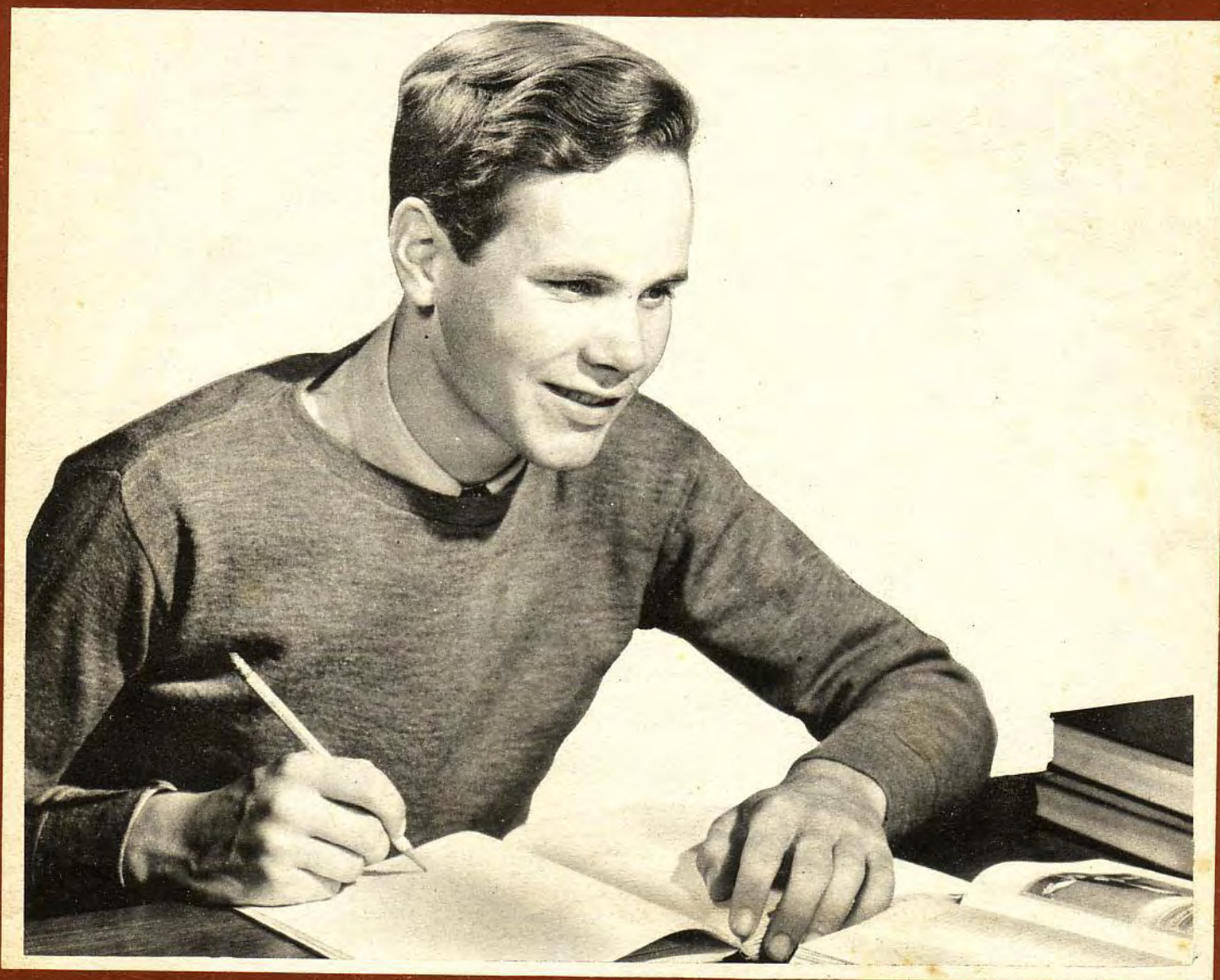


18

votre Carrière

REVUE de TECHNIQUE RADIO

magazine des futurs électroniciens



hebdomadaire pour la formation professionnelle - 28 juin - 5 juillet 1965 - le numéro 1,60 F.

voire 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^e 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 sera contrôlée par l' O. J. D.	Le Numéro précédent a été tiré à 30 502 exemplaires.
--	---

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

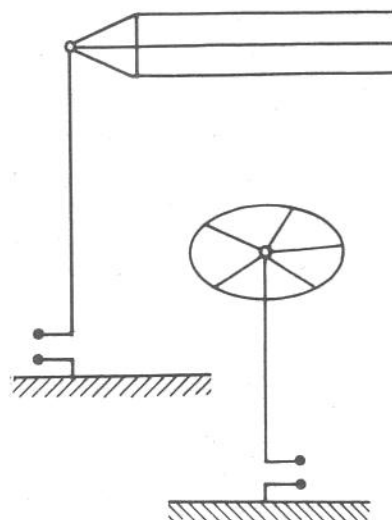
★ Courrier technique	page 2
★ L'antenne radio, cette inconnue	» 3
★ La lampe amplificatrice	» 5
★ Le voltmètre à lampe	» 14
★ Symboles - Abréviations + Formules	» 23
★ Questions sur la 52 ^{ème} et 53 ^{ème} leçons	» 23
★ Réponses aux questions du numéro précédent	» 24
★ Caractéristiques des lampes miniature	» 24
★ Réalisation d'une alimentation secteur	» 25
★ Conversion unités anglaises de surface et longueur	» 27
★ Abaque pour le calcul de la section de l'enroulement entier d'un transformateur	» 28
★ Abaque pour le calcul de la section en fonction du courant dans les enroulements d'un transformateur	» 28
★ Dictionnaire Anglais-Français d'Electronique	» 29

Courrier technique

RAYMOND A. - Aubusson (Creuse), demande des renseignements sur les antennes parapluies et sur ses essais d'antenne de T.V.

Ce système d'antenne parapluie permet d'augmenter la longueur effective de l'antenne, en augmentant sa capacité propre par rapport au sol, de même si l'on plaçait une self à la base.

La solution « parapluie » ou « nape » est très utilisée en ondes longues, puisque l'antenne est toujours très petite devant la longueur d'onde ($\lambda' < \lambda/4$). Mais l'antenne proprement dite est constituée uniquement par le fil vertical.



L'antenne agit surtout par la partie verticale, la partie horizontale n'étant là qu'en contrepoids.

L'antenne de télévision étant un collecteur d'ondes d'assez forte capacité entre brins, constitue donc un aérien parfaitement valable pour les ondes moyennes d'autant plus que le blindage du feeder dans sa partie verticale joue le rôle pur et simple d'une antenne

unifilaire. Il n'y a aucun inconvénient à prévoir, aussi bien pour le récepteur que pour le téléviseur.

CLAUDE G. - Dijon (Côte d'Or), possède un vieil électrophone dont la 6BQ5 est hors d'usage. Malgré le changement de tube, cet appareil ne fonctionnait pas. En revanche en utilisant une autre 6BQ5, il fonctionne de nouveau. L'utilisation d'un tube neuf nécessite-t-elle une mise au point ?

2° Ce vieil appareil émet un bruit de fond assez désagréable se reproduisant à intervalles réguliers accompagné d'un ronflement continu. Quelle peut en être l'origine ?

Il semble que la 6BQ5 que vous avez achetée est défectueuse, car il n'y a rien à modifier à son circuit.

Quant au bruit de fond, il est possible qu'il provienne d'un condensateur au papier fonctionnant à la limite de la tension de rupture.

M. ANDRE E., Ize - Mayenne.

Pour la construction du récepteur à cristal, le diamètre de la bobine a son importance, mais vous pouvez compenser cette augmentation par un plus petit nombre de spires. Mais comme le support du bobinage n'a aucun effet électromagnétique, un tube de carton peut être obtenu en enroulant du papier collé sur un mandrin et vous n'aurez pas besoin de modifier le nombre de spires.

Un curseur est à déconseiller car outre les contacts parasites entre spires, vous risquez d'avoir un contact très douteux du curseur sur des fils aussi fins.

Nous vous signalons qu'il vous est possible de trouver dans le commerce des bobinages tout faits et même montés sur ferrite comme ceux que l'on trouve dans les récepteurs à transistors et qui ont un très bon rendement avec effet directif de cadre.

L'ANTENNE RADIO CETTE INCONNUE

par G. de BAR

Depuis un certain nombre d'années la réception radio en modulation d'amplitude, principalement en Grandes et en Petites Ondes, est devenue très difficile dans les centres urbains; en dehors des émetteurs régionaux de bonne puissance, l'écoute - radio à grande distance est devenue un sport difficile. Il y a plusieurs raisons à cela car les conditions d'écoute ont bien changé et évoluent avec le temps.

L'augmentation considérable du nombre des émetteurs, le glissement en fréquence de certains, la largeur de la bande passante du récepteur qui n'est pas toujours conforme aux normes, le fléau que constituent les parasites, tous ces facteurs souvent réunis rendent l'audition très pénible malgré les très grands progrès réalisés dans les performances des récepteurs.

Jusqu'en 1938, les amateurs de radio qui voulaient améliorer l'écoute à distance mettaient en pratique, quand ils en avaient la possibilité, l'installation d'une antenne filaire. Celle-ci était soit tendue entre deux cheminées, soit dans un jardin ou à l'intérieur d'une cour. Cette pratique n'était sûrement pas parfaite. Par exemple, tendre une antenne au-dessus d'un toit ne la dégage guère du sol et en tout cas la capacité antenne-terre reste élevée, car le toit représente une masse non négligeable. La sensibilité des récepteurs ayant fait de très grands progrès, on en vint à utiliser soit un cadre bobiné, soit une antenne formée d'un fil en spirale, tendu à l'intérieur de l'habitat.

Il faut bien reconnaître que les résultats obtenus étaient souvent médiocres ou même mauvais. Les conséquences de cette mode furent qu'en remplaçant un aérien convenablement développé, bien dégagé du sol et par là même de la nappe des parasites, on annulait l'amélioration des performances des récepteurs, le collecteur d'ondes se situant dans le champ des perturbations de toutes sortes!

Avec l'apparition du cadre à air sur les récepteurs à tubes et du bâtonnet en ferrite sur les récepteurs à transistors, ces collecteurs d'ondes qui ont fait faire de très nets progrès aux récepteurs modernes n'ont pas pour autant modifié leur situation dans le champ des perturbations. La construction des immeubles modernes employant de plus en plus des éléments métalliques, tous les facteurs sont alors réunis pour mettre l'auditeur dans les plus mauvaises conditions de réception.

Ces constatations faites par d'innombrables intéressés étant la conséquence de tout ce que nous venons d'énoncer, nous pensons qu'il n'est pas obligatoire de les accepter comme telles.

Au moment où les frontières devraient tendre à disparaître, où l'interpénétration des nations poursuit un mouvement irréversible, où les moyens de liaisons sont en progrès incessants, où l'électronique fait des pas de géant, l'ère du téléguidage des engins spatiaux et interplanétaires étant venue, il est absolument paradoxal qu'un auditeur de radio ne puisse entendre con-

venablement le concert ou la conférence donnés par un émetteur d'une capitale voisine, performance qu'il était plus facile de réaliser il y a une trentaine d'années.

Dès que l'usager veut améliorer les qualités de l'écoute à distance, tenant compte qu'il n'a aucun pouvoir ni sur l'émission ni sur son appareil, il lui faut chercher remède hors de ces paramètres; l'unique moyen dont il dispose se trouve dans l'installation d'un collecteur d'ondes aérien; seule une installation d'antenne bien dégagée permet d'utiliser au maximum les performances des récepteurs modernes.

PROPAGATION

Il est bon d'avoir en mémoire la loi qui régit la propagation des ondes électromagnétiques suivant laquelle l'affaiblissement des signaux reçus varie comme le carré de la distance.

Un auditeur possède en général un récepteur qui est pour le moins, à modulation d'amplitude. Nous croyons utile de rappeler les conditions de propagation de chacune des gammes d'onde desservies actuellement:

Grandes Ondes: ou ondes kilométriques de 150 à 280 kHz ou 2 000 à 1 070 mètres. Ces ondes ont des conditions de propagation identiques, de jour comme de nuit; le phénomène de diffraction (contournement des obstacles) disperse une part notable de l'énergie en s'étalant à la surface terrestre; ces « grandes » ondes parviennent convenablement quelle que soit l'heure ou le temps dans la zone couverte par l'émetteur; cette zone peut être très étendue: de 1 000 à 2 000 km de rayon si l'émetteur a une puissance-antenne de l'ordre de 500 kW.

Petites ondes: ou ondes hectométriques de 525 kHz à 1,6 MHz ou 570 à 185 mètres. Celles-ci sont d'autant plus vite absorbées au sol que leur longueur décroît; leur propagation directe diurne ou nocturne est relativement vite absorbée par les obstacles qu'elles rencontrent à la surface de celui-ci; la nuit, un phénomène de réfraction sur les couches ionosphériques de l'atmosphère se produit et les renvoie vers le sol, leur donnant une portée souvent considérable, de l'ordre du millier de kilomètres pour un signal utilisable, non brouillé par un voisin en fréquence.

Ondes courtes ou ondes décamétriques de 5,9 MHz à 1,8 MHz ou de 50 à 16 mètres. Elles se propagent grâce aux couches ionosphériques, ce sont des ondes réfléchies que l'on reçoit; la couche réfléchissante varie en altitude et en densité suivant le trajet de jour ou de nuit, et suivant les différentes saisons, provoquant une propagation, parfois instable mais à très grande distance.

En **Modulation de Fréquence** on utilise des ondes métriques de 87,5 MHz à 106 MHz. Ce sont des ondes ayant une propagation directe sans réfraction portant d'une manière utile jusqu'à la limite de visibili-

té entre l'émetteur et le récepteur. Parfois il se produit un phénomène de diffraction augmentant un peu la portée. Elles sont tout aussi sensibles aux perturbations atmosphériques, mais le système de modulation utilisé permet d'éliminer les variations qui les affectent en amplitude, et de n'extraire à la réception que les variations de fréquence causées par le signal utile. On évite ainsi de reproduire ces perturbations. Par contre elles ne sont pas toujours à l'abri de certains parasites industriels, si le niveau de limitation de l'amplitude n'est pas bien réglé; beaucoup d'amateurs ont l'habitude d'enregistrer sur magnétophone les concerts transmis en modulation de fréquence; ils ne devraient le faire que pour des réceptions pures avec un soin tout particulier pour l'accord de leur récepteur radio.

Revenir à une bonne antenne: — Nous sommes catégoriquement en faveur de l'aérien radio, soit individuel, soit collectif. Bien que ce dernier soit passé de mode, il doit être appelé à un renouveau et l'on devrait revoir des antennes collectives radio, conjointement ou non avec les antennes de télévision.

Nous allons prendre ici en exemple une installation d'antennes AM - FM de Siemens, car c'est celle que nous utilisons. Il y a sans doute d'autres marques possibles qui pensent encore à la radio AM.

Après la guerre certaines firmes d'Outre-Rhin ont été amenées à développer l'étude de ces matériels et nous croyons intéressant de dire les causes qui les ont incitées à travailler dans ce domaine.

A la fin des hostilités, les auditeurs allemands se sont trouvés dans des conditions de réception très précaires: deux impératifs, le nombre restreint de fréquences autorisées et la limitation rigoureuse de la puissance des émetteurs, réduisaient considérablement les possibilités d'écoute radio.

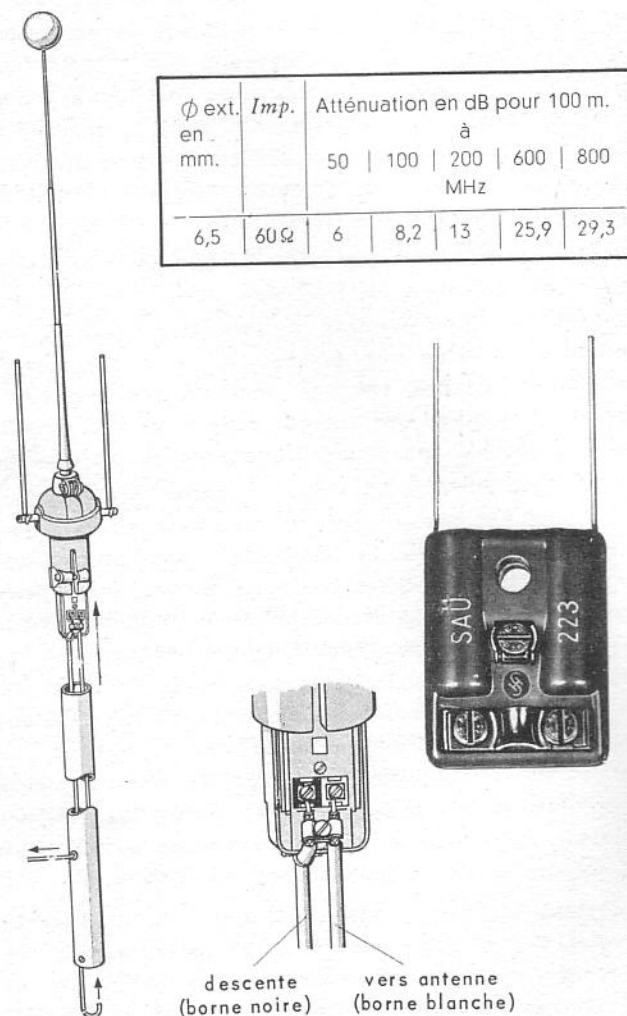
Le résultat immédiat fut qu'il n'était plus possible de recevoir autre chose que le poste régional avec le petit bout de fil servant d'antenne; le déploiement de brins filaires extérieurs n'étant guère réalisable dans les centres urbains, il a fallu en arriver à la solution de l'antenne fouet. Ce système présente de grandes difficultés de réalisations, bien qu'il semble assez simple à première vue.

Il doit couvrir une gamme de fréquences très étendue pour la modulation d'amplitude, allant de 150 kHz à 27 MHz; de plus il doit avoir une impédance la moins élevée possible afin de pouvoir être couplé sans grande difficulté aux autres collecteurs d'ondes, MF et TV, pour une descente d'antenne commune.

La conséquence des études faites permet d'avoir sur le marché européen des aériens radios ayant d'excellentes performances, améliorant considérablement les qualités de l'écoute radio et justifiant assez le prix d'une installation.

Le matériel se compose d'un fouet de 2,5 m en résine synthétique, renforcé par de la fibre de verre avec conducteur incorporé pour les gammes GO, PO, OC, muni d'une boule anti-statique. Il est monté sur une tête en matière plastique étanche sur laquelle viennent se visser les deux brins du dipôle FM, ceux-ci contribuant au gain dans la réception en modulation d'amplitude;

la fixation du support des directeurs s'effectue de la même manière. Afin d'adapter le dipôle au câble de descente, il est nécessaire d'inclure dans le circuit un translateur symétriseur qui est incorporé dans la tête. (fig. ci-dessous).



Les caractéristiques sont les suivantes:

Modulation de fréquence de 87,5 à 100 MHz

Modulation d'amplitude de 150 kHz à 27 MHz

ANTENNE	M.A. (h. eff)	M.F. gain en dB	ch/V
Fouet avec dipôle	0,13	—0,5	3,0
Fouet avec dipôle et réflecteur	0,17	2	3,7
Fouet avec dipôle réflecteur et directeurs	0,20	5	4,8
Fouet avec dipôle croisés omnidirectionels	0,13	3	3,3

car la multiplication de la hauteur effective par le champ mesuré aux bornes du récepteur en millivolts par mètre donne la tension en millivolts qu'a captée l'antenne considérée; ne pas confondre cette donnée

A titre indicatif, l'angle d'ouverture d'un aérien M.F. de quatre éléments est de 70°.

La première colonne indique la hauteur effective qui est l'une des données d'efficacité d'une antenne, avec la hauteur au-dessus du sol à laquelle l'antenne est montée.

(suite dans le prochain Numéro)

LA LAMPE AMPLIFICATRICE

Un amplificateur électronique est un dispositif, employant un ou plusieurs tubes électroniques et leurs circuits annexes, destiné à augmenter l'amplitude ou l'intensité d'un signal, c'est-à-dire à amplifier une tension ou un courant. Nous savons déjà les raisons pour lesquelles une lampe électronique peut accomplir cette fonction : une faible tension appliquée sur sa grille de commande peut contrôler le passage d'un courant important dans son circuit plaque.

La figure 1-A montre le circuit classique d'une triode amplificatrice. La pile C porte la grille à un potentiel négatif constant par rapport à la cathode. Le signal à amplifier E_s , est en série avec cette tension de polarisation E_c . La charge de la lampe est un dispositif, mis en série dans le circuit plaque, à travers lequel passe le courant anodique rendu variable sous l'action du signal alternatif appliqué à la grille.

En l'absence de signal, l'intensité du courant anodique traversant la charge garde une valeur constante. La source du courant anodique est la batterie B, dont la tension est E_b . Le courant plaque varie d'intensité en fonction de la tension du signal appliqué à la grille, augmentant quand cette dernière devient moins négative et, réciproquement, diminuant quand elle devient plus négative. C'est ainsi que la tension du signal de grille contrôle l'intensité du courant fourni par l'alimentation anodique.

En observant la courbe E_g-I_p de la figure 1-B, on notera comment un signal de faible amplitude, appliqué sur la grille, produit d'importantes variations du courant plaque passant dans la charge. La pile de polarisation, d'une tension de 2 volts, fixe le point de fonctionnement de la triode : ce point est choisi de telle sorte que le tube travaille dans la partie rectiligne de sa caractéristique. Le courant anodique de repos, correspondant à une tension de polarisation de grille de -2 volts, est de 3 milliampères : c'est l'intensité du courant anodique pour une charge de 50 000 ohms de résistance. Il en résulte que la chute de tension aux bornes de la charge, en l'absence du signal, ($V=I \times R$), est de 150 volts. Etant donné que la tension plaque E_p mesurée entre la plaque et la cathode, est égale à la tension d'alimentation E_b moins la chute de tension dans la charge, la tension plaque de cette triode sera de $350 - 150 = 200$ volts.

Supposons, maintenant, que le générateur E_s délivre une tension alternative sinusoïdale (signal) dont

l'amplitude soit égale à 1 volt. Dans ce cas, le potentiel de la grille prendra successivement toutes les valeurs intermédiaires comprises entre -1 volt, pendant l'alternance positive ($-2 + 1 = -1$), et -3 volts, pendant l'alternance négative ($-2 - 1 = -3$).

Sur la courbe de la figure 1-B, on peut noter que, par suite des variations de la tension de grille, le courant anodique monte à 4 milliampères quand cette tension est de -1 volt, et descend à 2 milliampères quand la tension de grille est de -3 volts.

Quand l'intensité instantanée du courant anodique est de 4 milliampères, la chute de tension IR aux bornes de la charge anodique est égale à 0,004 fois 50 000, soit 200 volts; donc, à cet instant, E_p est égale à 150 volts. Les valeurs instantanées de la tension anodique sont figurées par la courbe en pointillés.

Par contre, quand l'intensité du courant anodique passe par sa valeur minimale 2 mA, la chute de tension IR est égale à 0,002 fois 50 000, soit 100 volts, et à cet instant E_p est égale à 250 volts.

Nous constatons donc que le potentiel de la plaque varie de 150 à 250 volts de crête à crête. Cela signifie que la tension alternative, sinusoïdale, de sortie (présente sur la plaque) s'élève à 50 volts. Etant donné que l'amplitude du signal appliqué sur la grille a une valeur de crête de 1 volt, on en déduit que ce signal se trouve être amplifié 50 fois dans le circuit plaque. On remarquera, également, que le signal de sortie (signal amplifié) est déphasé de 180° par rapport au signal d'entrée.

CLASSIFICATION DES AMPLIFICATEURS

En fonction de la fréquence — On peut classer les amplificateurs en fonction de la gamme de fréquence dans laquelle ils doivent fonctionner. On distingue ainsi deux types principaux : les amplificateurs Basse Fréquence (ou fréquences acoustiques) et les amplificateurs Haute Fréquence ou fréquences Radio). Les premiers sont conçus pour amplifier des fréquences comprises entre 10 et 20 000 Hertz (environ); tandis que les seconds amplifient des signaux dont les fréquences sont supérieures à celles indiquées ci-dessus et qui appartiennent au domaine des ondes radio-électriques.

En fonction de leur utilisation — Au point de vue de leurs fonctions propres, les amplificateurs se divisent en deux groupes : les amplificateurs de tension et les amplificateurs de puissance. Les premiers aug-

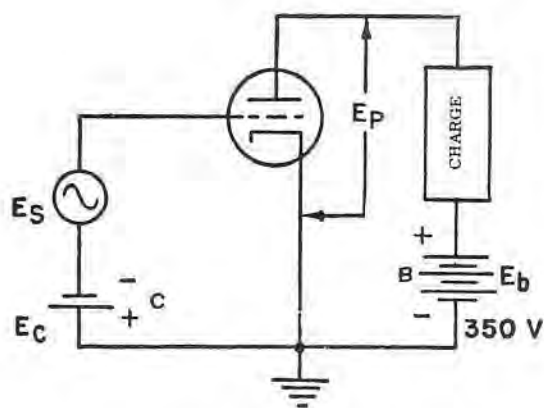


Fig. 1 A - Montage classique d'un amplificateur à lampe triode. La pile B fournit la tension anodique et la pile C la tension de polarisation de la grille. Le courant anodique passe dans la charge.

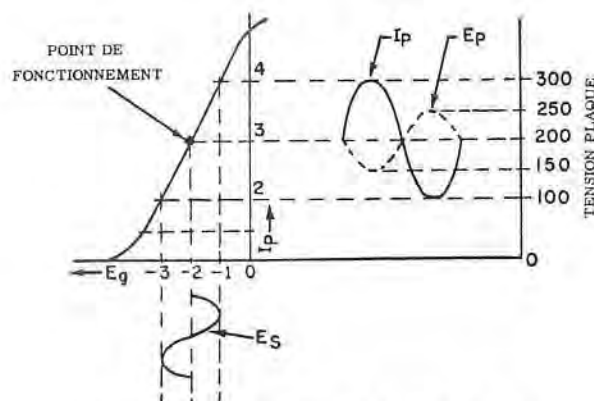


Fig. 1 B - Courbe E_g-I_a de la triode de la figure 1 A. Le signal appliqué sur la grille déplace le point de fonctionnement le long de la partie rectiligne de la caractéristique et le courant anodique suit ces variations sans distorsion.

mentent l'amplitude du signal d'entrée, sans tenir compte de la puissance fournie à la charge. Ils ont, en général, une résistance de charge de valeur élevée, ce qui permet d'obtenir une forte différence de potentiel à ses bornes. Les amplificateurs de puissance, par contre, sont prévus pour fournir à la charge une certaine puissance, et pour eux l'amplification de la tension n'a qu'une importance mineure. La majorité des amplificateurs de puissance sont pourvus d'une charge présentant une impédance telle qu'il soit possible d'obtenir la puissance maximum avec une distorsion aussi faible que possible, ou le **rendement** désiré. Le **rendement est le rapport entre la puissance du signal de sortie** (puissance modulée) **et la puissance d'alimentation en courant continu** (c'est-à-dire le produit du courant anodique par la tension plaque). La puissance dissipée par une lampe, puissance fournie par l'alimentation, est toujours supérieure à celle restituée sous forme de signal amplifié. La différence entre la puissance du signal (puissance modulée) constitue la perte dissipée sous forme d'énergie thermique par la plaque.

Etant donné qu'un tube électronique fournit le signal de sortie aux bornes de sa charge, la **puissance de sortie maximum sera obtenue lorsque l'impédance de la charge sera égale à l'impédance interne de la source**, c'est-à-dire à la résistance interne de la lampe. Une résistance de charge inférieure à celle nécessaire provoque une distorsion d'amplitude du signal de sortie. Pour remédier à cela, dans le cas d'une triode, on donne à l'impédance de charge une valeur double, parfois triple, de celle de la résistance interne, R_p , de la lampe. Il en résulte que, malgré une petite perte de puissance, la distorsion d'amplitude est plus faible car l'impédance de charge est plus élevée que l'impédance de la source.

Dans le cas d'une pentode, la valeur convenable de l'impédance de charge est donnée dans les notices d'utilisation du tube fournies par le fabricant. Elle est comprise entre le dixième et le vingtième de la résistance interne R_p de la lampe en question.

En fonction de la polarisation — Outre les deux classifications mentionnées ci-dessus, on peut classer

tous les amplificateurs à lampes en fonction de la tension de polarisation appliquée à la grille de commande, c'est-à-dire en se basant sur la fraction du cycle du signal pendant lequel il y a passage du courant anodique. C'est ainsi que l'on classe les amplificateurs en **classe A**, **classe AB**, **classe B** et **classe C**.

RELATIONS DE PHASES DANS LES AMPLIFICATEURS

Nous savons déjà que le signal de grille, e_g , est toujours en phase avec le courant anodique, i_a . Deux formes d'onde de même fréquence sont dites «en phase» lorsqu'elles passent par des points correspondants dans le même instant; en d'autres termes, les courbes atteignent les valeurs maximales, positives ou négatives, et la valeur zéro, dans le même instant.

La **figure 2** montre les relations de phases existant entre les diverses tensions et courants dans une triode amplificatrice. Dans ce circuit, e_g , e_c et i_b sont en phase entre eux, mais sont déphasés de 180° sur la tension de sortie e_s .

Supposons que la triode de la figure 2 soit du type 6J5, fonctionnant avec une polarisation de grille de -8 volts et une tension anodique de 350 volts.

Au repos (c'est-à-dire en l'absence de signal), le courant anodique, I_{b0} , est de 5,2 mA; la tension plaque E_{b0} est de 220 volts et R_c de 25 000 ohms. Dans ce cas, la chute de tension aux bornes de la résistance de charge E_{c0} est égale à E_b moins E_{b0} , soit à 350 moins 220 c'est-à-dire à 130 volts. Les divers courants et tensions présents dans le circuit de la triode sont représentés graphiquement sur la **figure 3**. Ces formes d'onde ont été obtenues de la manière suivante: les points A, A1, A2, A3, et A4, reliés par une ligne verticale en pointillés, indiquent les conditions qui existent en l'absence de signal. En effet, la tension du signal est nulle au point A, et au point A1 la tension négative de la grille est égale à -8 volts environ, ce qui représente la valeur de E_g .

Dans le même temps, le courant anodique, I_{b0} , vaut 5,2 mA en A2. La chute de tension aux bornes de la

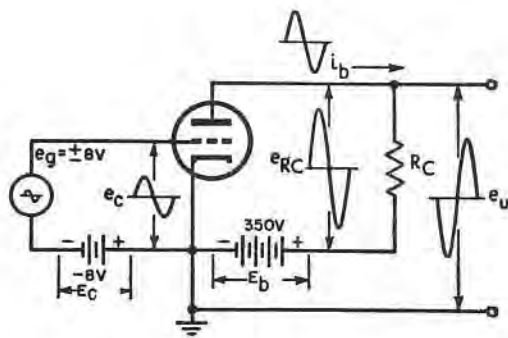
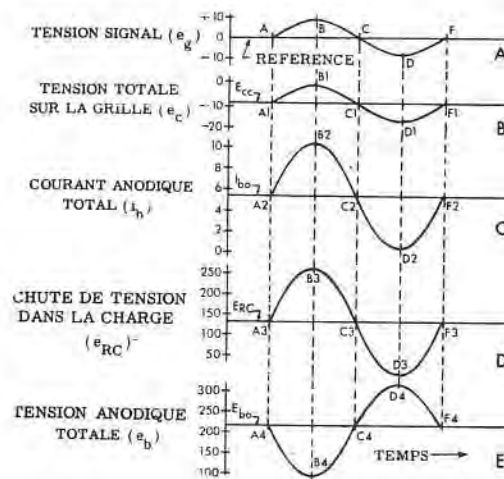


Fig. 2 - Relations de phase entre les tensions et les courants dans un amplificateur triode. Comme on le voit, le signal de sortie est déphasé de 180° sur le signal d'entrée appliqué à la grille.

Fig. 3 - Représentation graphique des courants et des tensions dans un amplificateur à triode. On remarquera que le signal, e_c , i_b et e_{RC} sont toujours en phase entre eux tandis que e_b (qui représente le signal amplifié), est déphasé de 180° .



charge est de 130 volts en A3. Enfin, la tension anodique totale, E_{b0} , est de 220 volts en A4.

Lorsque la tension du signal de grille atteint sa valeur positive maximale B, la tension totale de grille e_g est nulle en B1. La tension du signal sur la grille provoque l'augmentation du courant anodique jusqu'à une intensité de 10,1 mA en B2. Ce courant maximum, aux bornes de la résistance de charge, cette chute de tension est de 252 volts en B3.

R_c , r_p et la source E_b forment un circuit-série. La somme des chutes des tension aux bornes de R_c et de r_p est égale à la tension d'alimentation E_b délivrée par la source. Si la chute de tension aux bornes de R_c augmente, la chute de tension aux bornes de r_p doit diminuer. La tension de sortie e_b mesurée entre cathode et plaque, n'est pas autre chose que la chute de tension produite aux bornes de r_p . Etant donné que la tension aux bornes de R_c atteint sa valeur maximum au point B, il est évident que la tension e_b devra dans le même temps atteindre sa valeur minimale. Ceci est représenté au point B4 où la tension est de 98 volts (soit $350 - 252$).

En l'absence de signal, les mêmes conditions se retrouvent aux points C, C1, C2, C3 et C4, tout comme pour les points A, A1, A2, A3 et A4, précédemment considérés. Quand e_g atteint sa valeur négative maximale au point D la tension totale sur la grille e_g est de -16 volts au point D1. Cette tension d'entrée minimum agit de telle sorte que le courant i_b atteint également son minimum (1,3 mA au point D2). A son tour, la chute de tension e_{RC} dans la charge est également minimum (33 volts au point D3).

Etant donné que e_{RC} prend une valeur minimum, la chute de tension aux bornes de r_p devient maximum et e_b prend sa plus forte valeur (317 volts au point D4). Les points F, F1, F2, F3 et F4, se rapportent également aux conditions en l'absence de signal et ont les mêmes valeurs numériques que les points C, C1, C2, C3 et C4.

Cette analyse nous permet de constater que les tensions et les courants illustrés en A, B, C, et D sont en phase mais sont déphasés de 180° sur la tension repré-

sentée en E. Nous pouvons donc en tirer la conclusion suivante: le signal présent sur la grille de commande d'une lampe est toujours en phase avec le courant anodique, mais est toujours déphasé de 180° par rapport à la tension de sortie sur la plaque. Cette règle est valable pour tous les types de lampes, quel que soit le nombre de leurs grilles.

SYSTEMES DE POLARISATION

Dans tous les montages amplificateurs dont nous nous sommes occupés jusqu'à présent, la tension de polarisation de la grille de commande était fournie par une pile spéciale, servant de source de tension E_g . Ce mode de polarisation est appelé **polarisation fixe**, car sa valeur reste constante quelles que soient les variations du courant anodique, puisqu'elle obtenue à partir d'une source de tension séparée. Dans les montages amplificateurs usuels on utilise également d'autres moyens pour obtenir cette tension de polarisation; parmi ceux-ci, le plus fréquemment employé est celui appelé **auto-polarisation** ou **polarisation automatique**, dans lequel la tension de polarisation est développée aux bornes d'une résistance par la lampe elle-même. Cette tension dépend de l'intensité du courant anodique (et de celui des autres électrodes, dans le cas d'une lampe multigrilles) et donc, d'une manière indirecte, de l'amplitude du signal sur la grille.

La polarisation mixte est — comme son nom l'indique — une combinaison des deux systèmes précités.

Polarisation fixe — La figure 4-A montre un moyen utilisé pour donner une polarisation fixe à la grille.

Par « polarisation », on entend une tension continue et constante appliquée entre grille et cathode. Cette tension est généralement négative et elle a pour but de fixer le point de fonctionnement du tube le long de sa courbe caractéristique. La tension de polarisation, dans le cas du montage illustré ici, est de -5 volts; elle est obtenue au moyen d'une pile.

En l'absence de signal, la grille étant négative par rapport à la cathode, il n'y a pas de courant grille. La résistance R_g fait partie du système de couplage

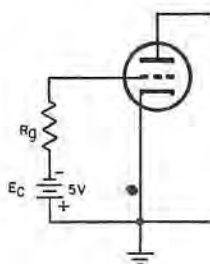


Fig. 4 A - Polarisation fixe obtenue par une pile en série dans le circuit grille.

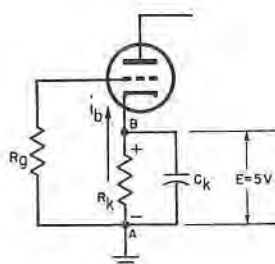


Fig. 4 B - Polarisation cathodique obtenue en plaçant une résistance de valeur convenable entre la cathode et la masse.

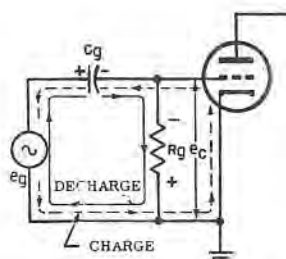


Fig. 4 C - Polarisation automatique par résistance de grille. La tension nécessaire apparaît aux bornes de R_g quand le signal est présent.

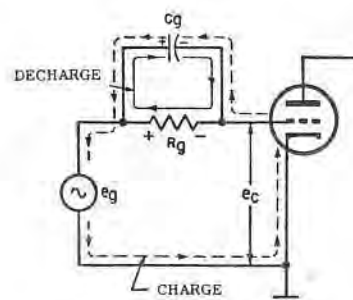


Fig. 4 D - Autre montage de polarisation automatique semblable au précédent. Dans ce cas, le courant de décharge passe seulement dans la résistance R_g.

employé pour établir la liaison avec l'étage précédent. La tension présente entre grille et masse est égale à la somme algébrique de la tension de polarisation et de la tension instantanée du signal. Dans ce montage, la polarisation est indépendante du signal d'entrée, ce qui est d'ailleurs vrai pour tous les systèmes de polarisation fixe.

Auto-polarisation ou polarisation automatique —

Le montage le plus couramment utilisé est celui représenté sur la figure 4-B; c'est la polarisation cathodique. Dans ce montage, la tension de polarisation est obtenue en insérant une résistance en série dans le circuit de la cathode du tube.

En l'absence de signal sur la grille, le courant anodique i_b passe d'une manière continue entre cathode et plaque, et donc entre plaque et cathode par le circuit extérieur à la lampe. Etant donné que ce courant circule de A vers B, le point A est négatif par rapport au point B. Si la chute de tension aux bornes de R_k est de 5 volts, la cathode positive (+5 volts) par rapport à la masse. La grille est reliée au point A (à travers R_g), ce point est négatif par rapport à la cathode, tout comme dans l'exemple précédent. La grille étant négative, aucun courant grille n'apparaît et, en conséquence, il n'y a pas de chute de tension dans la résistance R_g.

Comme nous l'avons indiqué plus haut, la résistance R_g fait partie d'un circuit de couplage à travers lequel le signal est appliqué sur la grille. Lorsqu'un signal alternatif sinusoïdal arrive aux bornes de R_g, il provoque des variations du courant anodique autour de sa valeur moyenne (courant de repos). Ce courant anodique, d'intensité variable avec le signal, passe dans la résistance R_k.

La polarisation du tube doit avoir une valeur fixe; il faut donc éliminer la composante alternative du courant anodique dans R_k. C'est le rôle du condensateur C_k, appelé **condensateur de découplage**. Sa capacité doit être telle que sa réactance capacitive soit très faible par rapport à la valeur ohmique de R_k, pour la fréquence du signal. Cette très faible réactance équivaut à un court-circuit à la masse pour la composante alter-

native présente aux bornes de R_k. Il en résulte que cette composante est éliminée du circuit de cathode et que la chute de tension dans R_k ne varie pas; le potentiel de la grille reste fixe, à -5 volts.

La capacité du condensateur C_k est choisie de valeur différente suivant que l'étage doit amplifier des signaux Basse Fréquence ou Haute Fréquence. Elle est généralement comprise entre 10 et 50 μ F dans les étages amplificateurs BF et elle est beaucoup plus faible (de l'ordre de 0,1 μ F) pour les étages amplificateur HF où la fréquence de signaux est beaucoup plus élevée. La valeur ohmique de R_k dépend du type de lampe utilisé et est comprise entre 150 et 3 000 ohms. La valeur exacte de cette résistance peut se calculer par la loi d'Ohm si l'on connaît la tension de polarisation nécessaire et l'intensité du courant anodique. Supposons que, pour un tube donné, le courant anodique moyen soit de 10 mA est que la polarisation nécessaire soit de -5 volts; la loi d'Ohm nous donne: $R_k = E_g : I_b = 5 : 0,01 = 500$ ohms.

Un autre moyen de polarisation automatique, ou auto-polarisation, est la polarisation par résistance de grille (figure 4-C). La capacité du circuit grille, C_g est choisie de valeur assez élevée de telle sorte que sa réactance capacitive soit, à la fréquence du signal, faible vis à vis de la résistance ohmique de R_g, qui doit être grande.

La tension e_g aux bornes de R_g, est égale à la tension du signal plus la tension de polarisation E_g.

Lorsqu'aucun signal n'est appliqué au circuit, la différence de potentiel entre grille et cathode est nulle, la grille est au potentiel zéro. En conséquence, la tension de polarisation n'est présente que lorsqu'un signal est appliqué sur la grille. Ce signal apparaît aux bornes de R_g car la réactance capacitive très faible de C_g équivaut à un véritable court-circuit pour toutes les fréquences à amplifier. Ce signal, de forme sinusoïdale, rend la grille alternativement positive et négative par rapport à la cathode.

Pendant l'alternance positive, la grille prend un potentiel positif et absorbe un certain courant. Ce dernier produit une chute de tension aux bornes de R_g et cette

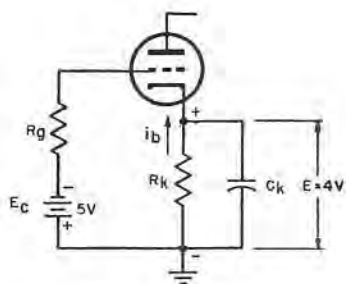


Fig. 5 A - Système de polarisation mixte. La tension requise est fournie en partie par la pile et en partie par la chute de tension dans la résistance de cathode.

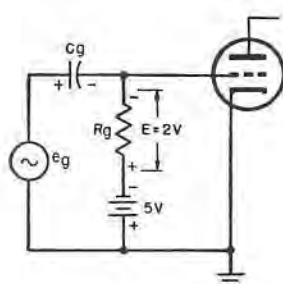


Fig. 5 B - Autre montage de polarisation mixte. La tension est fournie par la pile et par le signal lui-même.

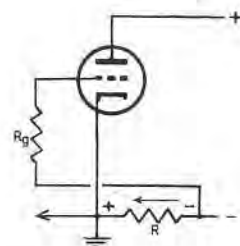


Fig. 6 - Polarisation fixe obtenue au moyen d'une résistance mise en série dans le négatif de la haute tension. R_g est reliée à l'extrémité de R qui est négative par rapport à la masse.

tension charge le condensateur C_g à la valeur de crête du signal d'entrée. L'électrode du condensateur, reliée à la grille devient alors négative. Cette charge se fait à travers le tube et est indiquée en pointillés sur le schéma. Pendant l'alternance négative la grille devient négative par rapport à la cathode; C_g se décharge partiellement à travers R_g (la décharge n'est que partielle en raison de la valeur élevée de cette résistance). La décharge se fait suivant la ligne en trait plein. L'extrémité supérieure de R_g devient négative par rapport à la masse. Pendant l'alternance positive suivante du signal, C_g reprend sa charge perdue et se recharge à nouveau à la tension de crête du signal.

La décharge de C_g à travers R_g produit un courant continu pulsé qui donne naissance à une tension continue pulsée dont la valeur moyenne constitue la tension de polarisation de la lampe.

Un deuxième procédé de polarisation par résistance de grille est indiqué sur la figure 4-D. Dans ce cas, R_g est directement placée en parallèle sur C_g et le fonctionnement est analogue à celui décrit plus haut. L'unique différence réside dans le fait que le courant de décharge de la capacité passe uniquement dans R_g , comme l'indique le parcours en trait plein de la figure.

Polarisation par potentiel de contact — Le montage permettant d'obtenir ce type de polarisation est similaire aux deux autres décrits au paragraphe précédent, toutefois la tension de polarisation n'est pas dérivée du signal. Dans ce système, la valeur ohmique de R_g est très grande (de l'ordre de 10 mégohms). En l'absence de signal sur la grille, il se forme une charge spatiale autour de la cathode. Etant donné que les électrons formant cette charge sont négatifs par rapport à la grille, une différence de potentiel se crée entre la grille et la charge spatiale elle-même. Cette d.d.p. provoque le passage d'un faible courant de grille dans R_g . En raison de la valeur ohmique très grande de R_g , ce courant, bien que très faible, produit une certaine chute de tension à ses bornes: c'est ainsi qu'on obtient la tension de polarisation.

Polarisation mixte — Un autre moyen de polarisation d'un tube amplificateur est indiqué sur la fi-

gure 5, il combine les caractéristiques de la polarisation fixe et de la polarisation automatique. Dans la section A de la figure, la polarisation fixe (par la pile) est de -5 volts et la polarisation par la cathode est de -4 volts. La polarisation totale est donc égale à leur somme, soit -9 volts. Dans la section B, par contre, la polarisation fixe est toujours de -5 volts, mais la polarisation automatique (par courant grille) est seulement de -2 volts. La polarisation totale est donc de -7 volts.

Le montage de la figure 6 constitue, enfin, un dernier procédé de polarisation. La résistance de grille, R_g , est reliée à l'extrémité d'une résistance R placée en série dans le pôle négatif de l'alimentation anodique. L'extrémité de cette résistance R allant au négatif de l'alimentation est négative par rapport à la masse. La grille étant reliée à cette extrémité se trouve à un potentiel négatif par rapport à la cathode qui, elle, est reliée directement à la masse.

Le calcul de la résistance R , placée en série dans le négatif de l'alimentation, devra être fait en tenant compte non seulement du courant anodique de la lampe à polariser, mais également de l'intensité absorbée par tous les autres circuits alimentés par la même source; ceci est évident, étant donné que tous les courants passent dans cette résistance.

CLASSES D'AMPLIFICATION

Amplification classe A — Si la grille d'une lampe amplificatrice est polarisée de telle sorte que son courant anodique passe pendant tout le cycle alternatif du signal, l'étage est appelé « amplificateur classe A ». Le fonctionnement d'une lampe en classe A est illustré par la courbe caractéristique E_g-I_p , de la figure 1-B, sur laquelle il est facile de voir que le courant anodique se manifeste aussi bien durant les alternances positives que pendant les alternances négatives du signal appliqué sur la grille.

L'amplificateur classe A est employé lorsqu'on désire que le signal de sortie soit l'exacte reproduction, amplifiée, du signal d'entrée reçu sur la grille du

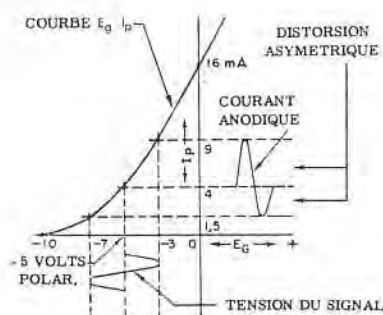


Fig. 7 A - Distorsion produite par une polarisation incorrecte. Dans ce cas, la lampe fonctionne sur une partie non-linéaire de sa courbe caractéristique.

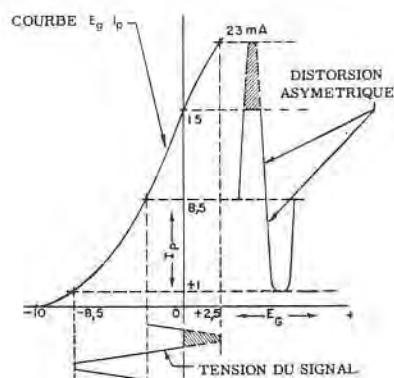


Fig. 7 B - Distorsion produite par un signal d'amplitude excessive.

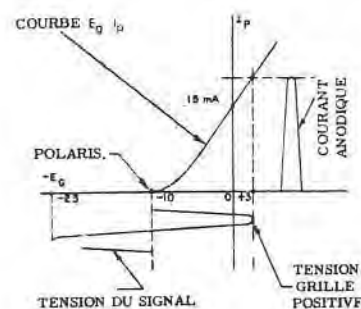


Fig. 8 - Courbe d'amplification en classe B. I_p ne passe que pendant les alternances positives du signal d'entrée.

tube. Il en résulte que la grille doit être polarisée à une tension négative telle que la lampe fonctionne uniquement dans la partie rectiligne de sa caractéristique E_g-I_p .

Dans cette classe, une distorsion du signal apparaît lorsque la polarisation n'a pas une valeur correcte ou, encore, lorsque l'amplitude du signal appliqué sur la grille est excessive. La figure 7-A montre la distorsion produite par une polarisation trop forte. Elle est due au fait que la lampe ne fonctionne pas dans la partie rectiligne de la courbe caractéristique. La section B de la figure 7 montre un cas de distorsion produit par un signal d'amplitude trop grande. L'amplitude de ce signal est telle que la grille devient positive pendant une partie de l'alternance positive, d'où production d'un courant grille, et que le courant anodique se trouve supprimé pendant une partie de l'alternance négative. Naturellement ceci n'a lieu que pendant les pointes du signal. Quand la grille devient positive par rapport à la cathode, le courant grille qui se produit est fourni par l'étage pilote, c'est-à-dire l'étage précédent; étant donné qu'en général, ce dernier n'est pas en mesure de fournir un tel courant, on constate ce que l'on appelle une « limitation de grille ». Le résultat est que le signal d'entrée est dissipé dans l'impédance grille et que les crêtes positives sont, en conséquence, tronquées.

Les amplificateurs classe A se caractérisent par une faible distorsion, une faible puissance modulée et un rendement plaque peu élevé (variant entre 20 et 35%).

Les amplificateurs de tension fonctionnent généralement en classe A.

Amplification classe B — Lorsque la grille de commande d'une lampe amplificatrice est polarisée au « cut-off », c'est-à-dire à une valeur telle que le courant anodique de repos soit nul, ce courant anodique ne passera que pendant les alternances positives du signal, pendant lesquelles la grille est débloquée; on dit que le tube fonctionne en amplificateur classe B.

Ce mode de fonctionnement est illustré sur la courbe de la figure 8. On note que le courant plaque d'un amplificateur classe B ne passe que pendant les alter-

nances positives du signal alternatif appliqué sur la grille. Il en résulte que les variations du courant anodique ne reproduisent pas la forme d'onde du signal appliqué sur la grille. La lampe fonctionne à la manière d'une redresseuse à une alternance.

Le signal appliqué à la grille d'une lampe amplificatrice classe B est normalement d'une amplitude plus grande que celui qui est appliqué à un amplificateur classe A. Cette amplitude est telle que la grille devient positive par rapport à la cathode et qu'il y a formation d'un courant grille.

Ce mode d'amplification est employé dans les amplificateurs Basse Fréquence de puissance car il assure un rendement élevé, de l'ordre de 50 à 60%. Un tel rendement est rendu possible par le fait qu'en l'absence de signal, le courant plaque étant nul, la lampe ne dissipe aucune puissance. Cela signifie que l'on peut obtenir une plus grande puissance modulée, pour une même puissance alimentation, qu'avec un amplificateur classe A. La classe B est donc utilisée chaque fois que l'on désire obtenir une puissance de sortie relativement élevée dans le circuit de charge.

Quand on amplifie un signal de fréquence acoustique (B.F.), on désire généralement obtenir une reproduction sans distorsion. Pour éviter la distorsion importante produite par une seule lampe fonctionnant en classe B, on utilise deux lampes montées en push-pull. Le fonctionnement de ce montage sera décrit plus loin.

Amplification classe AB — On peut réaliser un compromis entre la classe A (faible distorsion, mais rendement médiocre) et la classe B (haut rendement, mais forte distorsion). Il consiste à polariser la grille de la lampe amplificatrice de telle sorte que le point de fonctionnement se situe entre ceux des deux classes (A et B); pour cela, les lampes sont fortement polarisées, mais non jusqu'au point de « cut-off ». On réalise ainsi un amplificateur classe AB.

Cette classe se subdivise: 1° Si le signal appliqué aux grilles est maintenu à une amplitude assez faible pour que le courant grille ne prenne pas naissance, on est en classe AB₁. Si, par contre, l'amplitude du signal est telle qu'un courant grille prenne naissance pendant

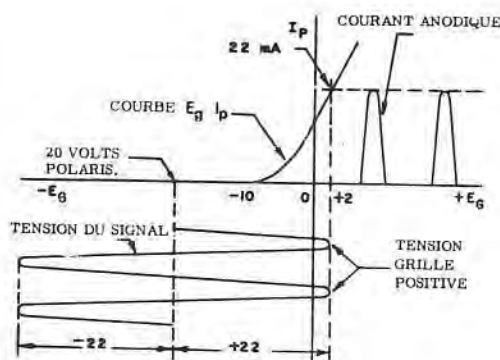


Fig. 9 - Courbe d'amplification en classe C. Le courant anodique n'apparaît que pendant les pointes des alternances positives du signal d'entrée.

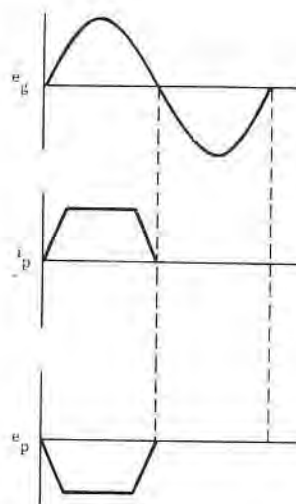


Fig. 10 - Aspect typique de la distorsion d'amplitude.

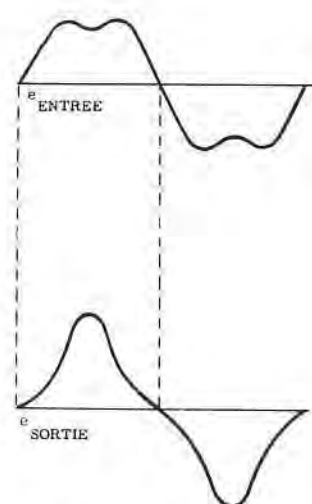


Fig. 11 - Aspect typique de la distorsion de phase.

les pointes positives, on est en classe AB_2 .

Amplification en classe C — Lorsque la tension de polarisation de la grille d'une lampe amplificatrice est beaucoup plus élevée que la valeur de « cut-off », la lampe fonctionne en classe C. Ces conditions sont illustrées par la figure 9; on notera que, dans ce cas, la tension de polarisation est de -20 volts, soit le double de la tension nécessaire pour annuler le courant anodique. Dans ces conditions, le courant anodique ne passera que pendant la partie de l'alternance positive du signal qui dépasse la tension de cut-off. En d'autres termes, la lampe ne débitera que pendant les pointes des alternances positives du signal.

La courbe montre que l'amplitude du signal doit être beaucoup plus grande que la tension de polarisation du tube.

Presque tous les étages amplificateurs de puissance haute fréquence des émetteurs fonctionnent en classe C. Les circuits accordés employés comme charge anodique dans des amplificateurs convertissent la forme d'onde de la tension de sortie en une forme sinusoïdale, grâce à l'effet de « volant ».

Le fonctionnement en classe C assure un rendement élevé, variant entre 70 et 85%. Cette efficacité est due au fait que le courant anodique ne passe que pendant une petite partie de chaque cycle. Les amplificateurs classe C ne sont jamais employés pour l'amplification BF en raison de la forte distorsion qu'ils produisent.

DISTORSION

Il existe, dans les amplificateurs, trois sortes différentes de distorsions: la distorsion d'amplitude, de fréquence et de phase.

La distorsion d'amplitude est provoquée par le fonctionnement dans une partie non linéaire de la courbe caractéristique du tube (figures 5 et 6). Dans les amplificateurs Basse Fréquence, la polarisation nécessaire au fonctionnement en classe A doit avoir une valeur telle que la tension du signal ne puisse faire varier la tension de la grille que dans les limites de la partie droite de la caractéristique $E_g - I_p$.

La distorsion de fréquence se produit lorsque toutes les fréquences composant les signaux d'entrée ne se retrouvent pas également amplifiées à la sortie de l'amplificateur. Ce type de distorsion peut être évité par l'utilisation de composants de valeurs convenables et par une étude correcte de tout le circuit.

Enfin, la distorsion de phase a lieu lorsque les rapports des phases des diverses fréquences contenues dans le signal d'entrée sont changés, de telle sorte que la forme d'onde du signal de sortie est différente de celle d'entrée, bien que toutes les fréquences soient amplifiées correctement en amplitude.

Les distorsions de fréquence et de phase, dans les amplificateurs Basse Fréquence, sont particulièrement prononcées aux deux extrémités (la plus basse et la plus haute) de la gamme des fréquences à amplifier. Ceci est dû au fait que les composants du circuit se comportent comme s'ils étaient placés en parallèle sur la charge, aux fréquences élevées, et comme des résistances en série avec elle, aux fréquences les plus basses. Dans les deux cas, l'impédance « shunt » ou série a pour effet de produire une certaine atténuation du signal aux deux extrémités de la bande.

Nous n'entrerons pas plus avant pour l'instant dans ce sujet, car la distorsion — question importante — sera étudiée en détail dans une prochaine leçon.

FONCTIONNEMENT D'UN ETAGE PUSH-PULL

Un étage d'amplification en push-pull (montage symétrique) est constitué par deux lampes auxquelles on applique, sur leurs grilles, des signaux déphasés de 180° ; il en résulte que les signaux amplifiés recueillis sur les plaques sont également déphasés de 180° entre eux. Un étage push-pull peut fonctionner en classe A, en classe AB ou en classe B. On les utilise fréquemment dans les amplificateurs Basse Fréquence car ils permettent d'obtenir moins de distorsions, une puissance modulée plus grande et un meilleur rendement que les étages amplificateurs à lampe unique.

La figure 10 représente un circuit amplificateur push-pull à triodes. Comme on peut le voir le montage est

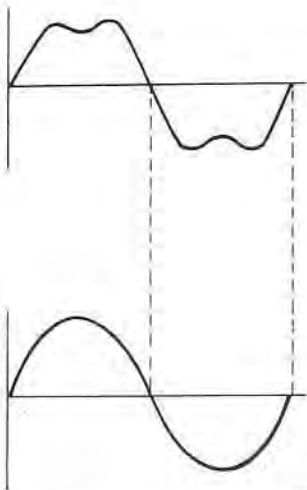


Fig. 12 - Aspect typique de la distorsion de fréquence.

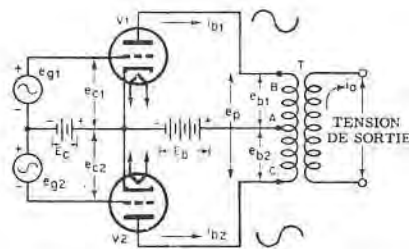


Fig. 13 - Montage d'amplificateur symétrique ou en « push-pull ». Les tensions recueillies sur les deux plaques sont de phases opposées et se combinent dans le transformateur. Les circuits de ce genre sont souvent employés dans les amplificateurs Basse Fréquence, puisqu'ils permettent un fonctionnement avec un minimum de distorsion.

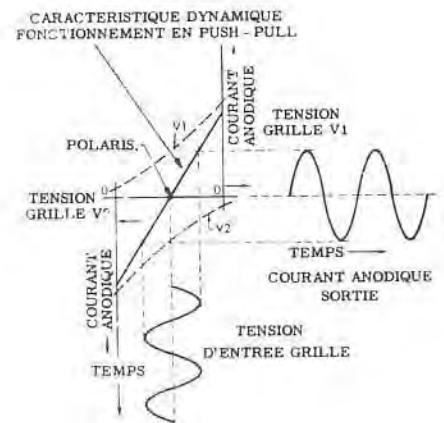


Fig. 14 - Caractéristique dynamique globale de deux lampes en push-pull.

symétrique et les parties (supérieure et inférieure) sont identiques. De même, les deux triodes V1 et V2 doivent être d'un même type et avoir, par conséquent des caractéristiques similaires. Les deux signaux appliqués sur les grilles, e_{g1} et e_{g2} ont la même amplitude et la même fréquence (à chaque instant), mais sont déphasés de 180° entre eux. Les tensions de polarisation et les tensions anodiques sont fournies par des alimentations communes aux deux lampes. Le transformateur T constitue la charge de l'amplificateur; son primaire comporte une prise médiane (point A) de telle sorte que les tensions de sortie, e_{b1} et e_{b2} , ont la même amplitude. Les courants anodiques, i_{b1} et i_{b2} , sont également de même intensité.

Les symboles représentant les divers courants et tensions sont les mêmes que ceux utilisés pour les montages à une seule lampe, l'indice « 1 » étant employé pour désigner ceux concernant la lampe V1, tandis que l'indice « 2 » désigne ceux de la lampe V2. Par exemple, e_{g1} est la valeur instantanée de la tension du signal appliqué sur la grille de V1; i_{b2} est la valeur instantanée du courant anodique passant dans le circuit plaque du tube V2, et ainsi de suite. La tension instantanée aux bornes de l'enroulement primaire tout entier est e_p . La valeur instantanée du courant passant dans le secondaire est i_o .

Lorsqu'aucun signal n'est appliqué à l'entrée du circuit push-pull, le courant passant dans le secondaire du transformateur T, c'est-à-dire i_o , est nul. En effet, étant donné que la composante continue du courant anodique ne peut induire aucune tension dans le secondaire du transformateur, le courant secondaire doit être nul. Le courant continu de plaque (courant de repos) de la lampe V1 va — c'est bien connu — de la cathode vers la plaque, passe dans la moitié supérieure de l'enroulement primaire (du point B au point A), puis retourne à la cathode de V1. Le courant anodique de V2 va également de sa cathode vers sa plaque, passe dans la moitié inférieure du primaire de T (du point C au point A) et retourne également à la cathode.

Les points B et C sont tous deux portés à un même

potentiel négatif, puisque les intensités des courants anodiques correspondants sont égales. Les champs magnétiques ainsi produits se neutralisent entre eux, ce qui évite la saturation du noyau magnétique.

Lorsque deux signaux alternatifs sinusoïdaux, e_{g1} et e_{g2} , sont appliqués aux grilles respectives, deux courants anodiques sinusoïdaux, i_{b1} et i_{b2} , passent dans le primaire du transformateur T. Les signaux appliqués aux deux grilles étant déphasés de 180° , l'un par rapport à l'autre, les deux courants anodiques sont également déphasés de 180° entre eux.

Pendant l'alternance positive de i_{b1} , le point B du primaire devient plus négatif par rapport à A. Dans le même temps, la baisse d'intensité de i_{b2} fait que le point C devient moins négatif, par rapport à A, de la même valeur. On en déduit que la tension aux bornes du primaire tout entier e_p est égale à deux fois la valeur de e_{b1} ou de e_{b2} . On a donc: $e_p = e_{b1} + e_{b2}$.

Pendant l'alternance suivante, toutes les polarités s'inversent, mais la relation ci-dessus reste encore valable, de même qu'elle reste valable pour toutes les valeurs instantanées des courants anodiques.

Le transformateur T permet de coupler l'étage amplificateur push-pull au circuit extérieur d'utilisation.

Une des méthodes courantes pour obtenir un déphasage de 180° entre les deux signaux à appliquer sur les grilles de V1 et de V2, est le montage à transformateur dont le primaire est relié à la source du signal à amplifier. Celle-ci peut être soit une lampe constituant un étage préliminaire d'amplification, soit toute autre source. Le secondaire du transformateur de liaison comporte une prise médiane et les extrémités de l'enroulement sont reliées respectivement aux grilles de V1 et de V2. La prise médiane est reliée au pôle négatif de la tension de polarisation.

Si l'on applique une tension alternative sinusoïdale aux bornes du primaire de ce transformateur, on recueille deux tensions sinusoïdales au secondaire. Celles-ci sont déphasées de 180° entre elles, en raison de la présence de la prise médiane qui constitue, en fait — nous le savons — le point neutre. En conséquence, pen-

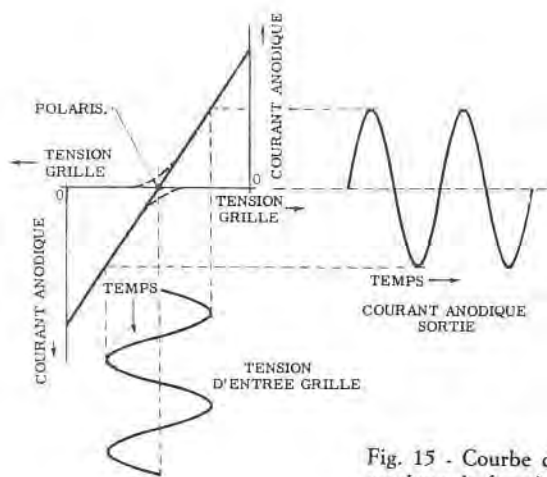


Fig. 15 - Courbe dynamique de fonctionnement d'un amplificateur push-pull classe B.

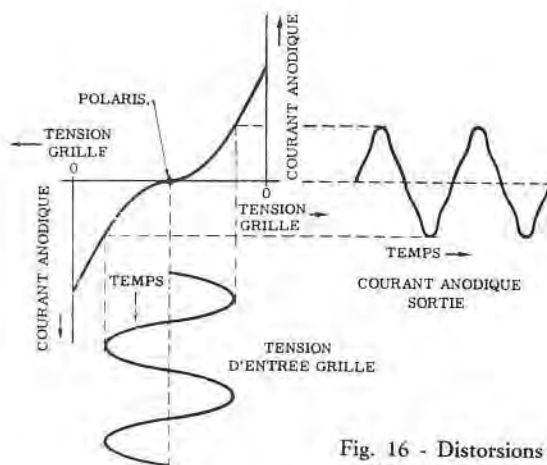


Fig. 16 - Distorsions produites par une polarisation trop forte des grilles (au point de cut-off).

dant qu'une des extrémités du secondaire est portée à la tension positive maximum, l'autre extrémité est négative, et réciproquement.

Caractéristiques dynamiques pour le fonctionnement en push-pull

La caractéristique dynamique d'un ensemble de deux lampes montées en symétrique (fonctionnement en push-pull) se déduit des caractéristiques dynamiques individuelles des deux lampes. La figure 11 montre la caractéristique dynamique des deux lampes montées en amplificateur push-pull classe A. Elle est obtenue de la façon suivante: la courbe en pointillés marquée V1 représente la caractéristique dynamique d'une des lampes, tandis que celle marquée V2 est la caractéristique dynamique de l'autre. Les deux lampes du montage étant du même type, il est évident que leurs caractéristiques sont identiques. Etant donné que les courants anodiques des deux tubes sont déphasés de 180° , les courbes sont dessinées déphasées de 180° entre elles, de telle sorte que l'axe horizontal du graphique soit commun à toutes les deux.

Les courbes sont alignées, dans le sens vertical, de manière à ce que le point correspondant à la tension de polarisation d'une des lampes (point de fonctionnement) coïncide avec celui relatif à l'autre.

Par exemple, si $E_g = -5$ volts, cette tension doit correspondre au même point sur les deux axes des tensions grille. La caractéristique dynamique de l'ensemble des deux tubes est obtenue en additionnant algébriquement les valeurs instantanées des courants anodiques, correspondant aux diverses valeurs de la tension du signal de grille.

Dans un étage amplificateur à une seule lampe, fonctionnant en classe A, on a une très faible distorsion de la forme d'onde du courant anodique en raison du fait que le signal appliqué sur la grille reste toujours dans la partie rectiligne de la caractéristique dynamique. Dans le cas du fonctionnement en push-pull, cette distorsion est encore plus faible, car la caractéristique dynamique de l'ensemble des deux lampes est encore

plus linéaire.

En projetant divers points de la tension d'entrée (représentée par la sinusoïde de gauche) sur la courbe de la caractéristique dynamique (comme indiqué par les lignes verticales et horizontales en pointillés sur la figure 11), nous obtenons la forme du courant circulant dans le circuit de sortie.

Une des caractéristiques du montage push-pull est qu'il est possible d'admettre de plus grandes variations de la tension d'entrée, sans provoquer pour cela des distorsions appréciables. La raison en est que la caractéristique dynamique reste linéaire sur une plus grande portion de la courbe. Il est évident que puisqu'il est possible d'appliquer des tensions d'entrée plus importantes, on obtiendra une puissance de sortie plus élevée. Le rendement d'un étage push-pull classe A peut atteindre 30%, alors qu'il dépasse rarement 20% pour un étage à lampe unique.

Le montage symétrique (push-pull) classe AB est très fréquemment employé. La caractéristique dynamique d'un tel montage est obtenue comme plus haut (figure 11). Le principal avantage du fonctionnement en classe AB, par rapport à celui en classe A est que la tension grille peut avoir une amplitude encore plus grande, car la courbe caractéristique s'étend sur une plus grande longueur. Il en résulte une puissance de sortie plus grande et un rendement plus élevé (environ 55%).

La figure 12 montre la caractéristique dynamique d'un étage push-pull classe B. Dans ce cas, la tension de polarisation s'approche du point de cut-off (suppression du courant anodique) encore plus que dans le cas de la classe AB. La forme d'onde du courant anodique est pratiquement exempte de distorsions.

La polarisation du push-pull classe B est inférieure à la tension négative nécessaire pour annuler le courant anodique au repos. Si l'on adoptait cette dernière valeur, la caractéristique dynamique serait en forme de S (voir figure 13), ce qui produirait une très importante distorsion de la forme d'onde du courant plaque. Le fonctionnement en push-pull classe B permet un rendement très élevé, de l'ordre de 60 à 65%.

Leçon n° 53

LE VOLTMETRE A LAMPE

PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT

Le voltmètre à lampe, également appelé voltmètre électronique, est un appareil destiné à mesurer des tensions continues et alternatives; il comporte une ou plusieurs lampes montées dans un circuit contenant un instrument indicateur (galvanomètre).

Les tensions nécessaires au fonctionnement de l'appareil sont fournies par une alimentation, incorporée à l'appareil, qui transforme et redresse la tension alternative du réseau électrique; dans certains cas particuliers (appareils portatifs), ces tensions sont fournies par des piles incorporées à l'appareil.

Pour la mesure des tensions continues élevées, ainsi que des tensions alternatives dans une vaste gamme de fréquences, on adjoint à l'appareil un certain nombre de sondes spéciales dont nous étudierons également le fonctionnement et le mode d'utilisation.

La caractéristique la plus importante du voltmètre électronique, par rapport aux autres types de voltmètre, réside dans le fait qu'il permet de mesurer les tensions sans apporter une charge supplémentaire au circuit faisant l'objet des mesures. Les conditions de fonctionnement du montage essayé restent pratiquement inchangées, lors des mesures, car le courant absorbé par le voltmètre à lampe est négligeable. Cette caractéristique est particulièrement importante dans le cas de mesures effectuées dans des circuits parcourus par des courants de faible intensité, dont le fonctionnement serait fortement perturbé par la charge supplémentaire apportée par un voltmètre du type courant qui donnerait, ainsi, des lectures erronées sans grande valeur pratique.

Le voltmètre à lampe peut être employé pour la mesure des courants alternatifs compris dans une gamme s'étendant de 5 ou 10 hertz, à plusieurs centaines de mégahertz. Il existe même des instruments de ce type dont la fréquence de fonctionnement maximum peut atteindre plusieurs milliers de mégahertz; ils servent surtout au contrôle des appareils de Radar.

Le voltmètre électronique est indispensable pour la mesure des tensions faibles dans les circuits à haute impédance: l'impédance d'entrée de ces instruments est très élevée, de l'ordre de 10 mégohms et plus. De ce fait, la consommation de courant par le circuit d'entrée du voltmètre est négligeable lorsqu'on le branche en parallèle sur le circuit à mesurer: la mesure des faibles tensions peut ainsi se faire d'une façon très pré-

cise. Ce n'est pas le cas des voltmètres classiques dont l'impédance d'entrée est relativement faible, particulièrement sur les échelles inférieures, et qui constitue une charge supplémentaire, absorbant un courant nullement négligeable et faussant, ainsi, les lectures.

VOLTMETRE A LAMPE ELEMENTAIRE POUR C.C.

Le type le plus simple de voltmètre à lampe est constitué par une diode, un milliampèremètre à courant continu et une résistance de charge reliés en série avec la tension à mesurer, suivant le schéma de la figure 1. Lorsqu'une tension de valeur inconnue, E_x de polarité convenable est appliquée aux bornes d'entrée, la plaque de la diode devient positive par rapport à la cathode et un courant passe dans le circuit. L'intensité de ce courant, qui est directement proportionnelle à la tension appliquée, provoque une déviation correspondante de l'aiguille de l'instrument de mesure.

Etant donné que l'impédance d'entrée d'un circuit comportant une diode série est faible, il faut prévoir une résistance de charge pour en augmenter la valeur et diminuer l'influence de la charge supplémentaire apportée au circuit à contrôler. Toutefois, si cette résistance est assez élevée pour obtenir l'impédance nécessaire, il devient indispensable d'utiliser un micro-ampèremètre très sensible pour obtenir une déviation appréciable de l'aiguille sous l'effet des faibles courants circulant dans le circuit. Pour cette raison, la valeur ohmique de la résistance de charge doit être choisie de telle sorte qu'un compromis puisse être réalisé entre la valeur de l'impédance requise et la quantité de courant nécessaire pour obtenir une lecture facile. Ce problème peut être facilement résolu en employant une triode à la place d'une diode.

Le circuit simplifié d'un voltmètre électronique (figure 2-A) est composé d'une triode, d'une source de tension anodique, d'une seconde source de tension pour la polarisation de la grille et d'un milliampèremètre à courant continu étalonné de manière à permettre la lecture directe des tensions appliquées entre la grille et la cathode du tube. La lampe reçoit une polarisation négative de 5 volts qui place son point de fonctionnement au cut-off, c'est-à-dire en un point de la caractéristique où le courant anodique cesse de circuler, comme le montre la figure 2-B, représentant la courbe du courant anodique en fonction de la tension de grille. Lorsqu'aucune tension n'est appliquée à la grille, le

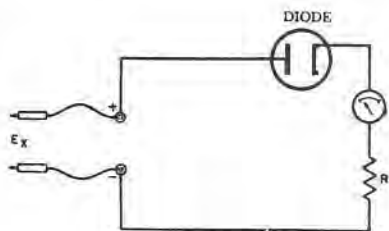


Fig. 1 - Circuit élémentaire d'un voltmètre à lampe. Il est en tout point semblable à celui des voltmètres ordinaires. La seule différence réside dans le fait que le redressement se fait au moyen d'une diode et, dans ce cas, sur une seule alternance.

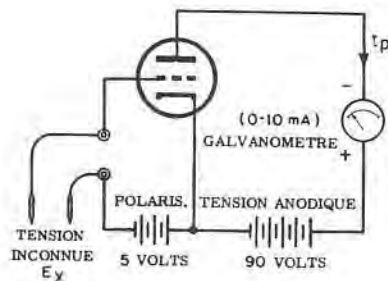


Fig. 2 A - Voltmètre électronique employant une triode fonctionnant en classe B. La grille est polarisée jusqu'à suppression du courant anodique, qui n'apparaît à nouveau que lorsqu'une tension positive est appliquée sur la grille.

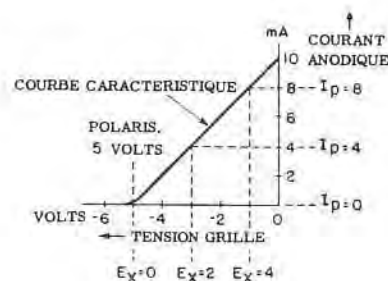


Fig. 2 B - Graphique illustrant le fonctionnement du circuit de la figure 2 A. I_p ne prend naissance que quand la tension à mesurer, E_x , est positive.

courant anodique est nul et l'aiguille du galvanomètre reste au zéro. Dès qu'une tension quelconque est appliquée à la grille son potentiel devient moins négatif, le courant anodique prend naissance et l'aiguille du galvanomètre se déplace sur son échelle.

Etant donné que la tension appliquée, E_x , déplace le point de fonctionnement du tube le long de la partie rectiligne de sa caractéristique, l'augmentation du courant anodique est directement proportionnelle à l'amplitude de la tension d'entrée. Si on applique à l'entrée de l'instrument une tension, E_x , de +2 volts, la tension de polarisation de la grille se trouve réduite à $-5 + 2 = -3$ volts et le courant anodique est de 4 mA; l'aiguille du galvanomètre dévie proportionnellement à l'intensité de ce courant. Ceci est illustré sur la figure 2-B par les lignes en pointillés horizontales et verticales qui rencontrent la courbe caractéristique de la lampe aux points indiqués. Si la tension E_x est de +4 volts, I_p devient 8 mA; toutes les valeurs intermédiaires peuvent être déduites de la courbe caractéristique, pour des tensions E_x comprises entre 0 et +5 volts, et l'échelle du milliampèremètre peut être graduée directement en volts.

Ce circuit triode simplifié n'a qu'un nombre limité d'applications, car il ne peut être employé que pour la mesure de tensions continues inférieures à 5 volts. Les voltmètres électroniques du commerce peuvent mesurer les tensions continues et les tensions alternatives et comporter un certain nombre de gammes allant de quelques millivolts à plusieurs milliers de volts.

VOLTMETRE A LAMPE ELEMENTAIRE POUR C.A.

La figure 3-A donne le schéma d'un circuit très simple pouvant convenir à la mesure des tensions alternatives. Bien que ce circuit soit identique à celui utilisé pour la mesure des tensions continues (figure -A), il peut — toutefois — être utilisé pour mesurer des tensions alternatives comprises entre 0 et 5 volts, dans une gamme de fréquences assez large.

En l'absence de tension ($E_x = 0$) sur la grille, aucun courant anodique n'apparaît en raison de la ten-

sion de polarisation de -5 volts appliquée sur la grille; l'aiguille du galvanomètre reste au zéro. Ceci est mis en évidence sur la courbe caractéristique tension grille/tension plaque de la figure 3-B. Dès qu'une tension alternative est appliquée aux bornes d'entrée, les alternances positives de ce courant réduisent la tension de polarisation en proportion directe de l'amplitude de l'alternance positive et un courant anodique apparaît.

Par contre, la lampe étant polarisée au cut-off, les alternances négatives n'ont aucun effet sur le circuit: en effet, si la polarisation négative de la grille devient supérieure à -5 volts, le courant anodique reste égale à zéro puisqu'il ne peut prendre une valeur plus faible.

Le courant anodique, passant seulement pendant les alternances positives, se présente sous la forme d'impulsions ayant l'allure indiquée sur la figure 3-B.

Par suite de son inertie, l'aiguille du milliampèremètre ne peut suivre ces impulsions et ne peut donc indiquer les valeurs de crête du courant, mais elle indiquera la valeur moyenne de l'intensité du courant anodique. Un examen de la forme d'onde du courant anodique démontre que, pour une valeur de crête des impulsions correspondant au courant anodique maximum, la valeur moyenne est de 3,2 milliampères. En choisissant un galvanomètre donnant sa déviation maximum pour cette intensité, on obtiendra cette déviation en fin d'échelle lorsque la tension de crête des alternances positives de la tension d'entrée sera égale à 5 volts; la tension de polarisation de la grille se trouvant alors réduite à zéro.

L'échelle de l'instrument peut être étalonnée en valeurs de crête de la tension alternative d'entrée, puisque l'intensité du courant passant dans le milliampèremètre est fonction de la tension à mesurer. Les voltmètres électroniques pour C. A. peuvent donc être étalonnés pour mesurer directement les tensions moyenne, efficace ou de crête.

LES SONDES

Les sondes sont des accessoires, conçus pour fonctionner avec un instrument de mesure déterminé, dont

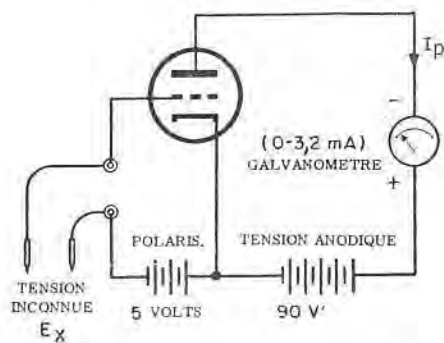


Fig. 3 A - Voltmètre à lampe simple pour mesures en c.a. Il est identique au précédent et fonctionne également en classe B. L'alternance positive du signal détermine le passage du courant anodique.

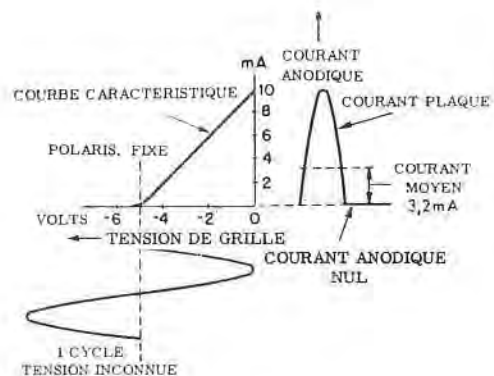


Fig. 3 B - Analyse graphique du fonctionnement du circuit de la figure 3 A. Le courant anodique ne prend naissance que pendant les alternances positives du signal à mesurer.

la fonction est d'étendre les gammes de mesure de l'instrument principal; elles sont reliées à l'entrée du voltmètre au moyen d'un câble souple d'une certaine longueur. Certains types de sondes élèvent ou diminuent la résistance ou la capacité d'entrée de l'instrument; d'autres ont pour fonction d'isoler le voltmètre des tensions continues existant dans le circuit et de réduire la charge supplémentaire apportée par l'instrument lors de mesures en Basse Fréquence ou en Haute Fréquence. D'autres types de sondes, enfin, contiennent des résistances de très grandes valeurs ohmiques et sont destinées, en multipliant les échelles de l'instrument, à la mesure des très hautes tensions.

Dans le cas où la tension à mesurer doit d'abord être redressée avant d'être appliquée à l'entrée de l'instrument, un élément redresseur (diode à vide ou cristal) est incorporé à la sonde elle-même.

Le type de sonde le plus simple, employé avec un voltmètre électronique pour la mesure des tensions continues, est celui comportant une simple résistance en série de valeur ohmique élevée, pouvant être comprise entre 1 et 5 mégohms, la valeur la plus usuelle étant 1 mégohm. Cette résistance a pour effet de rendre minimum la charge supplémentaire apportée par le voltmètre, pendant la mesure, et d'éviter le désaccord du circuit sur lequel on fait une mesure de tension en courant continu.

Dans les sondes employées pour mesurer les courants Haute Fréquence, on utilise un condensateur fixe de faible valeur (0,5 pF) en série avec le circuit d'entrée.

Ce condensateur réduit la capacité d'entrée du voltmètre à une valeur suffisamment faible pour rendre négligeable le désaccord lorsqu'on effectue une mesure sur un circuit oscillant. En outre, cette capacité bloque la composante continue présente dans le circuit, en même temps que le signal, évitant ainsi de commettre une erreur de lecture.

La sonde à cristal de germanium présente la caractéristique importante de donner une réponse uniforme dans une large gamme de fréquence, ainsi que d'avoir

une très faible capacité d'entrée: elle est employée principalement pour la mesure de tensions de fréquence très élevée. Elle présente, toutefois, l'inconvénient de n'admettre que des tensions relativement faibles.

TYPES USUELS DE VOLTMETRES ELECTRONIQUES

Voltmètre électronique à redresseur-amplificateur

La figure 4 donne le schéma fonctionnel d'un voltmètre à lampe destiné aux mesures sur les appareils utilisés pour les communications Radio; le schéma de principe en est donné par la figure 5. Il peut mesurer les tensions continues et alternatives sur diverses sensibilités par l'adjonction de multiplicateurs extérieurs.

La partie amplificatrice du voltmètre comprend deux triodes, V_2 et V_3 , montées dans un circuit équilibré, appelé également circuit « différentiel ». La sensibilité du galvanomètre est de 200 micro-ampères c.c. Pour la mesure des tensions alternatives, on fait usage d'une sonde spéciale, contenant un redresseur de courant, reliée à l'entrée du voltmètre électronique par un câble blindé de faible longueur. Les tensions nécessaires au fonctionnement des deux tubes sont fournies par une alimentation incorporée à l'appareil (non figurée sur le schéma, dans un but de simplification) et chaque sensibilité de l'instrument, aussi bien en c.c. qu'en c.a. sont choisies au moyen d'un contacteur monté sur le panneau avant de l'appareil.

Le schéma électrique (figure 5), montre qu'il s'agit d'un amplificateur équilibré pour courant continu. Le système de commutation permet la mesure des tensions continues négatives dans la position illustrée par la section A de la figure 5 et des tensions continues positives dans la position de la figure 5-B. La tension d'alimentation de 300 volts est divisée de telle sorte que les plaques des deux triodes reçoivent une tension positive de 150 volts, à travers le potentiomètre R_5 , tandis que leurs cathodes reçoivent une tension négative. Le potentiomètre R_5 sert à la mise au zéro de l'appareil et peut être réglé au moyen d'un bouton de commande placé sur le panneau avant de l'appareil. Par ce réglage on peut compenser les différences

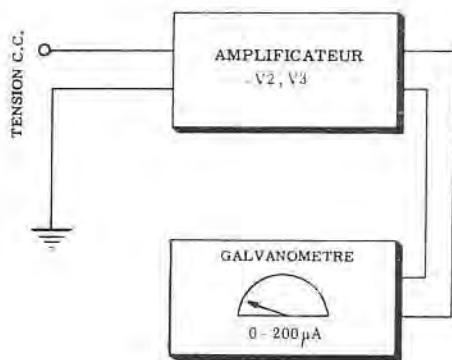


Fig. 4 A - Schéma synoptique d'un voltmètre amplificateur. Le voltmètre proprement dit est précédé d'un amplificateur permettant la mesure des faibles tensions, non-mesurables avec un voltmètre ordinaire.

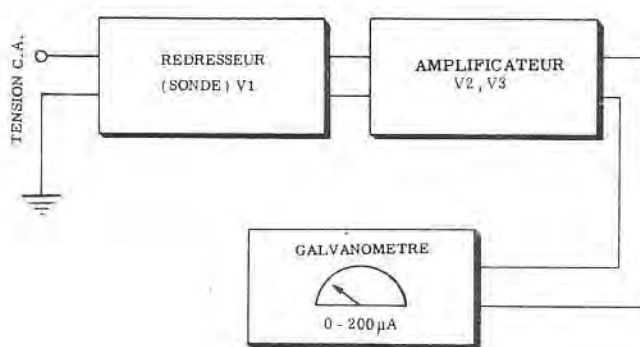


Fig. 4 B - Schéma synoptique d'un voltmètre amplificateur plus complet que le précédent. Il comporte, en plus des éléments de l'autre appareil, une sonde renfermant un redresseur. Celui-ci peut être une diode à vide ou à cristal; elle permet les mesures en courant alternatif.

éventuelles dans les caractéristiques des deux lampes.

Le milliampèremètre à courant continu est branché en série avec les résistances R_A et R_B nécessaires pour le tarage des échelles; le circuit en série constitué par le galvanomètre et des deux résistances est branché entre les deux cathodes.

Si les tensions d'alimentation des deux plaques sont égales, et qu'aucune tension n'est appliquée aux bornes d'entrée du voltmètre, les deux courants anodiques sont égaux. Etant donné que des courants égaux passent dans les deux résistances de cathodes (qui sont d'égale valeur), une même chute de tension se développe à leurs bornes et, les cathodes étant portées au même potentiel, l'instrument reste au zéro. Quand une tension de valeur inconnue est appliquée à la grille d'une des lampes, il se produit une différence entre les deux courants anodiques (un tube débitant plus que l'autre), ce qui entraîne un déséquilibre du circuit et le passage d'un courant dans le galvanomètre. En étalonnant convenablement ce dernier, la déviation de l'aiguille peut être rendue proportionnelle à la tension appliquée à l'entrée de l'appareil.

Par exemple, si l'on applique à la grille de V_2 (circuit de la figure 5-A) une tension négative de 10 volts, le débit de ce tube diminue, la chute de tension dans la résistance R_{25} devient moins forte et la cathode de V_3 devient plus positive que celle de V_2 . Dans ce cas une certaine intensité de courant passe de la cathode de V_2 à celle de V_3 , traverse le galvanomètre et les résistances de tarage, ce qui entraîne une déviation de l'aiguille. Etant donné que cette déviation est proportionnelle à la tension appliquée à la grille de la lampe, la position de l'aiguille peut être marquée « 10 volts » sur l'échelle de l'instrument.

Si la tension inconnue est de polarité positive, elle est appliquée à la grille de V_3 comme le montre la figure 5-B. Dans ce cas, la tension positive appliquée à la grille rend plus positive la cathode de V_3 que celle de V_2 , et le nouveau courant passe dans le galvanomètre de V_2 vers V_3 . Le passage de ce courant se fait toujours dans le même sens, que la tension d'entrée

soit positive ou négative, à la condition d'appliquer cette tension soit à la grille d'une lampe, soit à celle de l'autre, ce qui se fait au moyen d'un contacteur à deux directions. La grille de la lampe qui ne reçoit pas la tension à mesurer est reliée à la masse.

Les diverses sensibilités de l'appareil sont obtenues au moyen d'un contacteur mettant en série avec le galvanomètre un certain nombre de résistances convenablement choisies. Une de ces résistances est précisément celle marquée R_A , qui est toujours de valeur fixe, tandis que l'autre, R_B , est rendue variable pour permettre d'obtenir le zéro de l'appareil. Ces résistances jouent le rôle de multiplicateurs d'échelle et, lorsque la tension à mesurer augmente, la résistance R_A doit augmenter également de valeur, de telle sorte que l'intensité du courant passant dans le galvanomètre soit limitée à 200 microampères, qui est l'intensité requise pour la déviation maximum.

Ce circuit est très stable aux échelles les plus élevées, mais pour celles inférieures à 3 volts (en fin d'échelle), la résistance R_A en série avec l'instrument devient faible et la stabilité du circuit s'en ressent.

Pour la mesure des tensions alternatives, on utilise une sonde contenant une double diode qui redresse la tension avant qu'elle ne soit appliquée à l'entrée du circuit amplificateur, comme le montre la figure 6. Bien que sur le schéma cette diode soit représentée à proximité des bornes de l'amplificateur, elle est, en réalité, placée à l'intérieur d'une sonde reliée au voltmètre par un câble blindé d'une certaine longueur.

La tension alternative à mesurer est appliquée à une des deux diodes, à V_{1-A} , tandis que l'autre diode, V_{1-B} , est reliée à la grille de V_3 .

Quand aucune tension n'est appliquée à la diode redresseuse (V_{1-A}), la plaque de celle-ci se trouve être portée à une tension d'environ -1 volt par rapport à la masse. Cette faible tension est due au « potentiel de contact » et résulte du fait que certains électrons se détachent de la cathode incandescente avec une vitesse suffisante pour atteindre la plaque. Le mouvement de ces électrons produit une chute de tension de 1 volt

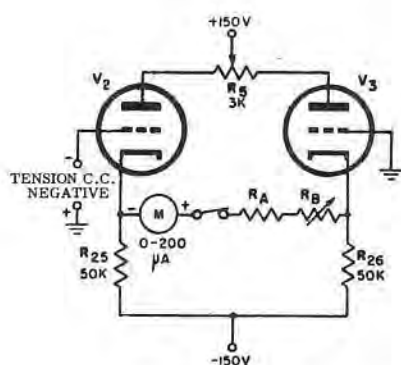


Fig. 5 A - Voltmètre électronique à circuit équilibré, pour la mesure des tensions négatives. La résistance R_B peut prendre diverses valeurs ohmiques, au moyen d'un contacteur, pour obtenir diverses sensibilités.

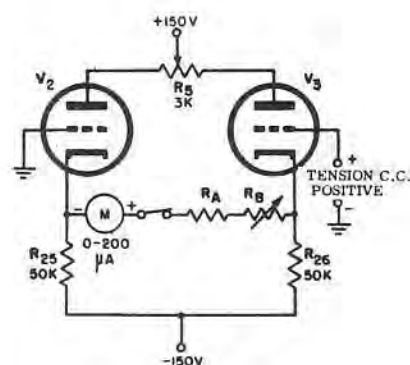


Fig. 5 B - Le même circuit que le précédent, mais adapté à la mesure des tensions continues positives. Le passage d'un circuit à l'autre se fait au moyen d'un contacteur spécial.

environ, dans la résistance d'anode, qui est transmise à la grille de V_2 , provoquant ainsi le déséquilibre du circuit amplificateur. Pour rétablir cet équilibre, on applique un potentiel égal sur la grille de V_3 , en la reliant à la deuxième diode (V_{1-B}). La valeur exacte du potentiel de contact nécessaire pour compenser l'effet de la tension présente sur la grille de V_2 est réglée au moyen du potentiomètre R_A qui doit être ajusté pour obtenir le zéro de l'instrument de mesure.

La diode V_{1-A} redresse une alternance du courant et ce courant redressé, passant dans R_1 et R_4 , rend négative la grille de V_2 . Cette tension négative détruit l'équilibre du circuit et provoque le passage d'un courant, proportionnel à la tension alternative appliquée, dans le galvanomètre. Le condensateur C_2 filtre la tension redressée et C_1 sert à bloquer une éventuelle composante continue présente dans la tension à mesurer.

Des séries de résistances de tarage sont nécessaires pour chaque sensibilité en c.a. L'échelle de l'instrument, pour la sensibilité inférieure à 300 volts, n'est pas linéaire car la diode ne permet pas d'obtenir un redressement linéaire aux faibles tensions.

En logeant le redresseur dans la sonde, on peut ainsi employer l'amplificateur à courant continu pour toutes les mesures en courant alternatif. Du fait que les tensions alternatives sont redressées dans la sonde elle-même, on peut effectuer des mesures dans une vaste gamme de fréquences, car la capacité et l'inductance du câble de liaison n'ont aucun effet pratique sur les tensions continues qu'il transporte.

Voltmètre électronique amplificateur

Bien que le voltmètre redresseur-amplificateur décrit ci-dessus puisse servir à la mesure des tensions dans une large gamme de fréquences, sa sensibilité propre est insuffisante pour permettre la mesure de tensions très faibles, de l'ordre du millivolt.

On peut remédier à cela en faisant précéder l'élément redresseur d'un ou de plusieurs étages amplificateurs; il est alors possible de mesurer pratiquement des tensions de l'ordre du microvolt. Toutefois, en raison de la non-linéarité de l'amplificateur, dont

la tension de sortie varie avec la fréquence, le voltmètre électronique amplificateur ne peut servir, sauf précautions spéciales, aux mesures sur des fréquences très élevées. Par contre il peut se révéler très utile pour les mesures en Basse Fréquence et, en Haute Fréquence, il peut encore être employé jusqu'à quelques mégahertz.

Selon le type de montage utilisé, et selon son utilisation, le voltmètre électronique prend le nom de voltmètre pour Basse Fréquence, voltmètre logarithmique ou voltmètre à large bande.

Le montage de la figure 7 permet des mesures sur diverses échelles, allant de 1 millivolt à 100 volts, et se caractérise par l'emploi de deux étages amplificateurs placés devant le redresseur. L'échelle la plus élevée peut d'ailleurs être étendue, par l'adjonction de multiplicateurs, jusqu'à des tensions de plusieurs milliers de volts. La gamme de fréquence utile s'étend de 10 hertz à 150 kilohertz. Pour simplifier le schéma, on a représenté des triodes, dans les étages amplificateurs, mais, en réalité, ce sont des pentodes qui sont utilisées dans les réalisations pratiques.

Immédiatement après son amplification, la tension d'entrée est redressée par un élément redresseur à oxyde, et l'aiguille du galvanomètre indique une déviation proportionnelle au courant redressé. Une partie de la tension de sortie est renvoyée sur une extrémité de la résistance R_1 , reliée à la cathode de V_2 , pour améliorer la stabilité de fonctionnement de l'ensemble (contre-réaction).

La tension à mesurer est appliquée sur la grille de V_1 à travers un atténuateur (diviseur de tension), elle est amplifiée par le premier étage. Cette tension amplifiée est transmise au second étage, par un circuit résistance-capacité, qui l'amplifie à nouveau. Enfin, cette tension amplifiée est transmise au circuit final, à travers le condensateur C , composé du redresseur et du galvanomètre.

La résistance R_2 limite l'intensité du courant passant dans le galvanomètre. Lorsque la tension appliquée au condensateur C est positive, il se produit un passage de courant dans le circuit redresseur. En même

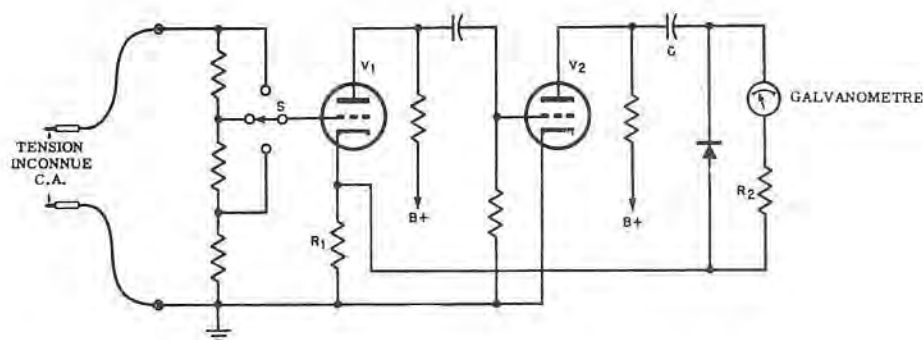


Fig. 7 - Dans ce montage l'élément redresseur est précédé de deux étages amplificateurs. Ils permettent de mesurer de très faibles tensions (à partir de 1 mV) et, au moyen de l'atténuateur d'entrée, de mesurer également des tensions pouvant aller jusqu'à 100 V.

ce qui a pour effet d'exposer l'opérateur à des secousses électriques désagréables s'il vient à toucher, en même temps, la pointe de la sonde et une masse. Pour décharger ce condensateur et éviter, ainsi, cet inconvénient, il faut toujours mettre en contact la pointe de la sonde avec la masse, après chaque mesure.

Les autres précautions importantes à observer lors des mesures sur des tensions élevées, sont les suivantes :

- 1) Avant de faire une mesure quelconque, repérer tous les points du montage soumis à des tensions importantes.
- 2) Travailler en gardant toujours une main dans la poche.
- 3) S'assurer qu'aucune partie du corps n'est en contact avec la masse.
- 4) Se souvenir que n'importe quel point d'un appareil défectueux peut être porté à un haut potentiel, c'est pourquoi, en cas de doute, il convient toujours d'employer la sonde.
- 5) Pour la mesure des courants (intensités) dans les circuits à haute tension, interrompre toujours le circuit du côté de la masse.

Lorsqu'on utilise une sonde pour faire des mesures en Haute Fréquence, son point de masse doit être le plus voisin possible du point de mesure. Les fils de liaison, même s'ils sont courts, provoquent toujours une certaine chute de tension en HF. Pour cette raison, il est indispensable de placer la pointe de touche de la sonde exactement sur le point où doit se faire la mesure et, comme nous venons de le dire, de relier la masse de la sonde au point de masse situé le plus près possible du circuit.

Les échelles alternatives d'un voltmètre électronique sont étalonnées en valeurs efficaces de tensions sinusoïdales. Il n'est donc pas possible de faire des lectures exactes lors des mesures de tensions non sinusoïdales, à moins que l'instrument ne soit étalonné également en valeurs de crête. L'emploi d'un voltmètre électronique n'est donc pas à conseiller, pour des mesures de tensions non sinusoïdales, à moins que la

précision absolue importe peu et qu'on se contente de mesures de comparaison.

Ne pas oublier qu'il est nécessaire de vérifier fréquemment le tarage (remise à zéro) du voltmètre à lampe.

NOTES SUR LES APPLICATIONS ET LES TYPES SPECIAUX

Pour l'utilisation d'un voltmètre à lampe, il convient, tout d'abord, d'attendre un temps suffisant, après mise en route de l'instrument, pour que les éléments aient atteint leur température normale. Une fois cette température atteinte, on procède à la mise au zéro (au tarage) au moyen du bouton prévu à cet effet sur le panneau. On ne peut commencer les mesures que lorsque l'aiguille s'est définitivement stabilisée sur la position zéro, en l'absence de tension à l'entrée. L'utilisation appropriée des différentes sensibilités de l'appareil varie avec les divers types, et les indications utiles sont fournies par le constructeur dans la notice d'emploi.

Nous avons déjà mentionné les avantages du voltmètre électronique: son impédance d'entrée très élevée le rend apte aux mesures de tensions dans les circuits de forte impédance. Par exemple, on utilise un voltmètre ayant une impédance d'entrée de 10 mégohms pour mesurer la tension aux bornes d'une résistance de fuite de grille de 2 mégohms. La résistance totale, résultant de la mise en parallèle de ces deux valeurs, est égale à 1,7 mégohm; celle-ci est suffisamment proche de la valeur réelle et l'on peut considérer que le courant qui y circule est sensiblement le même, avec ou sans la mise en parallèle du voltmètre électronique. Il en résulte que les mesures de tensions peuvent être effectuées sans altérer les conditions de fonctionnement du circuit.

De même, on peut mesurer des tensions aux bornes de circuits accordés dans lesquels l'impédance des divers éléments est critique, une variation minime de l'impédance du circuit (produite, par exemple, par l'introduction d'un instrument d'impédance trop faible)

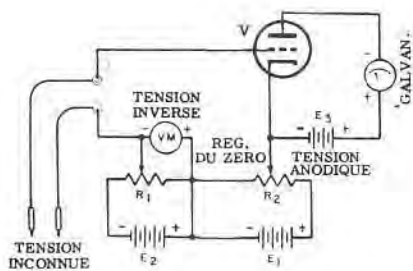


Fig. 8 - Montage de principe d'un voltmètre électronique, du type dit « à lecture inverse ». Il est nécessaire de mettre l'instrument au zéro avant chaque mesure.

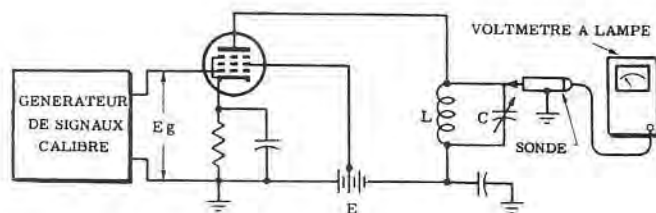


Fig. 9 - Schéma de principe montrant comment mesurer le coefficient d'amplification d'une lampe, ou d'un amplificateur en général. Le voltmètre à lampe permet la mesure du signal appliqué à l'entrée par le générateur et du signal de sortie, après amplification. Le gain de l'étage, ou amplification, est donné par le rapport entre les deux.

pouvant entraîner des changements notables dans les conditions de fonctionnement.

Grâce à sa large gamme de fréquences, le voltmètre à lampe est particulièrement apte à la mesure du gain des étages amplificateurs. Ces mesures sont faites en divisant la tension de sortie (mesurée pour différentes fréquences) par la tension d'entrée correspondante. La tension d'entrée peut être fournie par un générateur de signal étalonné, c'est-à-dire un appareil fournissant des signaux d'amplitude connue (et réglable) sur diverses fréquences. Un tel instrument sera décrit dans une leçon ultérieure.

Les voltmètres à lampe peuvent être employés avec profit pour localiser les pannes dans les récepteur de Radio, les émetteurs ou les amplificateurs de toute sorte, en appliquant à l'entrée de ces appareils un signal délivré par un générateur et en mesurant les tensions développées en divers points déterminés du montage.

Pour de telles mesures, on utilise le voltmètre électronique amplificateur-redresseur, car dans certains cas, l'amplitude du signal peut être trop faible pour pouvoir être mesurée sans amplification préalable.

Les voltmètres à amplificateurs accordés sont employés pour les mesures de la distorsion, du bruit de fond et du coefficient d'amplification; ces mesures aidant largement à la localisation de l'étage dans lequel se produit un fonctionnement défectueux.

Les autres mesures pouvant être effectuées au moyen d'un voltmètre à lampe sont les suivantes: contrôle de la tension de CAV (Contrôle Automatique de Volume), de la tension délivrée par le discriminateur dans un récepteur à Modulation de Fréquence et dans les Radars, la mesure de la tension de polarisation de grille des oscillateurs, etc... Toutes ces questions, qui n'ont pas encore été développées, feront l'objet d'études approfondies au fur et à mesure du déroulement de notre Cours.

L'alimentation nécessaire au voltmètre à lampe ne pose pas de problèmes particuliers. Logiquement, on pourrait penser qu'une alimentation stabilisée soit né-

cessaire, mais, dans la pratique, la conception des circuits du voltmètre lui-même assure une stabilité suffisante pour rendre superflue toute régulation de son alimentation. C'est ainsi qu'on utilise des boucles de contre-réaction (une partie du signal est renvoyée, avec la phase convenable, à l'entrée des étages précédents) qui stabilisent les étages amplificateurs et que, dans certains cas, on réalise également des circuits en pont qui contribuent à assurer l'équilibre du montage.

La stabilisation étant ainsi obtenue, on peut adopter (pour l'alimentation de l'appareil un système très simple de redressement, à une seule alternance, suivi d'un filtre rudimentaire. Ce qui est important, toutefois, c'est que cette alimentation soit obtenue à partir d'un transformateur, et non d'un auto-transformateur, car l'appareil de mesure doit être totalement isolé du secteur électrique.

Depuis ces dernières années, les diodes à cristal ont remplacé les diodes thermoïoniques dans de nombreuses applications. Dans les voltmètres à lampe on fait également appel à ces nouvelles diodes particulièrement intéressantes à bien des points de vue. En effet, la diode à cristal n'a pas besoin de tension de chauffage, elle est d'un très faible encombrement et sa capacité propre est extrêmement réduite: tout ceci en fait un élément idéal pour les sondes de mesure. Un type très simple de voltmètre — qui, de toute évidence, ne peut plus être appelé voltmètre à lampe... mais qui n'en est pas moins un voltmètre électronique — est constitué simplement par une diode, avec ses résistances et condensateurs associés, par un condensateur de couplage et un microampèremètre relié à la sonde par un petit câble blindé. Aucune source d'énergie n'est nécessaire. Le galvanomètre, dont la déviation de l'aiguille est produite par le seul signal à mesurer, doit être très sensible (5 à 10 micro-ampères); toutefois un tel instrument amortit très sensiblement le circuit oscillant sur lequel il est branché et, aux hautes fréquences usuelles, ce type de voltmètre ne peut donner de bons résultats. On peut y adjoindre plusieurs sensibilités en plaçant, aux

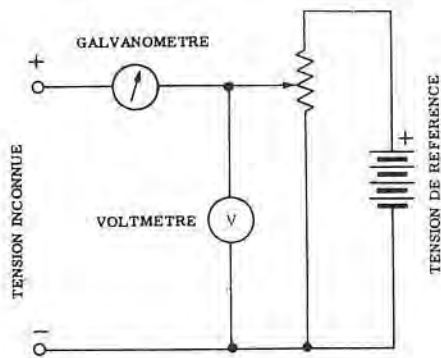


Fig. 10 - Circuit potentiométrique typique; il constitue le point de départ pour chaque voltmètre digital. Le circuit résultant est en condition de balancement lorsque la tension inconnue est la même que celle connue, prise comme référence.

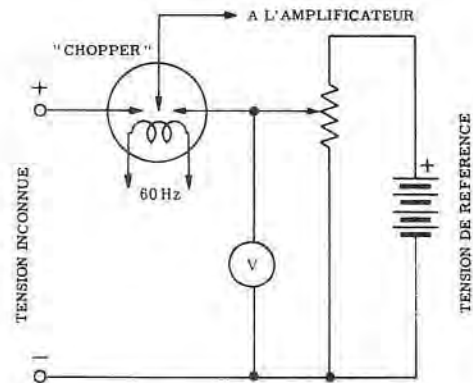


Fig. 11 - Afin de permettre l'amplification des faibles tensions apportées à son entrée, le circuit potentiométrique est doté d'un contacteur vibrant (« Chopper ») à la sortie duquel — en absence de balancement — il y a un signal à ondes carrées.

bornes du galvanomètre, diverses résistances «shunt», commutées à l'aide d'un contacteur.

Une autre solution originale, pour réaliser un appareil de mesure particulier, consiste à associer à une sonde à diode, un voltmètre spécial dont le fonctionnement est basé sur le principe du condensateur et qui est appelé, pour cela, voltmètre « statique ». Aucune résistance de charge n'est mise en parallèle sur la diode, mais seulement ce voltmètre qui se charge à la valeur de crête de la tension alternative à mesurer. Une fois chargé, il ne consomme aucun courant et continue à indiquer la tension présente à ses bornes. Ce type d'appareil se prête particulièrement bien à la mesure des impulsions (dans certains émetteurs, par exemple); il doit être très bien isolé, afin qu'aucune perte par dispersion ne vienne amortir la diode et décharger le voltmètre à condensateur.

Nous devons également mentionner, toujours parmi les types spéciaux, les voltmètres à échelle logarithmique. Dans la leçon suivante, nous parlerons d'une unité de mesure particulière, le « décibel », et nous verrons ses rapports avec les logarithmes; nous indiquerons, également, la nécessité où l'on se trouve d'utiliser des échelles logarithmiques pour la mesure de certains phénomènes. Parmi ceux-ci les phénomènes acoustiques sont bien connus (la sensibilité de l'oreille humaine suit une courbe logarithmique) et dans ce domaine, les voltmètres comportant une échelle de lecture logarithmique sont très utiles. En ce qui concerne les voltmètres à lampe, nous dirons qu'il est parfaitement possible de réaliser des modèles de ces instruments avec une **échelle logarithmique**: il suffit d'ajouter des étages amplificateurs spéciaux, ou d'utiliser un système assez compliqué de contre-réaction.

Nous avons déjà fait allusion au voltmètre à circuits accordés. Nous ajouterons que, parfois, on dispose un amplificateur accordé entre l'entrée et le circuit du voltmètre proprement dit. Cet amplificateur, qui peut être comparé à un véritable récepteur de Radio, est conçu de telle sorte qu'il assure une amplification constante et stable de toutes les fréquences comprises dans les gammes choisies. On peut alors mesurer l'intensité

des signaux captés par une antenne (provenant d'un émetteur déterminé) et évaluer les possibilités de réception en un endroit donné. Cet appareil, particulièrement employé dans le domaine de la Télévision, est appelé « mesureur de champ ».

Nous concluons cette étude sur les voltmètres électroniques en précisant que, très souvent, on met à profit les qualités particulières de ces instruments pour y inclure un ohmmètre, que nous pouvons également appeler à lampe. De fait, il est très facile d'adapter un voltmètre à lampe pour courant continu à la fonction d'ohmmètre. On obtient ainsi un instrument permettant de mesurer des résistances beaucoup plus élevées que celles que permettrait un ohmmètre classique. La plupart des voltmètres à lampe modernes comportent donc la fonction ohmmètre, avec plusieurs échelles. Le principe de fonctionnement est classique; il suffit de prévoir une pile, un contacteur et diverses résistances étalonnées en plus du matériel nécessaire au voltmètre électronique proprement dit. La résistance de valeur inconnue est mise en série avec la résistance étalon, (convenablement choisie) et le circuit est re-fermé sur la pile. Le voltmètre lit la tension développée aux bornes de la résistance inconnue et donne une lecture proportionnelle à la valeur ohmique de cette résistance. Il convient toujours de procéder aux habituelles opérations de tarage, avant chaque mesure. Les échelles sont directement étalonnées en ohms, et pour connaître la résistance, il suffit de lire le nombre indiqué par l'aiguille de l'instrument et de multiplier par le facteur numérique propre à la sensibilité utilisée.

Il convient de mentionner également, les voltmètres digitaux ou numériques qui offrent des caractéristiques de grande précision et de lecture rapide: cette dernière est « numérique », c'est-à-dire qu'au lieu d'un indice sur échelle, on a l'illumination des chiffres. La **figure 10** illustre le principe de base du fonctionnement et la **figure 11** en illustre un point particulier qui permet l'amplification des tensions à mesurer, transformées du « chopper » en signaux à onde carrée à comparer.

SYMBOLES - ABREVIATIONS

A	=	Classe d'amplification dans laquelle le courant anodique passe pendant le cycle entier du signal appliqué sur la grille.
AB	=	Classe d'amplification dans laquelle le courant anodique ne passe que pendant l'alternance positive et une partie de l'alternance négative du signal de grille.
AB ₁	=	Classe d'amplification dans laquelle le courant anodique passe comme dans la classe AB, sans que le courant grille n'apparaisse jamais.
AB ₂	=	Classe d'amplification dans laquelle le courant anodique passe comme dans la classe AB, mais avec apparition d'un certain courant grille pendant les pointes des alternances positives du signal.
B	=	Classe d'amplification dans laquelle le courant anodique ne passe que pendant les alternances positives du signal appliqué sur la grille.
C	=	Classe d'amplification dans laquelle le courant anodique ne passe que pendant les pointes des alternances positives du signal appliqué sur la grille.
C _k	=	Condensateur de découplage de la cathode.
C _g	=	Condensateur de couplage de grille.
dB	=	Décibel: logarithme du rapport entre deux grandeurs.
dBm	=	Décibel par rapport au niveau de puissance de 1 mW.
E _b	=	Tension anodique d'alimentation.
e _b	=	Tension anodique instantanée par rapport à la cathode.
E _{bo}	=	Tension anodique en l'absence de signal.
E _{co}	=	Tension aux bornes de la charge, en l'absence de signal.
E _c	=	Tension de polarisation de la grille.
E _g	=	Tension de grille.
E _{go}	=	Tension de grille en l'absence de signal.
e _{rc}	=	Tension instantanée aux bornes de la charge
E _{rc}	=	Tension aux bornes de la charge.
E _s	=	Tension du signal.
I _{bo}	=	Courant anodique en l'absence de signal.
i _o	=	Courant instantané.
i _p	=	Courant anodique instantané.
R _g	=	Résistance de grille
R _c	=	Résistance de charge
R _k	=	Résistance de cathode
r _p	=	Résistance instantanée de plaque.

FORMULES

$$E_{co} = E_b - E_{bo}$$

$$E_b = I_c R_c - i_p r_p$$

$$R_k = E_g : I_{bo}$$

QUESTIONS sur les LEÇONS N°s 52 et 53

N. 1 — Quelle doit être la caractéristique de la résistance de charge d'une lampe amplificatrice de tension ?

N. 2 — Que désire-t-on obtenir d'un étage d'amplification final (de puissance) ?

N. 3 — Quelle doit être la valeur de l'impédance de charge d'une triode de puissance, comparée à celle de sa résistance dynamique de plaque ?

N. 4 — Quelle doit être la valeur approximative de l'impédance de charge d'une pentode de puissance, comparée à sa résistance dynamique de plaque ?

N. 5 — Dans un étage amplificateur de tension, quel est la classe d'amplification permettant d'obtenir, dans le circuit de sortie, la reproduction fidèle, du signal d'entrée ?

N. 6 — Comment détermine-t-on le « rendement » d'un étage de puissance ?

N. 7 — Quelle doit être la valeur de la polarisation de grille d'une lampe fonctionnant en classe B ?

N. 8 — Pour quelle raison peut-on affirmer qu'un étage amplificateur classe C a un rendement élevé ?

N. 9 — De quoi dépend, pour la plus grand part, la distorsion introduite par une lampe amplificatrice de tension ou de puissance ?

N. 10 — Quels sont, approximativement, les rendements respectifs des étages amplificateurs fonctionnant en classe A, AB, B et C ?

N. 11 — Pour obtenir la distorsion minimum, convient-il mieux d'employer un étage simple ou un étage symétrique (push-pull) ?

N. 12 — Dans le circuit d'une lampe amplificatrice, quelles sont les relations entre les valeurs de e_g , e_c , i_b , e_{rc} et e_b ?

N. 13 — Quelle est la source d'énergie fournissant la tension de polarisation de grille dans le système dit « par dispersion de grille » ?

N. 14 — Quels sont les principaux avantages d'un voltmètre à lampe, par rapport au voltmètre ordinaire, c'est-à-dire à celui constitué simplement par un galvanomètre et un certain nombre de résistances additionnelles, avec un redresseur pour la mesure des courants alternatifs ?

N. 15 — Qu'est-ce qu'une « sonde » ?

REPONSES aux QUESTIONS de la p. 403

N. 1 — Elle accélère le mouvement des électrons vers la plaque et réduit la capacité entre plaque et grille.

N. 2 — Elle a pour effet de supprimer les effets de l'émission secondaire en empêchant que les électrons, renvoyés par la plaque, n'atteignent la grille-écran, et de réduire encore davantage la capacité inter-électrodes. Elle est appelée « grille de suppression ».

N. 3 — A la somme du courant anodique et du courant de grille-écran. Tous deux — en effet — sont issus de la cathode.

N. 4 — Parce que sa « pente », c'est-à-dire l'inclinaison de sa courbe caractéristique est plus forte.

N. 5 — Parce que la différence de potentiel entre plaque et cathode en l'absence de charge (courbe statique) est constante et indépendante du courant plaque. Par contre, avec une charge dans le circuit plaque (courbe dynamique), la différence de potentiel aux bornes de cette charge et, par suite, le potentiel entre plaque et cathode, varie en fonction de l'intensité du courant anodique.

N. 6 — Pour éviter les variations de la tension d'écran et pour dériver à la masse les oscillations (signal) présentes sur cette grille-écran.

N. 7 — C'est la partie de la courbe caractéristique dans laquelle le courant anodique diminue lorsqu'on augmente la tension anodique.

N. 8 — La grille de suppression — à l'exception de quelques cas particuliers — est reliée à la cathode, soit intérieurement, soit extérieurement à la lampe elle-même. En conséquence, elle est portée au même potentiel que la cathode.

N. 9 — L'émission secondaire est produite par des électrons libérés de la plaque sous l'effet du bombardement des électrons rapides provenant de la cathode. On peut la supprimer en ajoutant une troisième grille, entre la grille-écran et la plaque, appelée précisément grille de suppression.

N. 10 — La résistance de plaque et le facteur d'amplification sont plus élevés dans le cas d'une tétrode, tandis que la pente, ou conductance mutuelle, est sensiblement la même pour une triode et une tétrode.

N. 11 — Elle peut admettre une forte intensité anodique. Par cette raison ces tubes sont employés, comme nous le verrons, dans les amplificateurs B.F. de puissance et dans les émetteurs.

N. 12 — Il se distingue d'un tube à pente fixe par le fait que la grille de commande est à pas variable (écartement variable entre les spires).

N. 13 — Parce que le filament de ce tube a une résistance qui varie avec sa température, donc en fonction de l'intensité du courant qui y passe.

N. 14 — L'intensité du courant passant entre ses deux électrodes augmente également.

N. 15 — En reliant en série deux de ces tubes, et en appliquant la tension de 300 volts aux extrémités de ce circuit. Evidemment, le branchement doit être tel que l'anode de l'un soit reliée à la cathode de l'autre.

N. 16 — L'ionisation du gaz raréfié contenu dans l'ampoule.

N. 17 — En faisant varier la tension de la grille de la lampe régulatrice placée en série dans la sortie de l'alimentation. Ce faisant, on fait varier sa résistance interne et, par conséquent, la chute de tension entre plaque et cathode.

N. 18 — Avec un vibreur synchrone on obtient directement une tension continuée, tandis qu'avec l'autre, la tension de sortie doit être redressée séparément.

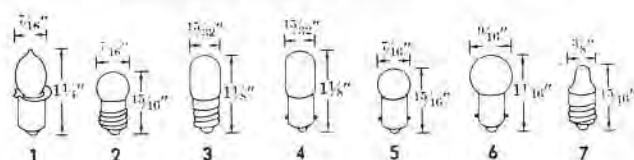
TAB. 63 - CARACTERISTIQUES LAMPES miniatures

Après avoir publié de nombreux tableaux permettant de convertir les unités de mesure anglaises ou américaines en unités de système métrique, il nous paraît indispensable de donner quelques tableaux particulièrement utiles à tous ceux qui ont l'occasion de consulter des revues ou des ouvrages techniques étrangers.

L'industrie américaine utilise certains codes spéciaux — nous en avons déjà donné un exemple à propos des fils de cuivre (voir tableau 51, page 308) — et l'un de ces codes permet la désignation précise et facile des lampes à incandescence miniature (du type de celles employées, par exemple, pour l'éclairage des cadrans ou dans les voyants lumineux de signalisation). En Europe, ces lampes portent des inscriptions gravées ou imprimées sur leur culot, qui indiquent la tension et l'intensité du courant d'alimentation. Dans la production américaine, par contre, ces lampes sont marquées par un numéro et une « couleur d'identification » appliquée sur la partie externe, ou sur la partie centrale interne de l'ampoule supportant le filament. La couleur et le numéro permettent de connaître le type de support à employer, la tension et l'intensité du courant absorbé par le filament et, en conséquence, le wattage.

Le tableau 63 donne les types principaux et leurs caractéristiques d'utilisation. Supposons, que nous ayons une lampe miniature portant le N° 112 et dont la couleur est rose. Le tableau nous apprend qu'elle est prévue pour fonctionner sous 1,1 volt et 0,22 ampère; son wattage sera donc de 0,242 watt. Les fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7 illustrent les divers modèles.

LAMPE	SUPPORT	VOLTS	AMPERE	Couleur d'identification	FIGURE
PR2	à ressort	2,4	0,50	bleu	1
PR3	à ressort	3,6	0,50	vert	1
PR4	à ressort	2,3	0,27	jaune	1
PR6	à ressort	2,5	0,30	marron	1
PR12	à ressort	5,95	0,50	blanc	1
13	à vis	3,8	0,30	vert	2
14	à vis	2,5	0,30	bleu	2
40	à vis	6,3	0,15	marron	3
41	à vis	2,5	0,50	blanc	3
42	à vis	3,2	0,35	vert	3
43	à baïonnette	2,5	0,50	blanc	4
44	à baïonnette	6,3	0,25	bleu	4
45	à baïonnette	3,2	0,35	vert	4
46	à vis	6,3	0,25	bleu	3
47	à baïonnette	6,3	0,15	marron	4
48	à vis	2,0	0,06	rose	3
49	à baïonnette	2,0	0,06	rose	4
50	à vis	6,3	0,20	blanc	2
51	à baïonnette	6,3	0,20	blanc	5
55	à baïonnette	6,3	0,40	blanc	6
112	à vis	1,1	0,22	rose	7
222	à vis	2,2	0,25	blanc	7
233	à vis	2,3	0,27	pourpre	2
291	à vis	2,9	0,17	blanc	3
292	à vis	2,9	0,17	blanc	3
1490	à baïonnette	3,2	0,16	blanc	4
1891	à baïonnette	14,0	0,23	rose	4
1892	à vis	14,0	0,12	blanc	3



REALISATION D'UNE ALIMENTATION SECTEUR – Kit Cogere! ALI 9

Ce montage très simple, facilement réalisable en moins d'une heure de travail, alimente un poste à transistors à partir du secteur 110 ou 220 volts, permettant ainsi de réserver les piles pour une utilisation extérieure du récepteur.

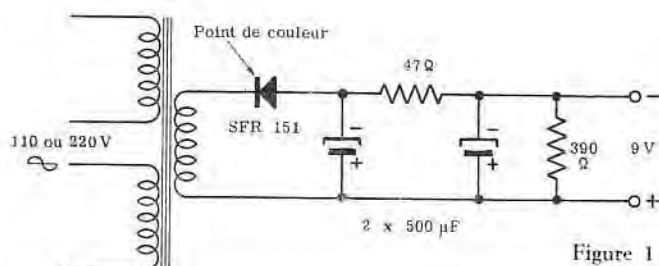


Figure 1

Caractéristiques techniques

Alimentation secteur 120 ou 220 volts alternatifs.

Tension de sortie 9 V continu.

Intensité maximum 60 mA.

Encombrement 75 x 64 x 45 mm.

Se met à la place du boîtier coupleur de piles.

Présentation en boîtier plastique (type coupleur de piles). Poids 250 g.

Comment bien souder

Mettez la panne du fer à souder en contact avec le circuit imprimé à l'endroit où vous allez exécuter votre soudure. Approchez rapidement la soudure à l'intersection de la panne et du circuit et faites-en FONDRE TRES PEU. La soudure se répand immédiatement sur l'endroit du circuit. Cette opération de soudure COMME TOUTES LES SUIVANTES doit être exécutée RAPIDEMENT afin de ne pas surchauffer le circuit imprimé, ce qui aurait pour effet de le détériorer irrémédiablement. En particulier, pour protéger la diode d'un excès de chaleur, tenir les fils de connexions avec une pince plate entre le point de soudure et la diode. Toutefois, la soudure doit être BONNE, FRANCHE, BRILLANTE, PETITE. Faites de petites soldes en en mettant le moins possible.

Nomenclature des composants

2 condensateurs électrochimiques 500 μF/16 V — 1 résistance 47 Ω 10% ½ W — 1 prise mâle 4 broches — 1 coupleur de piles — 1 fil souple — 1 câble biflex secteur — 1 résistance 390 Ω 10% ½ W — 1 circuit imprimé — 1 transformateur — 1 diode SFR 151 — 1 soudure.

Montage des éléments sur un circuits imprimé

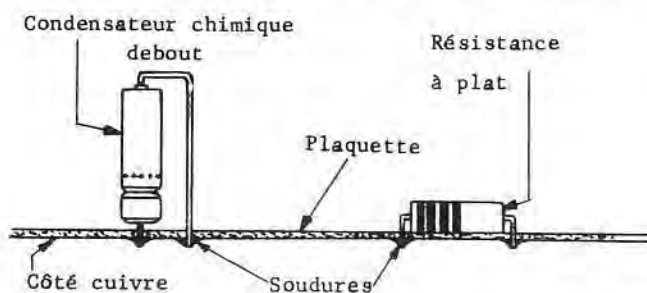


Figure 2

Les parenthèses figurant devant chaque opération devront être cochées au fur et à mesure de l'exécution du travail.

Tous les éléments sont montés du côté bakélite.

1) Montage des résistances

() Placez la résistance R1 = 390 Ω ½ W entre les trous 3 et 4 (à plat) (Orange - Blanc - Marron).

() Placez la résistance R2 = 47 Ω ½ W entre les trous 11 et 12 (à plat) (Jaune - Violet - Noir) (fig. 3)

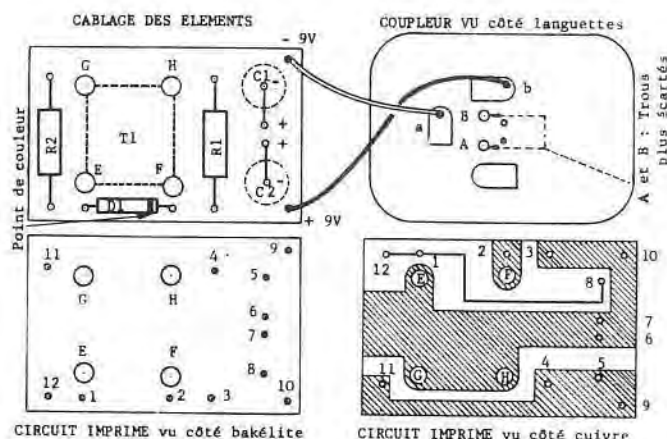


Figure 3

2) Montage de la diode

() Placez la diode D1 = SFR 151 entre les trous 1 et 2 du circuit. La cathode est repérée par un point de couleur et sera côté trou n° 2 (voir schéma); câblage à plat.

3) Montage des condensateurs

() Placez les deux condensateurs 500 μF/16 V debout. Ces deux condensateurs sont polarisés. Attention à leur orientation.

C1 entre les trous 5 et 6 (le + du condensateur en 6)

C2 entre les trous 7 et 8 (le + du condensateur en 7)

4) Câblage des fils

() a) Soudez maintenant un fil souple de 10 cm environ dans le trou 9. L'autre extrémité sera soudée sur la lame a du couvercle (voir dessin).

() b) Soudez un fil de 10 cm environ dans le trou 10. L'autre extrémité sera soudée sur la lame b du couvercle.

Attention - Les trous A et B sont les plus écartés. Le trou A correspond à la lame a (-9 V). Le trou B correspond à la lame b (+9 V).

() c) Couper maintenant l'excédent des connexions après soudure.

6) Montage du transformateur

() a) placez le transformateur comme indiqué sur la figure 4. Attention à son orientation; les cosses EF correspondent à des sorties en fils fins; les cosses GH sont LIBRES. Soudez les cosses après les avoir repliées sur le cuivre.

Cas d'un secteur 120 V

- () Reliez la cosse A à la cosse B
- () Reliez la cosse C à la cosse D

Cas d'un secteur 220 V

Reliez la cosse A à la cosse C

() b) Soudez maintenant une extrémité des deux fils composant le cordon secteur sur les cosses D et B du transformateur (faire un noeud à 5 cm environ de cette extrémité pour arrêter ultérieurement le fil). Le cordon sera ensuite passé dans le trou que vous aurez réalisé au préalable dans le boîtier à l'aide d'un emporte-pièce, d'un poinçon, du fer à souder même.

() c) Reliez l'autre extrémité des deux fils aux fiches de la prise secteur.

Montage

() a) Introduisez maintenant le circuit dans le boîtier plastique (le transformateur étant positionné dans le fond). Puis refermez l'ensemble à l'aide du couvercle. Placez sous le couvercle du boîtier de piles un morceau de mousse plastique afin que celui-ci ne vienne pas toucher les condensateurs électrochimiques. Un calage de l'ensemble peut être réalisé à l'aide de morceaux de mousse plastique et le couvercle maintenu en place par un ruban adhésif.

() b) Bien vérifier que les deux broches écartées du bouchon mâle de votre récepteur se présentent comme sur la figure 4, c'est-à-dire que la broche A' correspond bien au -9 V. de votre récepteur et que la broche B. est bien celle qui relie le +9 V.

Dans le cas contraire, il suffira d'inverser les fils de liaison de la plaquette coupleur. Si par extraordinaire votre récepteur à transistors comportait une prise différente de celle qui est proposée, vous la remplaceriez par la prise 4 broches du kit.

Attention — Une inversion de polarité risque de GRILLER vos Transistors. Ne pas oublier non plus, lorsque le récepteur ne fonctionne plus, de DEBRANCHER la prise secteur.

Si votre « ALI 9 » ne fonctionne pas

Si votre alimentation ne délivre pas de tension ou une tension erronée, vous devrez avant tout soigneusement vérifier que le transformateur est correctement câblé (revoir figure 5): 110 ou 220 V selon votre secteur. En effet, si votre transformateur est correct, contrôlez:

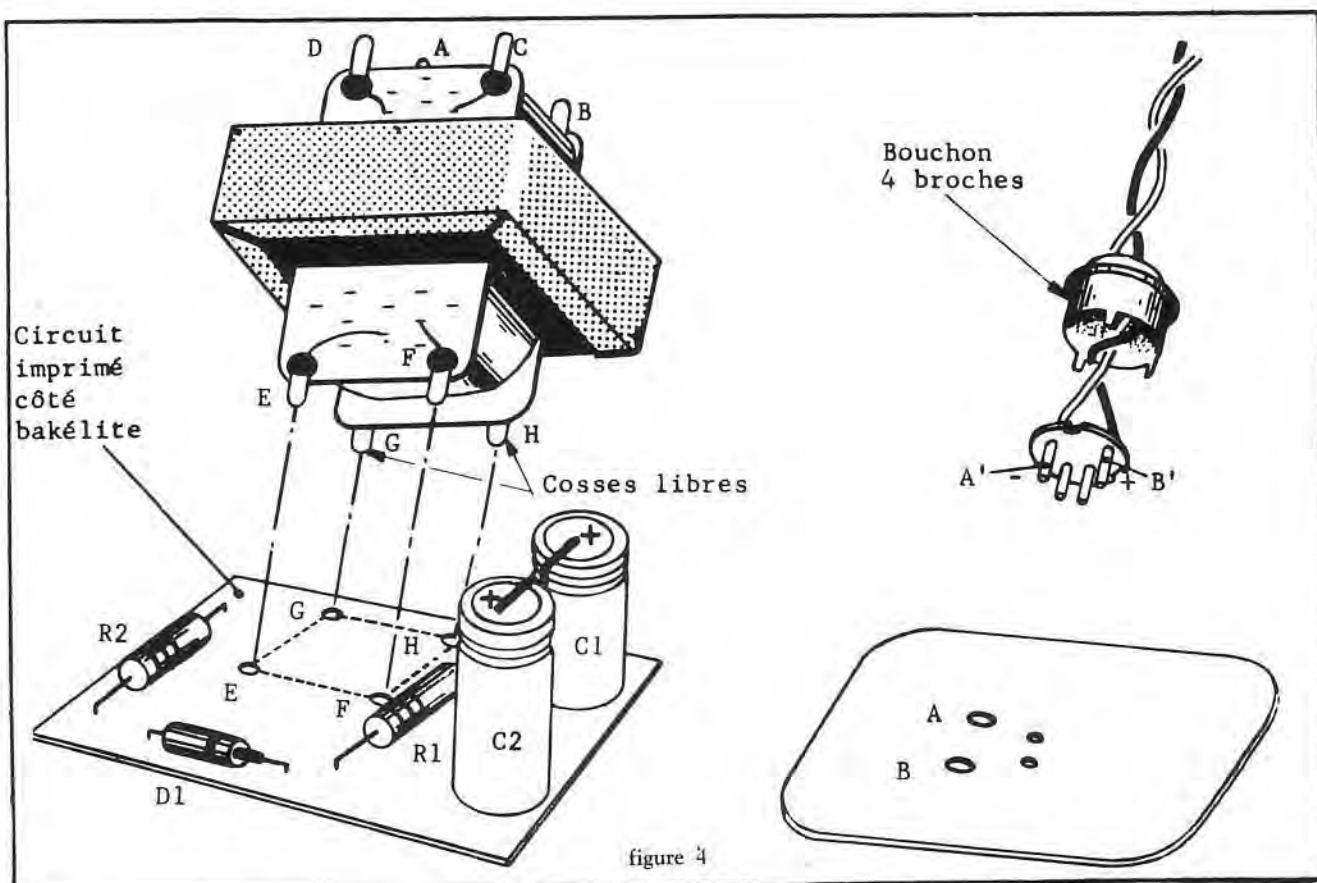
- () - le sens de branchement de la diode, des condensateurs électrochimiques,
- () - l'état des soudures.

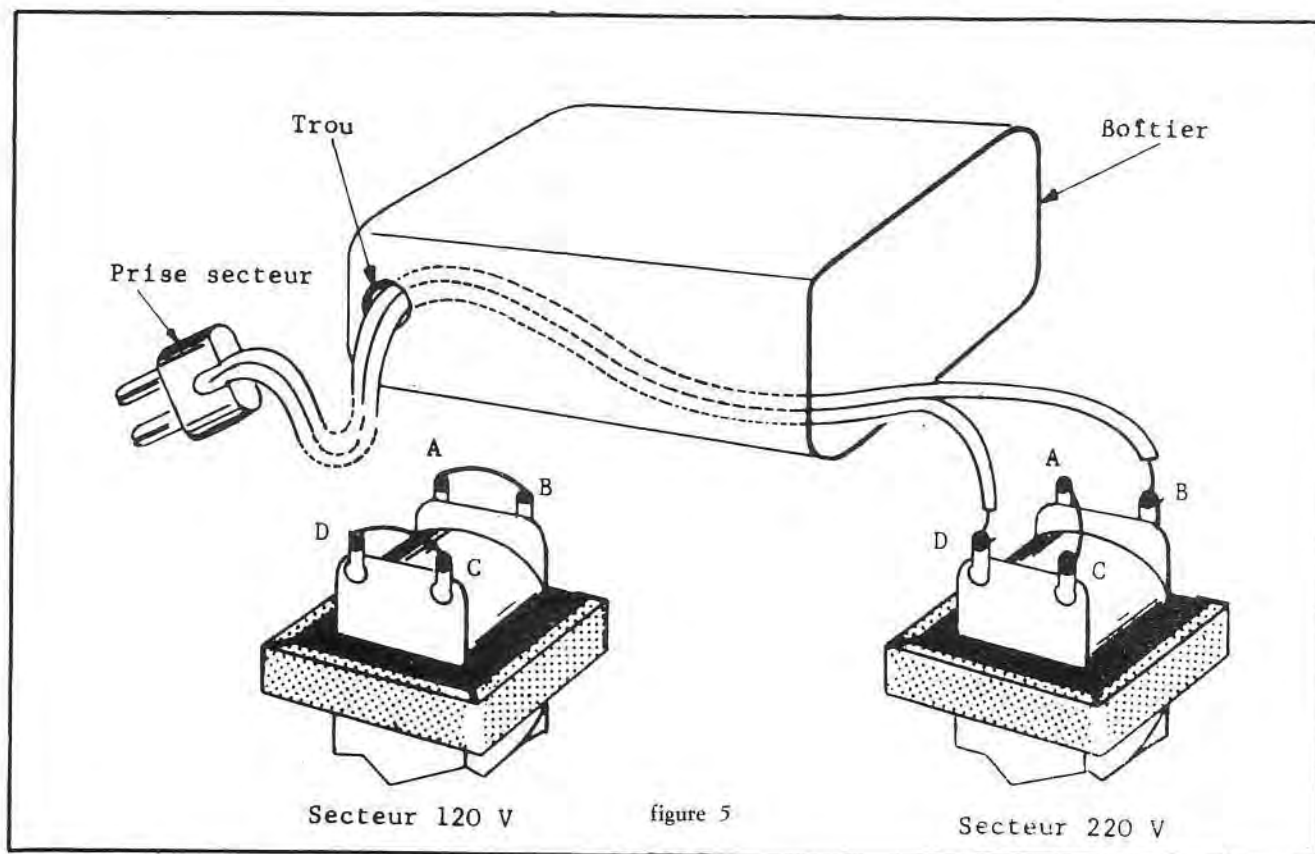
Il est à noter que si vous avez suivi soigneusement les indications de câblage, votre alimentation doit être en état de fonctionner dès la mise sous tension.

- () - le câblage correct des languettes a et b (fig. 3).

() - contrôlez aussi, à l'aide d'une ampoule 12 V/0,1 A (ou de deux ampoules 6 V en série) que celle-ci s'allume bien, quand elle est branchée aux bornes A et B du coupleur (figure 3).

— vérifiez aussi que l'alimentation de votre récepteur à transistors, correspond bien au branchement indiqué. Sinon vous risquez de TUER vos transistors.





TABEAU 64 — CONVERSION des UNITES de SURFACE ANGLAISES (MULTIPLES et SOUS-MULTIPLES)

UNITE	Pouce ²	Pied ²	Yard ²	cm ²	m ²
1 Pouce ²	1	—	—	6,452	—
1 Pied ²	144	1	0,111	929,2	0,0929
1 cm ²	1296	9	1	8,363	0,8363
1 Yard ²	0,155	0,0011	—	1	1
1 m ²	1 550	10,76	1,196	10.000	1

TABEAU 65 — CONVERSION des UNITES de LONGUEUR ANGLAISES (MULTIPLES et SOUS-MULTIPLES)

UNITE	Inch (Pouce)	Foot (Pied)	Yard	cm	m	km
1 Inch (pouce)	1	0,083	0,028	2,54	0,025	—
1 Foot (pied)	12	1	0,333	30,48	0,305	—
1 Yard	36	3	1	91,44	0,914	—
1 Centimètre	0,39	0,03	0,01	1	0,01	0,000,01
1 Mètre	39,37	3,281	1,094	100	1	0,001
1 km	—	3 281	1 094	100 000	1 000	1

Les deux tableaux ci-contre font suite à la série publiée précédemment et complètent les tableaux 6, 7 et 9, des pages 23 et 24.

Ils seront utiles à tous ceux de nos lecteurs qui ont l'occasion de consulter des revues anglaises et américaines et qui doivent, parfois, calculer la conversion des mesure de longueur ou de surface. Par exemple, lorsque, dans un article, on parle de la portée d'un émetteur, ou de la superficie de la zone dans laquelle la réception est possible, ou, encore, quand il faut calculer la longueur d'un bobinage ou d'une antenne, etc...

Supposons, à titre d'exemple, que nous devions convertir en mètres carrés, une surface de 25 pieds carrés. Le tableau 64 nous indique que un pied carré correspond à 0,0929 mètres carrés. Ce nombre est le facteur de multiplication permettant d'obtenir rapidement la surface cherchée:

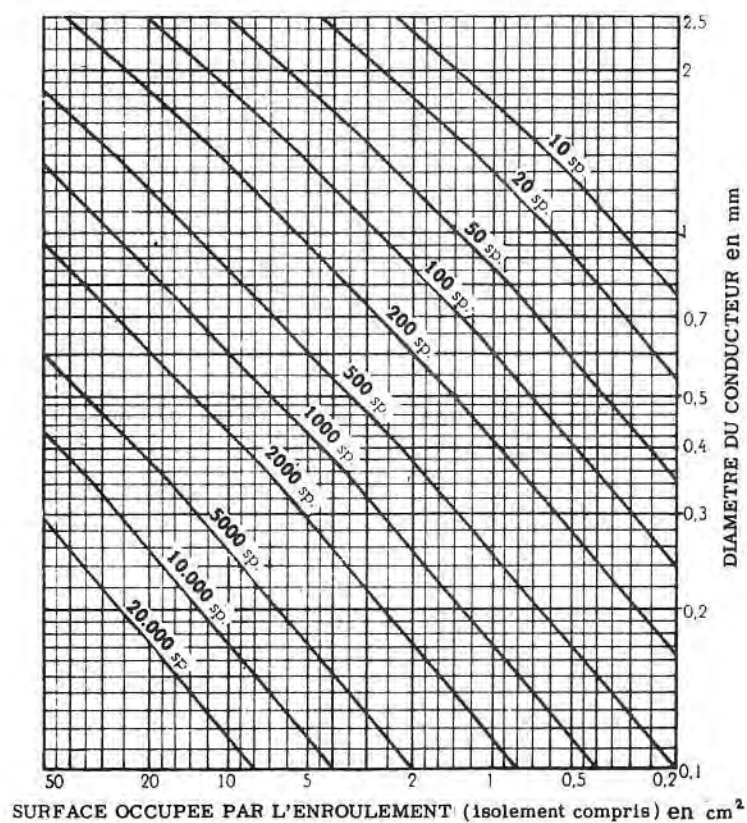
$$0,0929 \times 25 = 2,3225 \text{ m}^2$$

De même, supposons que nous devions convertir 15 yards en mètres. Le tableau 65 nous indique que 1 yard correspond à 0,914 mètre; en conséquence nous aurons:

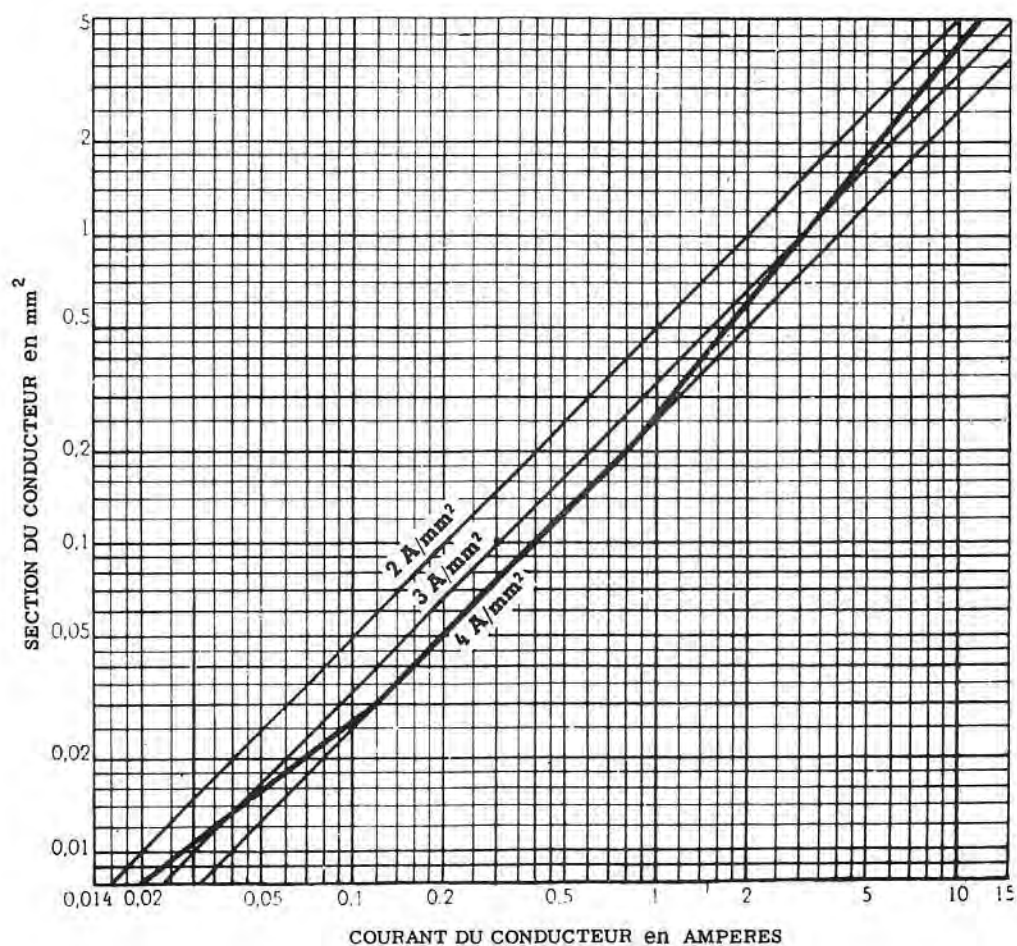
$$0,914 \times 15 = 13,71 \text{ mètres}$$

Les deux tableaux sont réversibles en ce sens qu'ils permettent, avec la même facilité, la conversion des mesures métriques en unités anglaises, de même qu'ils permettent de convertir les unités anglaises en leurs multiples et sous-multiples.

TABEAU 66 — ABAQUE pour le CALCUL de la SECTION de l'ENROULEMENT entier d'un TRANSFORMATEUR d'ALIMENTATION



TABEAU 67 — ABAQUE pour le CALCUL de la SECTION en fonction du COURANT dans chaque ENROULEMENT d'un TRANSFORMATEUR d'ALIMENTATION.



— 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 Sptés
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
TEL. : 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
GROS DÉTAIL
RADIO-VOLTAIRE
GROSSISTE OFFICIEL "CORUM TRANSO"
GROSSISTE TUBES INDUSTRIELS "RADIO TECHNIQUE"
155, Avenue Ledru-Rollin, PARIS-11^e 809.98-64
R. I. 1504 374 1472 - Métro : Jean Béraud - Porte de Vincennes - 40-14-41-78-18 - C.P. 8400-71 1405

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 GRACE A NOTRE FORMULE DE VENTE DIRECTE

Magasins pilotes :
3, RUE LA BOÉTIE - PARIS-8^e
9, BD ST-GERMAIN - PARIS-5^e

COGEREL

Départements :
VENTE PAR CORRESPONDANCE
COGEREL - DIJON (cette adresse suffit)

DOCUMENTATION GRATUITE SUR DEMANDE :
Catalogue KITS - CTR 8-493 - Catalogue PD - CTR 9-492
(joindre 4 timbres pour frais d'envoi)

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

MONTAGES FACILES

AMPLIS GUITARE 3 A 50 W
125 SCHÉMAS 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

TÉLÉVISEURS - RÉCEPTEURS 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.)
TÉLÉVISEURS - ENCEINTES ACOUSTIQUES
PLATINES TOURNE-DISQUES, etc. (Consultez-nous).