt à câbler, de manière à permettre les liaisons les plus courtes, afin d'éliminer autant que possible les résistances, inductances et capacités parasites.

Sur la figure 6, on peut voir également l'emplace-

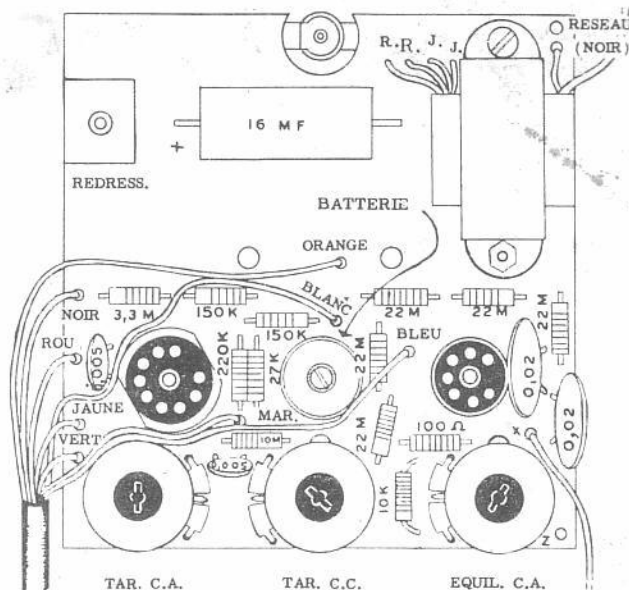


Fig. 4 - Aspect de la plaquette à circuit imprimé après la mise en place des divers composants les couleurs des fils du câble multiple sont repérées par leurs initiales: elles doivent être rigoureusement respectées pour éviter des inversions qui empêcheraient le fonctionnement de l'appareil. On notera l'orientation des supports de lampes.

ment des deux douilles et du jack destinés à recevoir les câbles terminés par les pointes de touche, pour les mesures en c.a., en c.c. et des résistances.

On remarquera également le câble multiple reliant les éléments montés sur le panneau au circuit proprement dit. On devra, évidemment, respecter scrupuleusement les indications portant sur les couleurs des différents fils constituant ce câble.

Dans tous les circuits demandant un isolement particulièrement soigné, les conducteurs de liaison, bien

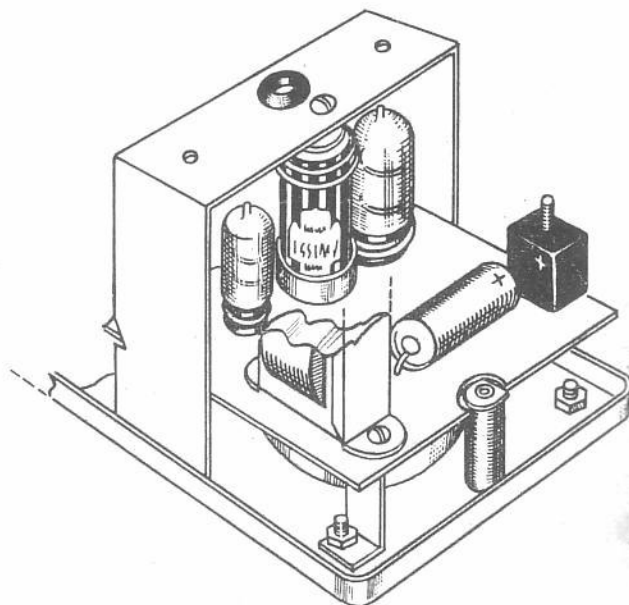


Fig. 5 - Vue du châssis supportant le circuit imprimé. On y voit les lampes, la pile, le transformateur d'alimentation et le redresseur. Le montage terminé, il est fixé derrière le panneau avant.

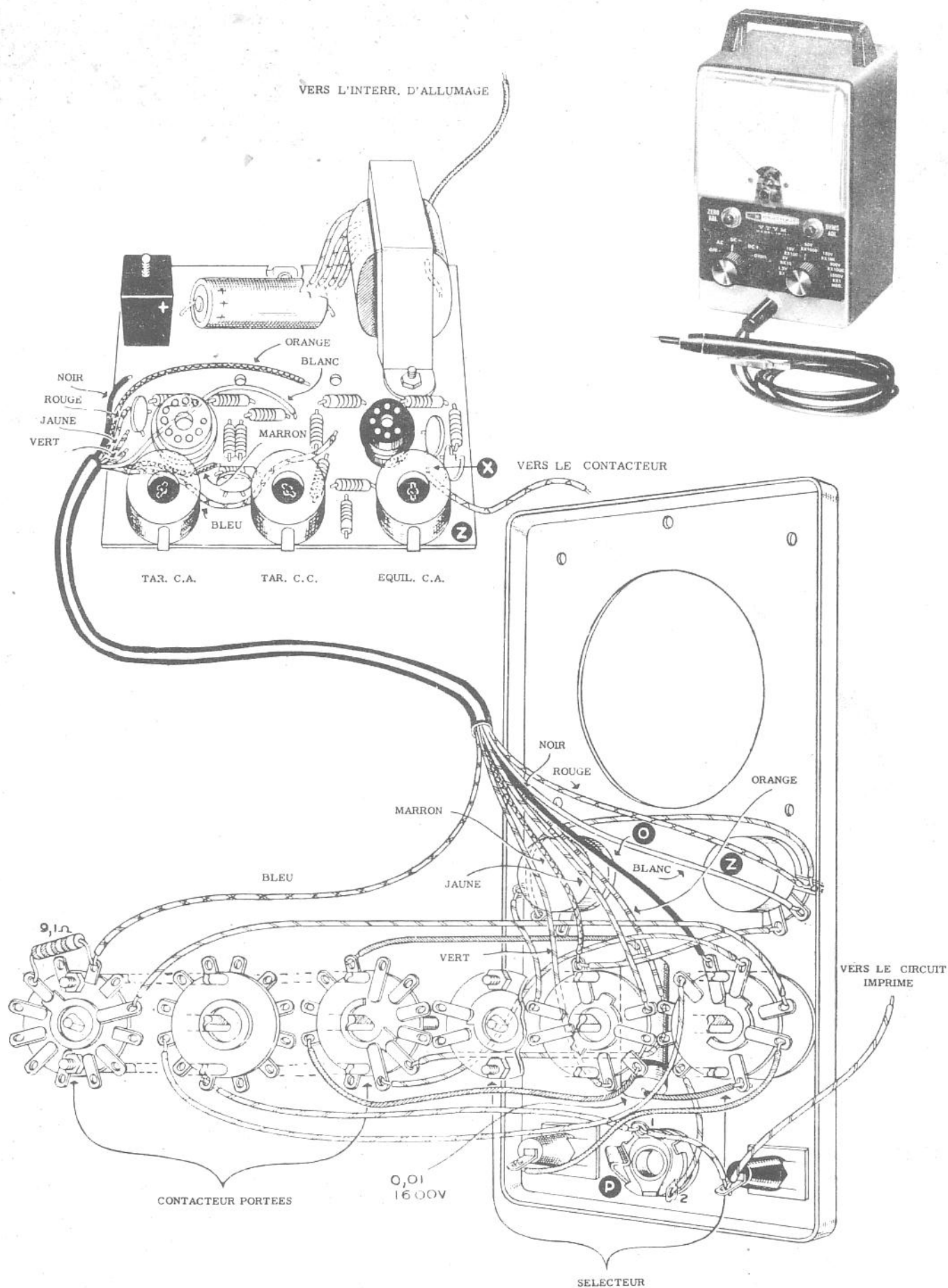


Fig. 6 - Plan de câblage du panneau (vu de l'arrière). On peut y voir les divers potentiomètres, douilles et jack, ainsi que les deux contacteurs (sensibilités et fonctions). Le câble flexible à plusieurs conducteurs relie les éléments montés sur le panneau, au circuit électronique constitué par la plaquette à circuit imprimé. En haut, à droite, vue de l'appareil terminé.

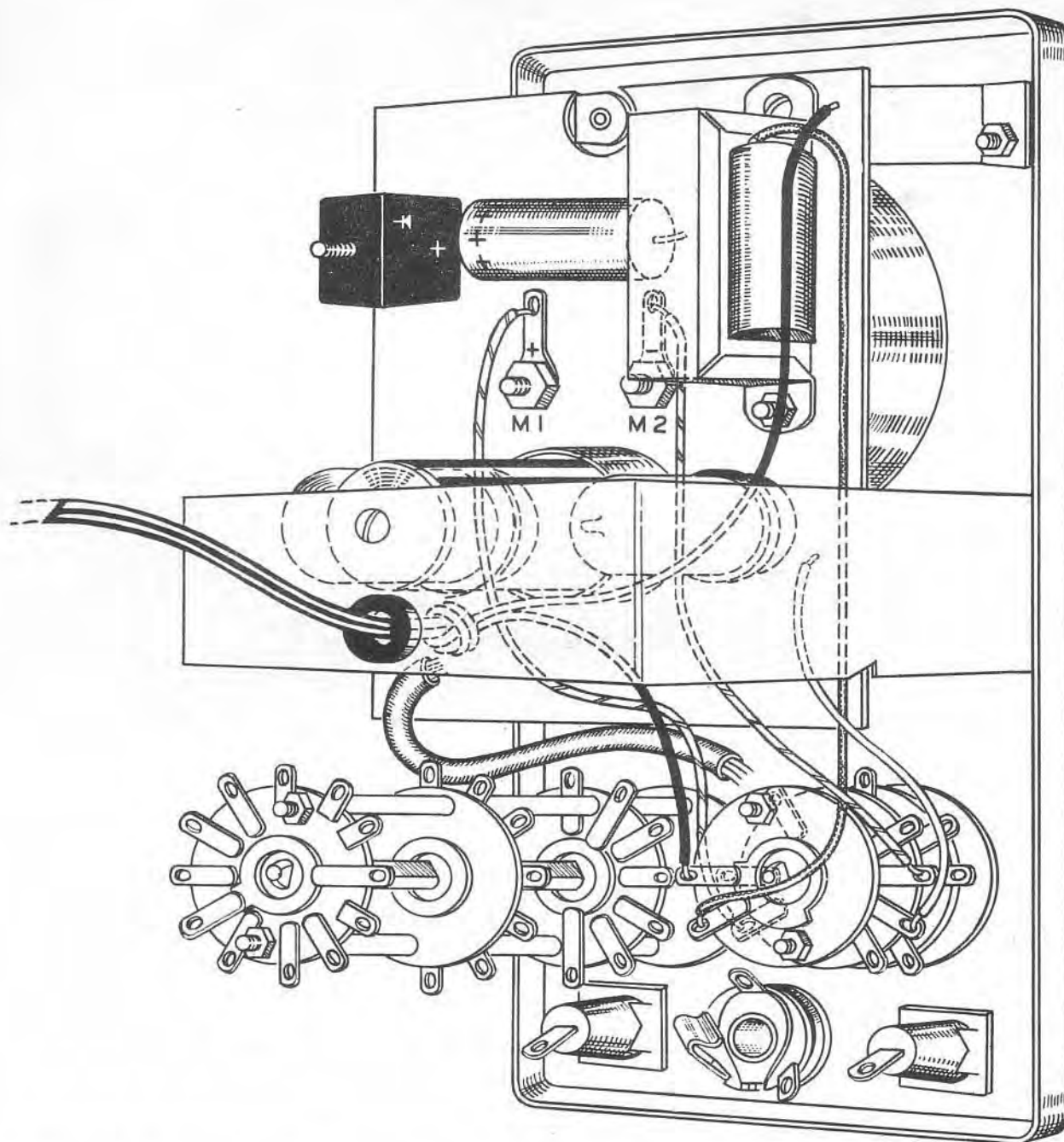


Fig. 7 - Vue arrière du panneau avant entièrement monté.

que déjà recouvertes d'une gaine isolante, seront placés dans un souplisso qui devra les recouvrir sur toute leur longueur. Cette précaution devra être appliquée à tous les conducteurs reliant les divers éléments du panneau avant, ceci pour éviter tout court-circuit entre deux connexions voisines, ou entre une connexion et la masse du châssis.

Enfin, la dernière pièce devant être montée sur le panneau, après câblage de tous les éléments, est le micro-ampèremètre qui, étant relativement fragile, devra faire l'objet de soins attentifs. Avant sa fixation, il faudra retirer les cosses, fournies avec l'instrument, et les souder aux fils correspondants. Après soudure, les cosses seront replacées sur les deux bornes du micro-ampèremètre et l'on serrera soigneusement, sans

forcer, les écrous et contre-écrous de blocage, en évitant de faire tourner la tige fileté.

La **figure 7** représente une vue arrière de l'appareil complètement monté.

La **figure 8** indique les différents contacts réalisés dans les trois galettes du contacteur, respectivement dans les positions « cc+ », « cc- » et « ohms ». Les numéros de référence, que l'on retrouve sur le schéma général, permettent de repérer les connexions et d'éviter les erreurs de câblage.

Terminons par une remarque importante, valable d'ailleurs pour tous les appareils utilisant des lampes miniatures. Le montage et le câblage terminés, il reste à placer les tubes dans leurs supports respectifs. Les tubes miniatures, ainsi d'ailleurs que les tubes

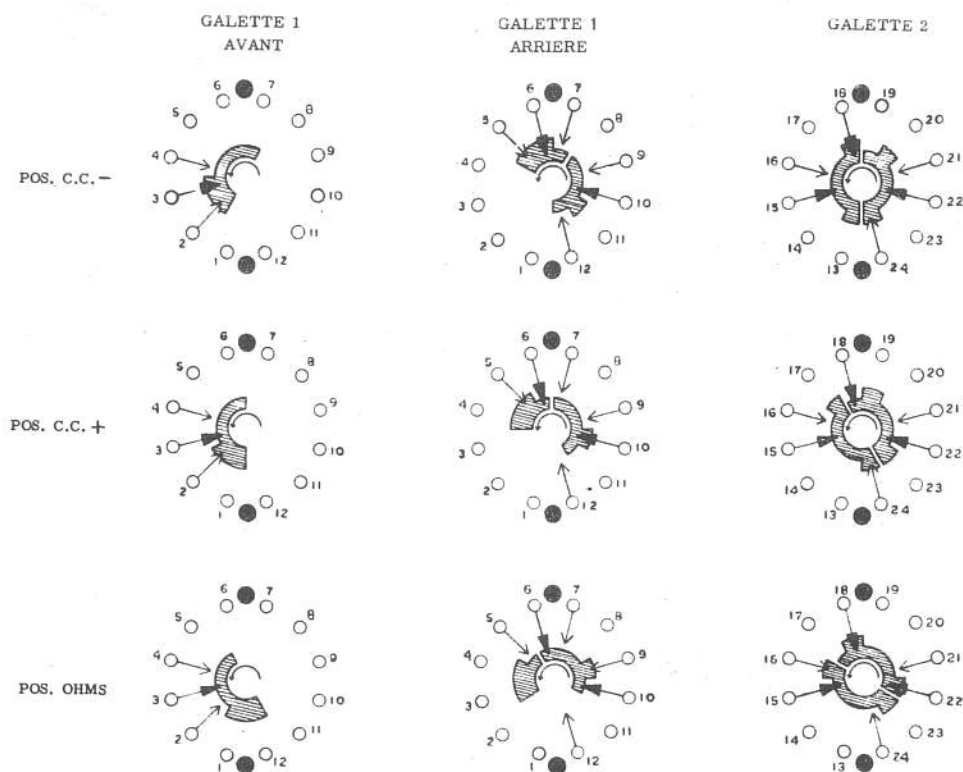


Fig. 8 - Représentation schématique des contacts des galettes du sélecteur de « fonctions ». On a représenté les trois positions correspondant au trois fonctions (CC- (CC+, Ohms). Les numéros de référence des divers contacts, indiqués également sur les schéma général, facilitent le travail de câblage.

« noval », sont munis de broches sortant directement de l'embase de verre; ce type de construction réduit les dimensions du tube, mais en augmente la fragilité. Il faudra donc prendre certaines précautions lors de leur mise en place dans les supports. Il conviendra, tout d'abord, de les orienter convenablement pour que les broches tombent bien en face des logements correspondants du support, puis de les enfoncer délicatement, en évitant toute torsion qui risquerait de fêler le verre et de provoquer une entrée d'air dont le résultat serait de détériorer la lampe.

Après avoir exécuté toutes les opérations résumées ci-dessus, mais qui sont plus longuement détaillées dans la brochure particulièrement claire livrée avec l'ensemble prêt à câbler on peut passer à la préparation des pointes de touche et des cordons destinés à relier l'appareil aux points du circuit à mesurer.

PREPARATION DES CORDONS ET DES POINTES DE TOUCHE

Cordon « commun » — Le cordon commun est constitué par une longueur de fil souple noir terminé, d'un côté par une fiche banane (noire) et de l'autre par une pince « crocodile ». La figure 9-A montre le détail de la construction. La fiche banane est fixée au fil par sa partie postérieure au moyen d'une vis de

serrage maintenant le câble, préalablement dénudé sur quelques millimètres de longueur. On aura intérêt à étamer cette partie dénudée du fil pour en augmenter la rigidité et éviter le cisaillement des brins lors du serrage par la vis. On revissera, ensuite, la partie isolante en bakélite noire.

Ce cordon sera toujours enfiché dans la douille marquée « common » et la pince crocodile sera fixée à la masse de l'appareil sur lequel on doit effectuer les mesures.

Cordon « C.C. » — Ce cordon, destiné aux mesures en courant continu est constitué par un câble blindé terminé, à une extrémité, par une fiche pour jack et, à l'autre, par une pointe de touche noire. La figure 9B montre le détail de réalisation. L'âme du fil blindé, conducteur interne, est soudée à la cosse correspondant à la pointe de la fiche, tandis que la tresse de blindage est soudée à la cosse rivée sur le corps de la fiche. A l'autre extrémité du câble, l'âme est soudée à une résistance de 1 mégohm placée à l'intérieur même de la pointe de touche noire. On veillera à ce que la tresse métallique ne puisse entrer en contact ni avec la soudure, ni avec le corps de la résistance; pour cela, elle sera coupée à 5 mm, au moins, avant la soudure. Cette tresse ne sera reliée en aucun point, du côté de la pointe de touche, sa mise à la masse du côté du voltmetre (par le corps de la fiche de jack)

étant suffisante pour assurer le blindage total du cordon. L'extrémité libre de la résistance de 1 mégohm sera introduite dans le trou prévu à cet effet dans la partie métallique de la pointe de touche. Ces opérations terminées, la partie isolante de la pointe de touche sera revissée, ce qui aura pour effet d'assurer un contact parfait entre le fil de la résistance et la pointe métallique. On se gardera bien de recouvrir la résistance et la soudure avec un ruban isolant quelconque dont l'effet serait de diminuer l'isolement entre la résistance et le manche isolant, risquant, ainsi, de fausser les lectures.

Cordon « C.A. » et « OHMS » — Ce cordon constitué par une longueur de fil souple recouvert de caoutchouc rouge, est terminé d'un côté par une pointe de touche rouge et, de l'autre, par une fiche banane de même couleur. Sa préparation, facile, est représentée sur la figure 9-C.

Cette dernière série d'opérations termine le monta-

ge de l'appareil. Il reste, alors, à procéder à la vérification des circuits. S'assurer, tout d'abord, qu'il n'y a aucun court-circuit, ou risque de court-circuit que le transformateur d'alimentation est correctement câblé et que toutes les soudures ont été faites dans les règles de l'art.

Le contrôle des circuits en suivant sur le schéma électrique toutes les connexions, peut se faire à l'aide d'un ohmmètre au moyen duquel il sera possible de vérifier, non seulement la continuité des circuits, mais, encore, les défauts d'isolement.

Il convient que le lecteur se livre, aussi soigneusement que possible, à ces opérations de vérification qui — spécialement dans le cas où cette réalisation est sa première expérience d'un montage complexe — lui éviteront de nombreuses recherches ultérieures.

Dans la leçon suivante, nous parlerons de la mise au point et de l'utilisation de ce voltmètre électronique.

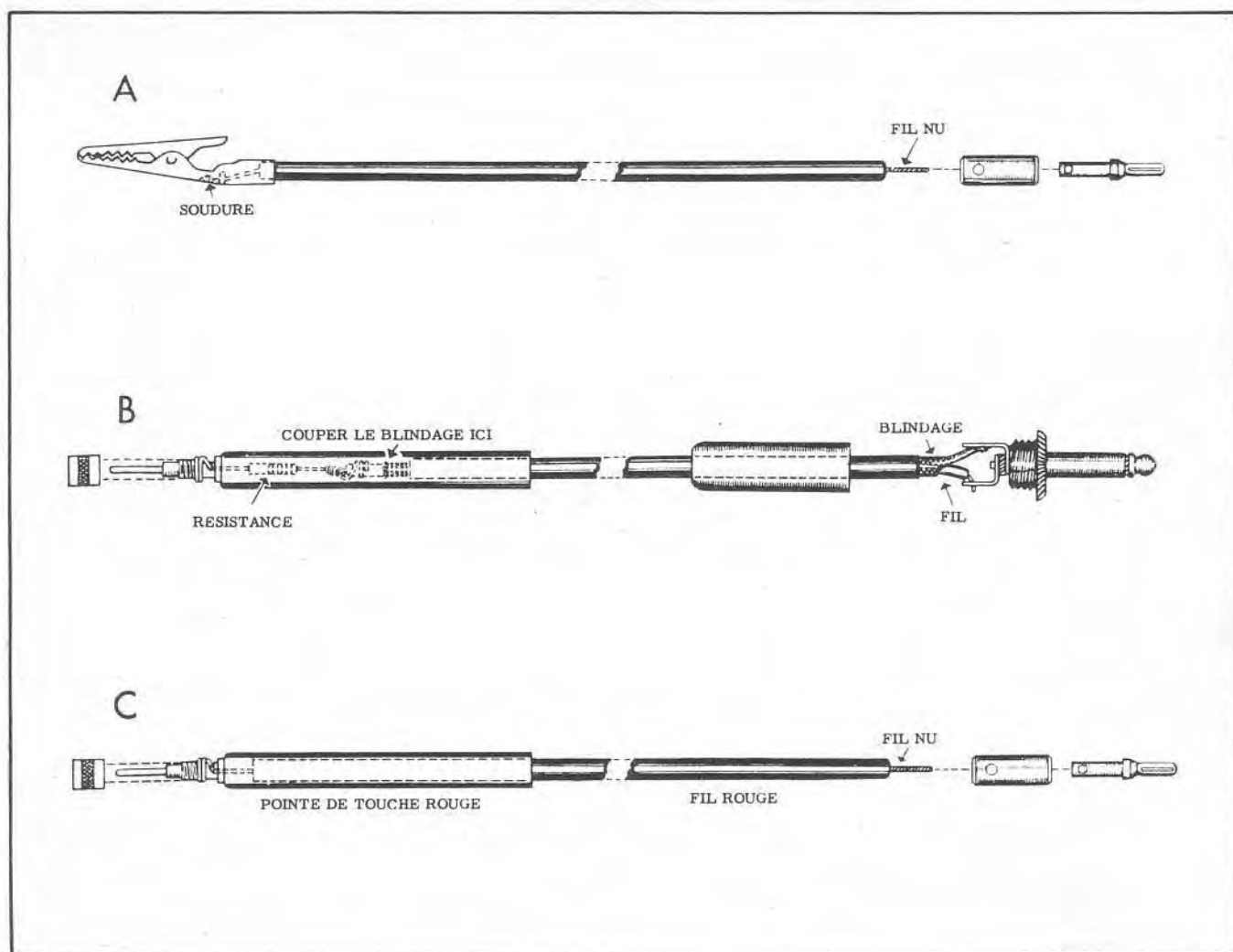


Fig. 9 - Construction des cordons: en A, cordon « commun » pourvu d'une fiche banane, d'un côté, et d'une pince crocodile, de l'autre, servant à le fixer à la masse de l'appareil sur lequel doivent être effectuées les mesures. En B, cordon pour la mesure des tensions continues, pointe de touche noire, câble blindé. Fiche bipolaire du type téléphone (pour jack); le blindage du câble est relié au corps extérieur de la fiche. À l'intérieur de la pointe de touche est montée une résistance de 1 mégohm qui doit être parfaitement isolée de la masse. En C, cordon pour les mesures en courant alternatif et pour l'ohmmètre (pointe de touche rouge).

QUESTIONS sur les LEÇONS N°s 55 et 56

- N. 1 — Comment procède-t-on pour transférer un signal de la sortie d'un étage à l'entrée de l'étage suivant?
- N. 2 — Comment est constitué un couplage du type R - C ?
- N. 3 — Qu'est-ce que la réponse en fréquence d'un étage amplificateur, ou d'un amplificateur tout entier?
- N. 4 — Quelles sont les causes qui déterminent une diminution de l'amplification aux fréquences élevées?
- N. 5 — Quelles sont les causes qui déterminent une diminution de l'amplification aux fréquences basses ?
- N. 6 — Dans un étage du type R-C, quelle doit être la valeur de la résistance de charge pour obtenir l'amplitude maximum du signal de sortie?
- N. 7 — Comment est constitué un couplage L-C?
- N. 8 — Quelle différence constate-t-on entre la réponse en fréquence d'un amplificateur à couplage R-C, et celle d'un amplificateur à couplage par transformateur?
- N. 9 — Quelle est la caractéristique qui différencie le couplage direct des autres modes de couplage?
- N. 10 — Pour quelle raison, le couplage direct donne-t-il une courbe de réponse en fréquence plus linéaire?
- N. 11 — Pour quelle raison, dans le fonctionnement en classe AB₂ et en classe B, la résistance de grille doit-elle être de faible valeur ?
- N. 12 — Quels sont les composants permettant de distinguer un étage amplificateur Haute Fréquence, d'un étage amplificateur Basse Fréquence ?
- N. 13 — Qu'entend-on par « temps de transit ».
- N. 14 — Comment peut-on réduire le temps de transit?
- N. 15 — Comment calcule-t-on le gain total d'un amplificateur en dB, connaissant le gain — toujours en dB — de chaque étage ?
- N. 16 — Quels sont les différents types de distorsion?
- N. 17 — Pour quelles raisons un voltmètre à lampe doit-il pouvoir mesurer aussi bien les tensions continues positives que négatives ?
- N. 18 — Si les deux triodes de la lampe 12AU7, employée dans le voltmètre à lampe décrit dans la 56ème leçon, ne sont pas absolument identiques entre elles, comment peut-on obtenir le « zéro », en l'absence de signal d'entrée ?

REPONSES aux QUESTIONS de la p. 427

- N. 1 — La résistance de charge d'un étage amplificateur de tension doit permettre d'obtenir la tension de sortie maximum avec la plus faible distorsion possible.
- N. 2 — L'étage final de puissance doit pouvoir fournir la plus grande puissance de sortie avec le minimum de distorsions.
- N. 3 — L'impédance de charge d'une triode doit être égale à deux ou trois fois la résistance dynamique de plaque, ceci pour éviter une distorsion excessive.
- N. 4 — L'impédance de charge d'une pentode ne peut généralement dépasser une valeur égale au dixième de la résistance dynamique de plaque, ceci pour éviter une distorsion excessive.
- N. 5 — La classe A, car — dans ce cas — les deux alternances du signal sont amplifiées uniformément, étant donné que le fonctionnement se fait dans la partie droite de la caractéristique.
- N. 6 — Le rendement d'un étage de puissance est donné par le rapport entre la puissance de sortie (puissance modulée) et la puissance fournie par l'alimentation. Mis gratuitement en ligne par Alain et André.
- N. 7 — La tension de polarisation est telle, qu'en l'absence de signal, le courant anodique est presque nul (point de cut-off).
- N. 8 — Parce que l'énergie n'est fournie au circuit plaque que pendant une fraction du cycle du signal d'entrée, pendant lequel la tension de plaque est minimum. Le courant anodique ne circule donc que pendant une partie du cycle du signal.
- N. 9 — De la non linéarité de la courbe caractéristique dynamique.
- N. 10 — En classe A le rendement est de 20%; en classe AB, de 40%; en classe B, de 50 à 60%; en classe C, de 75 à 80%.
- N. 11 — L'étage symétrique, ou push-pull, produit une distorsion plus faible que celle d'un étage à une seule lampe, car la linéarité de la caractéristique dynamique est meilleure. De plus, le signal d'entrée peut avoir une plus forte amplitude.
- N. 12 — Dans le circuit d'une lampe amplificatrice, e_g, e_c, i_b et e_{rc} sont en phase entre eux, mais tous sont déphasés de 180° sur e_b.
- N. 13 — La tension de polarisation, dans le système dit « par dispersion de grille », est produite par le signal lui-même.
- N. 14 — Le voltmètre à lampe a une résistance d'entrée beaucoup plus grande en conséquence il charge beaucoup moins le circuit sur lequel la mesure est effectuée. En outre, grâce à son système redresseur spécial (par diode à vide ou à cristal), il a une capacité d'entrée bien moins élevée que celle du classique redresseur à oxyde et il peut donc fonctionner sur une gamme de fréquence plus étendue. Il faut également ajouter que le voltmètre à lampe est généralement plus sensible.
- N. 15 — La sonde est un dispositif au moyen duquel on peut faire des mesures en divers points d'un circuit. Elle contient des éléments qui isolent le voltmètre à lampe du circuit à mesurer et qui réduisent, ainsi, les résistances et capacités parasites susceptibles d'en perturber le fonctionnement. La sonde peut parfois contenir un élément redresseur pour la mesure des tensions de fréquence élevée.

CONSTRUCTION D'UN VOLTMETRE A LAMPE

Mise au point et utilisation

Un des avantages des montages « prêts à câbler », réside dans le fait que celui qui le construit acquiert une connaissance du circuit suffisante pour lui permettre de l'utiliser de mieux possible.

Les opérations de vérification et de mise au point, effectuées conformément aux instructions données ci-dessous, ne présentent aucune difficulté et peuvent être faites, soit à titre de simple contrôle, soit pour obtenir une meilleure précision.

Après avoir terminé le montage mécanique et électrique, et après avoir vérifié soigneusement le travail, comme indiqué dans la leçon précédente, on peut procéder aux essais de l'appareil. Pour cette opération, il est nécessaire de disposer d'un contrôleur universel.

Tout d'abord, avant de placer les lampes dans leurs supports, il convient de brancher l'appareil au réseau électrique (110 à 127 volts alternatifs). Cela fait, on met en route l'appareil en plaçant le sélecteur de fonctions sur une position quelconque autre que la première, ou position « off », qui est la position d'arrêt. Il faut immédiatement s'assurer qu'aucun ronflement ou vibration ne se manifeste dans l'appareil, et qu'aucune étincelle ne se produit entre deux conducteurs, ou entre un conducteur et la masse. Si tout est en ordre, on contrôlera la tension alternative fournie par le secondaire haute tension du transformateur d'alimentation, au moyen du contrôleur universel sur la sensibilité « 250 V c.a. »; on devra mesurer une tension alternative de 130 volts environ entre les deux fils rouges. Plaçant le contrôleur sur la sensibilité « 10 V. c.a. », on mesurera la tension entre les cosses 3 et 4 du support de la 6AL5 et entre les paires de cosses 9-4 et 9-5 de la 12AU7, on doit trouver dans les deux cas, une tension alternative de 6 volts environ. On vérifiera, également, que la lampe témoin placée dans le voyant situé sur le panneau avant, est bien allumée. Ces opérations étant terminées, on placera le contrôleur universel sur la position « 150 V. c.c. » et on mesurera la tension continue entre la masse et les deux extrémités du condensateur chimique de 16 μ F. Entre la masse et le pôle positif du condensateur, on aura une tension positive de 65 V, environ, tandis qu'entre la masse et le pôle négatif de ce même condensateur, la tension sera de 70 V (négatifs.)

Dans le cas où l'une des tensions indiquées ci-dessus serait différente de la valeur normale, il faudrait arrêter l'appareil et en chercher la cause en vérifiant une fois encore le circuit et les divers composants.

Si tout est normal, on peut placer les lampes dans leurs supports respectifs, brancher à nouveau le secteur, et vérifier que les cathodes des deux tubes sont portées à l'incandescence. Au bout de 30 secondes, temps nécessaire pour que les cathodes atteignent leur température normale de fonctionnement, on place le bouton de commande du sélecteur « fonctions » sur la position « dc+ » ou « dc- », et le contacteur « sensibilités » sur « 1.5 V. ». En agissant alors sur la commande « zero adjust » (tarage), l'aiguille du microampèremètre

devra être ramenée sur la division zéro, au début des échelles.

Après quelques minutes, on vérifiera qu'aucune résistance ne chauffe d'une manière excessive et qu'aucune étincelle ne se produit dans les circuits.

Cela fait, il convient d'éteindre l'appareil et de procéder à la remise au zéro mécanique de l'aiguille. Pour cela, avec l'instrument en position normale de travail (position verticale), on tourne lentement la vis placée sous le cadran, au centre du microampèremètre, dans un sens ou dans l'autre, jusqu'à ce que l'aiguille se trouve exactement sur les graduations « 0 » des quatre échelles supérieures.

Mise au point

Le tarage définitif de l'instrument doit se faire en deux temps: en d'autres termes, on procède tout d'abord à un tarage provisoire et on laisse fonctionner l'appareil pendant un certain temps, dit « temps de vieillissement ». Pour cela, on met le voltmètre à lampe sous tension pendant une période continue d'au moins 48 heures, ce qui a pour effet de permettre une certaine stabilisation des caractéristiques électriques des composants du montage et, tout particulièrement, des lampes. Après cette période de vieillissement, on répète les opérations de mise à zéro, et l'appareil est prêt à fonctionner correctement.

Tarage en courant continu — Placer le sélecteur « fonctions » sur la position « DC+ » (mesure des tensions continues positives par rapport à la masse) et le contacteur de sensibilités sur « 1.5 V ». Brancher le cordon noir « commun » à la douille correspondante (en bas à gauche) et le cordon blindé, terminé par la fiche de jack, dans la prise centrale; relier les extrémités de ces cordons aux pôles d'une pile neuve de 1.5 volts (par exemple, la pile fournie avec l'appareil pour l'ohmmètre). Ajuster avec un tournevis, le potentiomètre situé au centre de la plaquette imprimée (voir fig. 4) portant l'indication « CAL. CC », jusqu'à ce que l'aiguille du galvanomètre se trouve exactement sur le point rouge situé à droite de l'extrémité de l'échelle 15 volts.

Le sélecteur étant toujours sur la position « DC+ » vérifier le fonctionnement de la commande « zero adjust » (réglage du zéro): en tournant ce bouton, l'aiguille doit se déplacer jusqu'à la moitié, environ, du cadran (en l'absence de tension appliquée aux cordons). Mettre cette aiguille exactement sur zéro (début des échelles) et commuter de « DC+ » sur « DC- ». On doit trouver un réglage pour lequel cette commutation ne provoque aucun déplacement de l'aiguille. Dans le cas contraire, si une déviation supérieure à deux divisions se produit, il est nécessaire de procéder à un nouveau vieillissement de la lampe 12AU7.

Vérification de l'Ohmmètre — Eteindre l'appareil; placer la pile de telle sorte que le pôle négatif soit en contact avec le ressort et s'assurer que les contacts sont parfaitement propres.

Mettre l'appareil en route et placer le sélecteur « fonctions » sur la position « OHMS ». Agir sur le bouton « OHMS ADJ. » jusqu'à ce que l'aiguille se stabilise sur la position « Infini », à l'extrémité droite de l'échelle supérieure. Enfiler les cordons rouge et noir (commun) dans les douilles correspondantes (gauche et droite) et mettre en contact leurs deux extrémités libres. L'aiguille de l'instrument doit revenir immédiatement au zéro, c'est-à-dire au début de l'échelle, à gauche.

Tarage en courant alternatif — Débrancher provisoirement le cordon rouge. Mettre le sélecteur de fonctions sur la position « AC » et le contacteur de sensibilités sur « 1,5 V ». Ajuster au moyen d'un tournevis, le potentiomètre « Equil. C.A. » jusqu'à ce que l'aiguille reste au zéro lorsque l'on place successivement le sélecteur de fonctions sur « AC », « DC+ » ou « DC- ». Rebrancher le cordon rouge et relier les deux cordons à une prise de courant (tension du secteur) après avoir placé le contacteur de sensibilités sur la position « 500 V ».

Régler alors le potentiomètre « Cal. C.A. », placé sur la plaquette à circuit imprimé, pour que l'instrument indique exactement la tension du secteur (127 ou 220 volts) sur l'échelle 500 volts. Dans le cas où l'on ne serait pas absolument certain de la tension du secteur, il serait utile de la mesurer avec un voltmètre alternatif précis.

Les opérations décrites ci-dessus terminent la mise au point. Si le montage a été correctement réalisé, on ne doit rencontrer aucune difficulté. Ces premiers réglages ont servi principalement à la vérification du bon fonctionnement de l'ensemble des circuits. Il faut maintenant laisser l'appareil sous tension pendant 48 heures consécutives au moins, et répéter les opérations de mise au point.

Les caractéristiques du circuit sont telles que la stabilité maximum est assurée pour un temps indéterminé. Toutefois, si une variation se manifeste par suite d'une modification bien improbable des valeurs d'un ou de plusieurs composants, on devra rechercher l'organe défectueux et le remplacer, avant de recommencer le tarage de l'instrument.

Mode d'emploi

Comme déjà dit dans la 53ème leçon, le voltmètre électronique présente de nombreux avantages sur le classique contrôleur universel (ou multimètre), parmi lesquels le plus important est sa forte impédance d'entrée. Elle permet de faire des mesures très précises sur des circuits à haute impédance, comme le circuit de sortie des étages amplificateurs à couplage par résistance-capacité, la mesure des tensions de polarisation directement sur la grille d'une lampe etc...

Pour mieux comprendre cela, examinons la **figure 1** : elle représente une lampe amplificatrice, ayant une résistance de charge de 500 000 ohms et fonctionnant sous une tension d'alimentation de 100 volts. Supposons que dans ces conditions, le courant anodique du tube provoque une chute de tension de 50 volts aux bornes de cette résistance; la tension plaque effective sera donc de 50 volts. Si pour mesurer cette tension, nous utilisons un voltmètre courant ayant une sensibilité de 1 000 ohms/volt par exemple, sur l'échel-

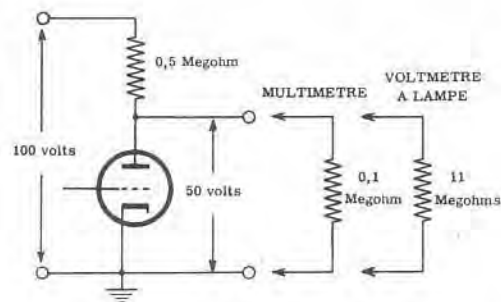


Fig. 1 - Lorsqu'on mesure la tension anodique d'une lampe avec multimètre ayant une faible résistance interne, on trouve une tension très inférieure à la valeur réelle. Par contre, si cette mesure est effectuée au moyen d'un voltmètre à lampe, dont la résistance d'entrée est très élevée, on obtient une lecture correcte de la tension réellement appliquée sur l'électrode du tube.

le 100 volts, la résistance du voltmètre sera de 100 000 ohms seulement. Cette résistance — au cours de la mesure — se trouvera placée entre la plaque du tube et la masse, c'est-à-dire en parallèle sur la résistance interne du tube qui est de l'ordre de 500 000 ohms (puisque la chute de tension entre plaque et cathode dans notre exemple, est de 50 volts, tout comme la chute dans la résistance de charge, et que le courant anodique est évidemment le même dans les deux cas).

Dans ces conditions, au cours de la mesure, la résistance entre plaque et masse sera égale à celle résultant de la mise en parallèle de la résistance interne de la lampe et de la résistance du voltmètre (soit 500 000 ohms en parallèle sur 100 000 ohms). La valeur totale ne sera plus de 500 000 ohms, mais de 83 330 ohms seulement. En conséquence, pendant la mesure, la tension entre plaque et cathode descend à 14 V environ, alors qu'elle devrait être de 50 V.

Si par contre, nous faisons cette même mesure avec un voltmètre électronique du type décrit plus haut, dont la résistance d'entrée est de 11 mégohms, il sera facile pour nos lecteurs de calculer le pourcentage d'erreur introduit par l'instrument, qui est absolument négligeable en pratique.

Mesures des tensions continues — Relier le cordon noir (commun) au côté froid (généralement la masse) de la tension à mesurer en se servant de la pince crocodile, prévue à cet effet, à l'extrémité du cordon. Placer le sélecteur de fonctions sur « DC+ » ou « DC- », selon que la tension à mesurer est positive ou négative par rapport à la masse. Mettre le contacteur de sensibilités sur une position permettant la mesure de tensions sûrement supérieures à celle à mesurer; dans le cas où la valeur approximative de cette tension est inconnue, ce contacteur doit, tout d'abord, être placé sur la sensibilité « 1 500 V ».

Avec l'autre pointe (terminant le câble blindé), toucher le côté « chaud » de la tension à mesurer: si l'aiguille de l'instrument ne dépasse pas le premier tiers de l'échelle, passer sur la sensibilité inférieure. En effet, pour que la lecture soit facile et précise, il faut que la déviation de l'aiguille se situe entre la moitié et les 2/3 de la déviation totale.

Les sensibilités 1,5 - 5 et 15 volts sont utilisées, dans la position « DC- », pour mesurer les tensions de po-

larisation directement sur les grilles des lampes. Sur les autres sensibilités on peut également mesurer les tensions anodiques ou autres, directement sur les électrodes des tubes électroniques; ceci, nous le savons, grâce à l'impédance d'entrée élevée du voltmètre à lampe qui n'apporte aucun changement appréciable de la valeur de la résistance de charge aux bornes de laquelle se fait la mesure de la tension.

Mesure des tensions alternatives — Relier le câble commun (noir) comme pour la mesure des tensions continues; dans ce cas également, la pince crocodile sera en contact avec le côté « froid » de la tension à mesurer. Placer le sélecteur de fonctions sur « AC » et le contacteur de sensibilités sur une position permettant la mesure de tensions supérieures à celle à mesurer; toujours dans le cas où cette tension n'est pas approximativement connue, ce contacteur devra tout d'abord être placé sur la position « 1 500 V ».

On remarquera que les échelles pour courant alternatif sont étalonnées aussi bien en valeurs efficaces qu'en valeurs de crête. Lorsqu'on mesure des tensions sinusoïdales, ces deux valeurs peuvent être lues indifféremment puisque la tension de crête à crête est égale à la tension efficace multipliée par le facteur 2,83.

Par contre, lorsqu'on mesure des tensions alternatives non sinusoïdales (comme par exemple des tensions comportant de fortes distorsions, des signaux rectangulaires ou en dents de scie etc...) la lecture devra être considérée comme étant égale à environ 35% de la tension de crête.

Si par exemple le contacteur de sensibilité est placé sur « 15 V », et qu'une d.d.p. sinusoïdale de 10 volts eff. est appliquée entre les deux cordons du voltmètre, l'aiguille indiquera cette tension sur l'échelle étalonnée en tensions efficaces, et elle indiquera une tension de 28,3 volts, sur l'échelle portant les tensions de crête. Cette double lecture est très utile, car elle évite la perte de temps pour calculer la tension de crête, connaissant la tension efficace et inversement.

Lorsqu'on fait une mesure en courant alternatif, il faut toujours se rappeler que le cordon rouge, à relier au point « chaud » du circuit à mesurer, est particulièrement sensible aux champs électromagnétiques extérieures et particulièrement, à celui du corps de l'opérateur. Le seul contact de la main sur le manche isolant de la pointe de touche peut provoquer une déviation de l'aiguille du voltmètre qui — naturellement — peut fausser la mesure. C'est pourquoi sur les sensibilités inférieures à 150 volt, la remise au zéro doit toujours être faite en court-circuitant entre eux les deux cordons, puis on fera la lecture en plaçant la pointe de touche rouge en contact avec le point où l'on doit mesurer la tension alternative, et en retirant la main. Cet inconvénient, commun à tous les voltmètres électroniques très sensibles, peut entraîner des erreurs allant de 5 à 15%, selon la sensibilité utilisée.

Lors des mesures de tensions élevées, il conviendra de prendre les précautions énoncées dans notre 53ème Leçon et en particulier, il sera bon de brancher les cordons de mesure à l'appareil à essayer alors que celui-ci ne sera pas encore sous tension; de même, les

cordons seront débranchés après avoir arrêté le fonctionnement de l'appareil.

Mesure des résistances — Le cordon « commun » (noir) sera toujours enfiché dans sa douille (en bas et à gauche) et le cordon rouge dans sa douille à droite. Le sélecteur de fonctions sera mis sur la position « OHMS », et le contacteur de sensibilités sera placé sur la gamme permettant d'obtenir la lecture de la résistance inconnue vers le centre de l'échelle.

On procède tout d'abord au tarage de l'instrument, en tenant les cordons isolés l'un de l'autre, et en agissant sur le bouton marqué « OHMS ADJ. », pour amener l'aiguille à sa déviation maximum, à l'extrémité droite de l'échelle, sur le point « Infini ». On fait alors la mesure en plaçant les deux extrémités des cordons aux bornes de la résistance et en choisissant la gamme qui donne la lecture la plus facile et la plus exacte. Après avoir déterminé la gamme à utiliser pour cette mesure, il est bon de détacher un des cordons et de vérifier à nouveau le tarage, avant de faire la mesure définitive.

La valeur lue sur le cadran sera multipliée par le facteur indiqué sur le contacteur de sensibilité.

Précisons que bien qu'une pile soit utilisée pour la fonction « Ohmmètre », les mesures se font à travers un circuit électronique et qu'en conséquence, même lors des mesures de résistances, l'instrument doit être mis sous tension. Pour éviter une usure prématurée de la pile, le sélecteur fonctions ne sera placé sur la position « OHMS » que pendant les mesures; dès la fin de celle-ci, il sera ramené sur une autre position.

Mesures en courant alternatif sur l'échelle « décibels »

— Le standard conventionnel, 0 dB = 1 mW dans 600 ohms, a été adopté dans cet appareil (voir 54ème Leçon). La valeur 0 dB correspond donc à une tension de 0,774 volt alternatif sur l'échelle 1,5 V efficaces. Les corrections à apporter aux lectures en dB faites sur les autres échelles sont les suivantes:

Echelles volts	Echelles décibels
0 — 1,5 V	Lecture directe
0 — 5 V	Ajouter + 10 dB
0 — 15 V	Ajouter + 20 dB
0 — 50 V	Ajouter + 30 dB
0 — 150 V	Ajouter + 40 dB
0 — 500 V	Ajouter + 50 dB
0 — 1 500 V	Ajouter + 60 dB

Lecture des échelles — Les indications portées sur le cadran du contacteur de sensibilités concernent évidemment les lectures en fin d'échelle pour chaque sensibilité. Avec le contacteur sur la sensibilité « 1,5 V », on utilisera l'échelle 0-15 V, en divisant par 10 les lectures effectuées. Par exemple, si l'aiguille s'arrête sur le chiffre 8, la tension mesurée sera de 0,8 volt.

Avec le contacteur sur la sensibilité « 5 V », on fera la lecture sur l'échelle 0-50 V, en divisant également par 10 les valeurs indiquées; en conséquence, si l'aiguille marque 40, la tension mesurée est de 4 volts.

Sur les sensibilités 15 et 50 volts, les lectures sont évidemment directes. Par contre, pour la sensibilité 150 V, on utilisera l'échelle 15 V et la lecture sera multipliée par 10. Pour la sensibilité 500 V, c'est l'échelle 50 V qui sera utilisée et la lecture sera également multipliée par 10. Enfin, les tensions allant jus-

travail, à vouloir mesurer rapidement des tensions négatives ou positives, sans être obligé de commuter à chaque fois le sélecteur de fonctions.

Pour cela, il suffit d'amener l'aiguille sur le zéro central au moyen du bouton «ZERO ADJUST» et de placer le sélecteur sur la position «DC+». Dans ces conditions, une tension positive fera dévier l'aiguille vers la seconde moitié de l'échelle, tandis qu'une tension négative la fera dévier en sens opposé, c'est-à-dire vers l'extrémité gauche. Les échelles étant linéaires (celles du voltmètre), il sera possible de faire la lecture en tenant compte simplement du nombre de divisions. Dans ce cas, les échelles sont réduites de moitié; c'est ainsi que sur la sensibilité «50 V» par exemple en plaçant l'aiguille au centre de l'échelle, nous pourrions mesurer 25 volts positifs ou négatifs par rapport à la masse, selon que l'aiguille accusera une déviation vers la droite ou vers la gauche.

Dans ce cas, chaque division en trait plus épais et plus long correspond à une tension de 5 volts, et chaque petite division à 0,2 volt. Les chiffres indiqués sur le cadran ne peuvent plus servir, car ils ne correspondent plus aux tensions réelles, mais le calcul est très facile. Supposons que sur l'échelle «50 V», l'aiguille s'arrête sur la petite division précédant celle marquée 20. Nous savons qu'une grande division correspond à 5 volts et une petite à 0,2 volt. La tension lue sur le voltmètre sera donc de 5,2 volts négatifs par rapport à la masse.

Charge électrostatique — Dans tous les instruments de mesure à cadre mobile, surtout s'ils sont très sensibles, se produisent parfois des phénomènes électrostatiques provoquant une déviation de l'aiguille, en l'absence de tension appliquée à leurs bornes. Ceci arrive en particulier, lorsqu'on procède au nettoyage du verre de protection avec un chiffon de laine. L'attraction entre les deux corps se traduit par une charge électrostatique qui déplace l'aiguille.

Le polystyrène qui recouvre le galvanomètre du voltmètre à lampe a été traité de manière à réduire au maximum l'effet ci-dessus mentionné. Dans le cas toutefois où ce phénomène se manifesterait, à la suite du nettoyage effectué avec un chiffon, on peut le neutraliser en frottant la surface électrisée avec un chiffon imbibé de «Glin». Il s'agit là d'un produit qui neutralise la charge électrique et que l'on trouve facilement dans le commerce. Mentionnons que le phénomène disparaît de lui-même au bout d'un certain temps, pouvant varier entre quelques heures et un ou deux jours. Mis gratuitement en ligne par Alain et André.

Dépannage — Dans le cas où certains défauts se manifesteraient, soit pendant la mise au point, soit après un certain temps, nous suggérons de faire les vérifications suivantes:

1°) Contrôler l'état des deux tubes 12AU7 et 6AL5, en les remplaçant éventuellement par des tubes dont on est sûr. Ces lampes n'ont pas besoin d'avoir des caractéristiques particulières, et leur remplacement par d'autres lampes, du même type, ne peut avoir de répercussions sur le tarage de l'instrument. La double triode ne doit pas être cons-

tituée nécessairement par deux éléments rigoureusement identiques: l'équilibre peut être obtenu au moyen du potentiomètre prévu à cet effet.

- 2°) Si le défaut de fonctionnement ne se manifeste que sur les sensibilités en courant alternatif, il est évident que le seul tube responsable, en même temps que les circuits la concernant, est la 6AL5.
- 3°) Si la panne n'affecte que la fonction ohmmètre, il convient de vérifier avant tout, l'état de la pile de 1,5 volts, ainsi que la propreté des contacts. Si l'aiguille dévie vers la droite, quelle que soit la position du potentiomètre de tarage, cela indique qu'il existe certainement une interruption dans le circuit comportant les résistances en série. Il faut noter que pour que le fonctionnement en ohmmètre soit correct, il faut que l'appareil fonctionne parfaitement bien comme voltmètre.
- 4°) Quand l'instrument vient à peine d'être monté, il peut arriver qu'on ne puisse obtenir une mise à zéro parfaite. Ceci est généralement imputable à un défaut de vieillissement du tube 12AU7 et il suffit comme nous l'avons indiqué plus haut, de le chauffer pendant 48 heures sans interruption pour remédier à ce défaut.
- 5°) Vérifier également que les cordons reliant les pointes de touche à l'appareil ne sont pas coupés. Cela peut se produire assez souvent, en raison des nombreuses torsions que ces fils subissent au cours des mesures. On contrôlera en particulier qu'il n'y a pas de pertes d'isolement entre le conducteur central et la tresse métallique du câble blindé servant aux mesures en courant continu.
- 6°) Le non fonctionnement de la commande de remise à zéro peut provenir d'une interruption des connexions allant aux cosse 1 et 6 du support du tube 12AU7.
- 7°) En cas de difficultés, contrôler toutes les tensions et répéter toutes les opérations effectuées lors de la mise au point.

Au cas fort improbable où le circuit imprimé présenterait des coupures dans les connexions en cuivre déposées sur la plaquette isolante, la réparation pourra être faite assez facilement: il suffira de faire un «pont» reliant les deux bords de la rupture. Pour cela, préparer une petite longueur de fil nu rigide, de quelques dixièmes de millimètre de diamètre. Le placer sur la coupure de telle sorte qu'il se trouve à cheval sur elle. Le souder au circuit imprimé, en le tenant fermement en place et en utilisant un fer à souder bien propre et de la soudure de bonne qualité.

Pendant cette opération délicate, il faut que le fer à souder reste le moins longtemps possible en contact avec le circuit, cela pour éviter de brûler l'isolant. C'est pourquoi, le fer à souder et le fil devront être parfaitement propres.

Au cas où l'équipage mobile du galvanomètre est endommagé (coupure de la bobine, rupture d'un ressort de rappel, etc...), il est déconseillé de tenter d'effectuer soi-même la réparation, à moins de posséder la compétence et l'outillage nécessaire. Il est préférable en règle générale, de s'adresser à un atelier spécialisé dans ce genre de réparations.

— LES FOURNISSEURS DE VOTRE MATERIEL —

ELECTRONIQUE MONTAGE

111, BD RICHARD LENOIR - PARIS XI^e
(métro Oberkampf)
SPÉCIALISTE MODULES RÉUSSITE COMPLÈTE
TOUS LES COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES
EXPÉDITION PROVINCE

Amateurs, Installateurs, Dépanneurs,

les valises de dépannage Radio TV Spés
PAUL sont en vente dans toute la France.
5 modèles.
Adresse de nos Agents sur simple demande.

Spécialités Ch. PAUL - 28, rue Raymond Lefebvre
MONTREUIL (Seine) Tél. : 287-54-16

CIBOT RADIO

1 à 3, RUE DE REUILLY - PARIS 12^e
TEL. : DID. 66-90

TOUT L'OUTILLAGE
POUR L'ÉLECTRONIQUE

Catalogue complet de pièces détachées : 5 F

Catalogue de Kit

Ensemble de pièces détachées

Du poste à galène au téléviseur

EXPÉDITION A LETTRE LUE PARIS-PROVINCE

RADIO-BEAUGRENELLE

6, RUE BEAUGRENELLE - PARIS 15^e

Tél. : 828.58.30

TOUTE LA PIÈCE DÉTACHÉE RADIO
LAMPES-TRANSISTORS-TELEVISION
EXPÉDITION PROVINCE

Envoi du tarif contre 3 timbres-lettre

MIEUX QU'UN CATALOGUE !

Tous ceux qui s'intéressent à la radio se doivent de posséder

le **MEMENTO ACER**

VÉRITABLE DIGEST DE L'ÉLECTRONIQUE

TOUTES LES PIÈCES DÉTACHÉES

TOUTE UNE GAMME DE MONTAGE EN KIT

Envoi contre 6F pour frais

ACER 42bis, rue de Chabrol - PARIS 10^e



80 PAGES contre 2.50 en timbres pour frais d'envoi

● HIFI (amplis - HP - tuners FM - enceintes
acoustiques) ● Grand choix de pièces
détachées ● Appareils de mesures ●
Outillage ● Appareils électriques ● De
nombreuses réalisations ● Sur place : un
choix énorme à des prix "champion".

Comptoirs CHAMPIONNET

14, RUE CHAMPIONNET - PARIS 18^e

Tél. ORN. 52-08 - C.C.P. 12.358.30 Paris

Métro : Porte de Clignancourt et Simplon

RETEXKIT

CONSTRUISEZ-LE VOUS-MÊME

KIT POUR RADIO-AMATEURS
KIT D'APPAREILS ÉLECTRONIQUES

Demandez notre catalogue
sans engagement de votre part

TERA-LEC 51, RUE DE GERGOVIE
PARIS-14^e - SEG. 09-00

MAGNETIC-FRANCE

SPÉCIALISTE DU "KIT"
PIÈCES DÉTACHÉES POUR :

Tuners, magnétophones, amplis, orgue élec-
tronique, chambre d'échos, réverbérateurs.

- Lampes
- Transistors

SERVICES ET CONSEILS TECHNIQUES

175, RUE DU TEMPLE - PARIS-3^e
ARCHIVES 10-74 Métro : Temple, République

COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES

Radio-Télévision ● Industrie ● Télécommande

Châssis Haute Fidélité ● Amplis ● Tuners FM

DETAIL

RADIO-VOLTAIRE

GROSSISTE OFFICIEL "COPRIM TRANSCO"

GROSSISTE TUBES INDUSTRIELS "RADIO TECHNIQUE"

155, Avenue Ledru-Rollin, PARIS-11^e ROQ. 98-64

R.T. 1204 271 1415 - 1416 - 1417 - 1418 - 1419 - 1420 - C.P. 5608-71 PARIS

EMY-RADIO

Spécialiste des grandes marques d'importation

Téléviseurs - Récepteurs - Transistors - Magnétophones

Electrophones - Hi-Fi - Enceintes acoustiques - Émetteurs

récepteurs - Interphones, etc...

Toutes expéditions en province. Catalogue de nos prix sur

simple demande - 19, rue de l'Ancienne Comédie

PARIS 6^e Tél. : DAN. 63-05

POUR TOUS VOS BESOINS EN COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES ET ENSEMBLES A MONTER SOI-MÊME

AUX CONDITIONS LES PLUS AVANTAGEUSES GRÂCE A NOTRE FORMULE DE VENTE DIRECTE

Magasins pilotes :

3, RUE LA BOËTIE - PARIS-8^e

9, BD ST-GERMAIN - PARIS-5^e



DOCUMENTATION GRATUITE SUR DEMANDE :

Catalogue KITS - CTR 8-493 - Catalogue PD - CTR 9-492

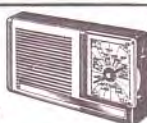
(joindre 4 timbres pour frais d'envoi)

Départements :

VENTE PAR CORRESPONDANCE

COGEREL - DIJON (cette adresse suffit)

RÉALISEZ VOS
POSTES A TRANSISTORS
LAMPOMETRE
SIGNAL TRACER



CONTROLEUR
UNIVERSEL



Economie
Sécurité
Réussite
assurée

Pièces détachées, en ensembles
complets, ou séparées avec schéma
et plans très détaillés

Documentation CA - contre 1,20 F en timbres

TECHNIQUE SERVICE

fermé le lundi
Métro
Charonne

17, Passage Gustave-Lepeu, Paris-11 - Tél. : ROQ. 37-71

CENTRAL-RADIO

35, rue de Rome - PARIS 8^e
522 12-00 et 12-01 CCP 728-45

Expédie dans toute la France toutes
les pièces détachées - Appareils de
mesure et l'outillage du Radio-
électricien.

CATALOGUE contre 4 timbres,
conseillers techniques à votre
disposition à nos magasins.

LE GRAND SPECIALISTE

des Petits Montages Récepteurs de Radio
et de la Radiocommande des Modèles Réduits.

- Ouvrages pour débutants -

Envoi du catalogue général contre 3 F

PERLOR-RADIO

16, R. Hérold, Paris (1^{er}) - Tél. CEN. 65-50

POUR
REUSSIR
A
COUP SUR ?
ESSAYEZ AVEC NOS
SCHEMAS
GRANDEUR
NATURE

MONTAGES FACILES

AMPLIS GUITARE 3 A 50 W

125 SCHEMAS DE LAMPES

REMISE 25 à 30%

SUR LAMPES-MAGNÉTOPHONES

Documentation complète c. 4,50 TP

Soc. **RECTA**

37, Av. LEDRU-ROLLIN - PARIS-12^e

NORD RADIO

TOUTES LES PIÈCES DÉTACHÉES ET
ACCESSOIRES DES MEILLEURES MARQUES
A DES PRIX IMBATTABLES

TELEVISEURS - RECEPTEURS à transistors
AMPLIS HI-FI - ELECTROPHONES
MAGNÉTOPHONES - INTERPHONES, etc...
Vendus en "KIT" et en ordre de marche.

139, RUE LA FAYETTE, PARIS-10^e

Tél. TRUDAINE 89-44 - Autobus et Métro : GARE DU NORD

TOUS LES MAGNÉTOPHONES

(GRUNDIG, PHILIPS, etc.)

TELEVISEURS - ENCEINTES ACOUSTIQUES

PLATINES TOURNE-DISQUES, etc. (Consultez-nous).