



THEORIE

Cours de radio par correspondance

CONTROLE DES TUBES ELECTRONIQUES

L'emploi d'un élément plutôt complexe comme le tube électronique, demande des contrôles qui lui soient adaptés.

Ces contrôles sont très différents les uns des autres, en rapport avec ce que l'on désire mesurer ou contrôler dans le tube lui-même. Le contrôle réalisé, par exemple, chez le fabricant de tubes, a des exigences bien différentes de celui exécuté par un dépanneur radio ; les méthodes que l'on utilise changent en conséquence.

Nous pouvons grouper les mesures et les contrôles suivant l'ordre du tableau de la Fig. 1-, en rappelant que ceux qui correspondent aux positions 1- et 2- s'effectuent dans les laboratoires des maisons spécialisées et demandent des instruments de précision, tandis que les contrôles 3- 4- et 5- se font de façon classique et présentent l'avantage d'être plus rapides, donc moins précis.

CONTROLES EFFECTUES SUR LES TUBES

- 1- Contrôle des courbes caractéristiques.
- 2- Mesure des coefficients caractéristiques.
- 3- Contrôle des défauts et des court-circuits.
- 4- Contrôle de l'émission.
- 5- Contrôle des tubes en fonctionnement.

- Fig. 1 -

1- CONTROLE DES COURBES CARACTERISTIQUES

En mesurant point par point toutes les tensions appliquées à un tube ainsi que les courants sur les différentes électrodes, on a la définition la plus complète des caractéristiques de ce tube.

Dans les leçons précédentes, vous avez vu de quelle façon on exécutait ces mesures et les schémas valables pour chaque type de tube.

Ainsi, les courbes caractéristiques d'une simple diode, sont nombreuses et dépendent du fait qu'il est possible de changer, soit la tension plaque (donc le courant plaque), soit la tension de chauffage du filament (donc le courant filament, et indirectement le courant plaque).

Il faudra donc choisir et les tensions qui doivent varier et celles qui doivent rester constantes, puis tracer les courbes en conséquence.

Quelques-unes d'entre elles seulement présentent un intérêt pratique à l'usage : les autres, ne servent que pour des applications spéciales.

On peut dire de même pour la triode, la pentode ainsi que pour tout autre type de tube.

En général, on tracera les courbes qui se réfèrent en particulier au fonctionnement propre du tube, de façon à en faciliter l'usage.

Si l'on considère, par exemple, des tubes amplificateurs de puissance, il est utile de contrôler, en plus des habituelles caractéristiques de grille

et de plaque, la courbe représentant la distorsion en fonction de la tension appliquée à la grille de commande, ou bien la puissance maximum du tube compatible avec une certaine distorsion admissible.

Sur un tube mélangeur pour superhétérodyne, il est intéressant, au contraire, de considérer la variation du courant à fréquence moyenne, que l'on obtient sur la plaque du tube, en fonction de la tension "H.F." appliquée à la grille de commande ou du courant dans la grille oscillatrice.

Dans les tubes qui peuvent aussi travailler avec une tension de grille positive, la courbe est importante : elle représente l'allure du courant dans la grille de commande en fonction de la tension appliquée à cette grille. Ces courbes dessinées sur les feuilles d'essai fournies par les constructeurs de tubes, sont relevées par la méthode du Voltmètre et du Milliampèremètre, connectés à chaque électrode.

2- MESURE DES COEFFICIENTS CARACTERISTIQUES

Des courbes précédentes on peut, par le calcul, tirer la valeur des coefficients de chaque tube c'est-à-dire μ , ρ , S .

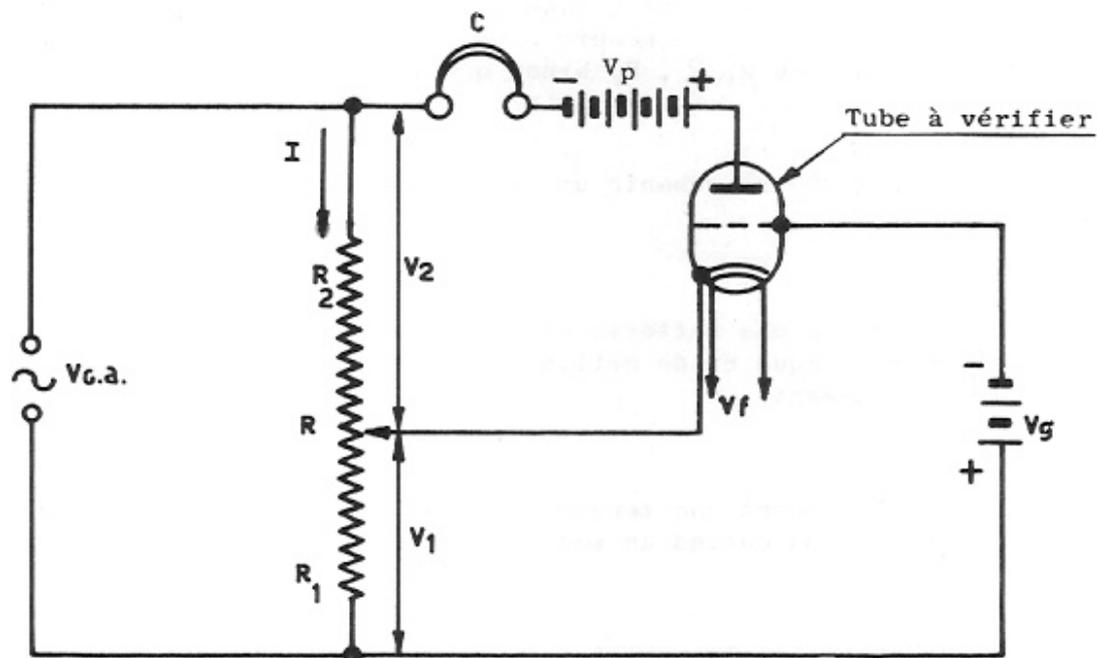
Pour avoir une plus grande précision et un résultat plus déterminant, on peut employer des circuits de mesure à partir desquels il est possible de tirer directement les valeurs de μ , ϱ , S , ainsi que les valeurs des capacités internes.

La Fig. 2- représente un circuit pour la mesure du coefficient d'amplification.

Le tube a une batterie plaque et une batterie grille, qui fournissent les tensions de plaque et de grille continues, comme dans les conditions normales de fonctionnement.

En appliquant une tension alternative "V.c.a.", aux bornes de la résistance variable "R", on entend un son dans l'écouteur "C".

En changeant la position du curseur, on réussit, pour un certain point de la résistance, à annuler le son dans l'écouteur. Ceci veut dire que la chute de tension alternative dans "R₁" est égale à la tension alternative appliquée à la grille, alors que la chute de tension dans "R₂" est égale à la tension variable obtenue entre plaque et cathode.



- Fig. 2 -

Comme le coefficient μ est donné justement par le rapport :

$$\frac{\Delta V_p}{\Delta V_g}$$

(Δ lettre grecque que l'on prononce "delta", et utilisée en mathématiques pour désigner une faible variation) qui correspond à :

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{R_2}{R_1}$$

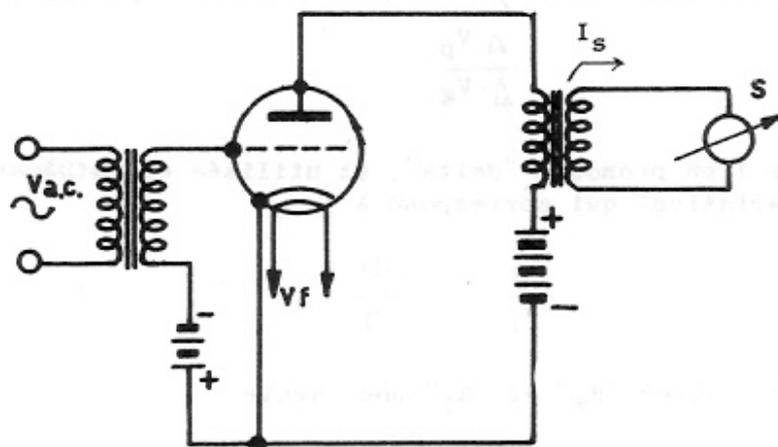
il sera suffisant de mesurer " R_2 " et " R_1 " pour avoir :

$$\mu = \frac{R_2}{R_1}$$

C'est une des méthodes les plus employées ; des précautions particulières doivent être observées au cours de la mesure parce que les capacités internes du tube et des fils de liaison peuvent intervenir pour perturber et empêcher l'accord.

Avec un circuit encore plus simple Fig. 3-, on peut mesurer la valeur de la pente ou transconductance.

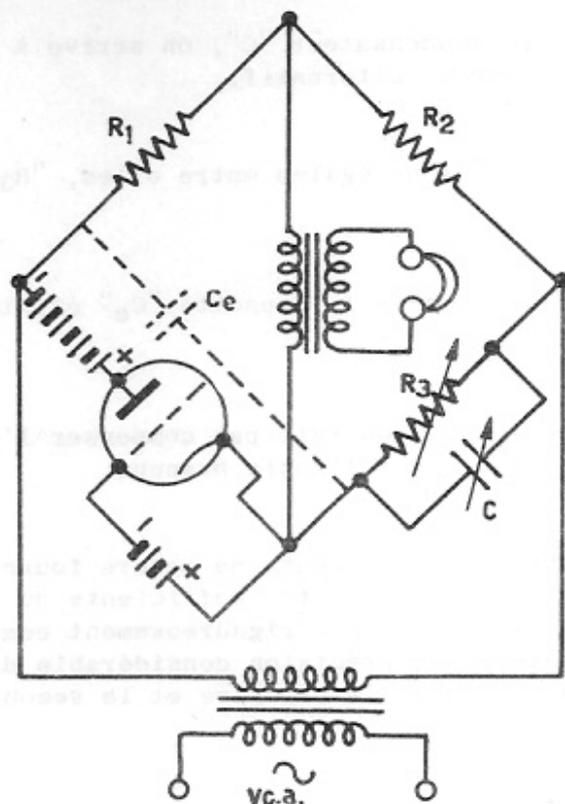
Le tube est alimenté avec des batteries et il a les tensions de repos normales.



- Fig. 3 -

En appliquant une tension alternative d'amplitude connue, on produit des variations dans le courant plaque : ces variations sont mesurées par le milli-ampèremètre pour courant alternatif " I_s " qui est raccordé par transformateur pour éliminer le courant continu.

Si l'instrument est étalonné, on peut avoir directement la valeur de la pente du tube examiné. La pente peut être également mesurée avec des circuits



- Fig. 4 -

en pont, analogues à celui utilisé pour la mesure du coefficient d'amplification.

Connaissant les valeurs de μ et de S , on peut tirer la valeur de ρ .

Si l'on désire, cependant, la mesurer directement, on peut utiliser le circuit de la Fig. 4-, qui est un simple pont de Wheatstone, alimenté en courant alternatif.

Le tube est dans les conditions normales de fonctionnement et constitue une des branches du pont.

Quand on applique la tension alternative sur la diagonale d'alimentation, on entendra un son dans l'écouteur.

En réglant la résistance " R_3 " et le condensateur " C ", on arrive à une condition d'équilibre, valable pour le seul courant alternatif.

Dans cette condition, si " R_1 " et " R_2 " sont égales entre elles, " R_3 " sera égale à la résistance interne du tube.

Le condensateur " C " a pour but de compenser la capacité " C_e " existant entre la plaque et la cathode du tube.

S'il n'y avait pas ce condensateur, on ne pourrait pas compenser l'impédance, formée par le tube avec sa capacité et placée sur l'autre branche.

Quelques maisons spécialisées dans les instruments de mesure fournissent des appareils qui rendent possible la mesure des différents coefficients du tube. Dans ces instruments, le circuit est monté de façon à tenir rigoureusement compte de toutes les capacités parasites et à obtenir ainsi une précision considérable dans l'accord. A ce résultat contribue le blindage placé entre le primaire et le secondaire des transformateurs d'alimentation du pont.

Sur les tubes, il peut être nécessaire d'exécuter la mesure des CAPACITES INTER-ELECTRODES, c'est-à-dire des capacités qui existent entre les différentes électrodes.

Cette mesure peut être effectuée au moyen d'un pont où une des branches s'obtient en raccordant les deux électrodes sur lesquelles on désire mesurer la capacité réciproque.

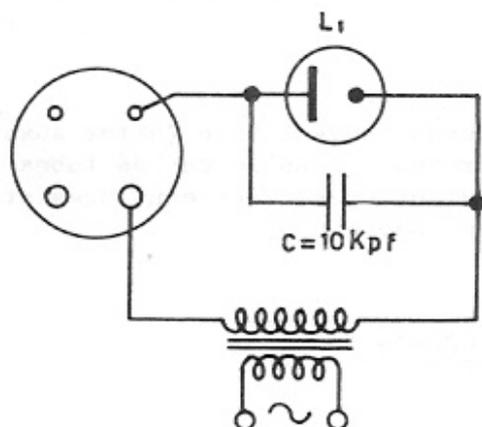
Toutes les mesures indiquées ci-dessus peuvent être faites aussi bien pour les triodes que pour les pentodes et les tétrodes ; dans le cas de tubes à grille écran, on devra prévoir, au moyen de piles ou d'autres sources continues stables, l'alimentation de la grille écran avec une tension convenable.

3- CONTROLE DES DEFAUTS ET DES COURT-CIRCUITS.

Avant tout autre contrôle, il est nécessaire de s'assurer qu'il n'y a pas de court-circuit entre les différentes électrodes et que le tube à examiner n'est pas défectueux.

Le court-circuit entre les différentes électrodes peut être contrôlé avec l'ohmmètre.

Si l'on doit examiner rapidement plusieurs tubes, il est convenable d'utiliser un dispositif comme celui indiqué aux Fig. 5- et 6-.



N.B. LE CONDENSATEUR "C" SERT A
COMPENSER LA CAPACITE REPAR-
TIE DES LIAISONS.

- Fig. 5 -

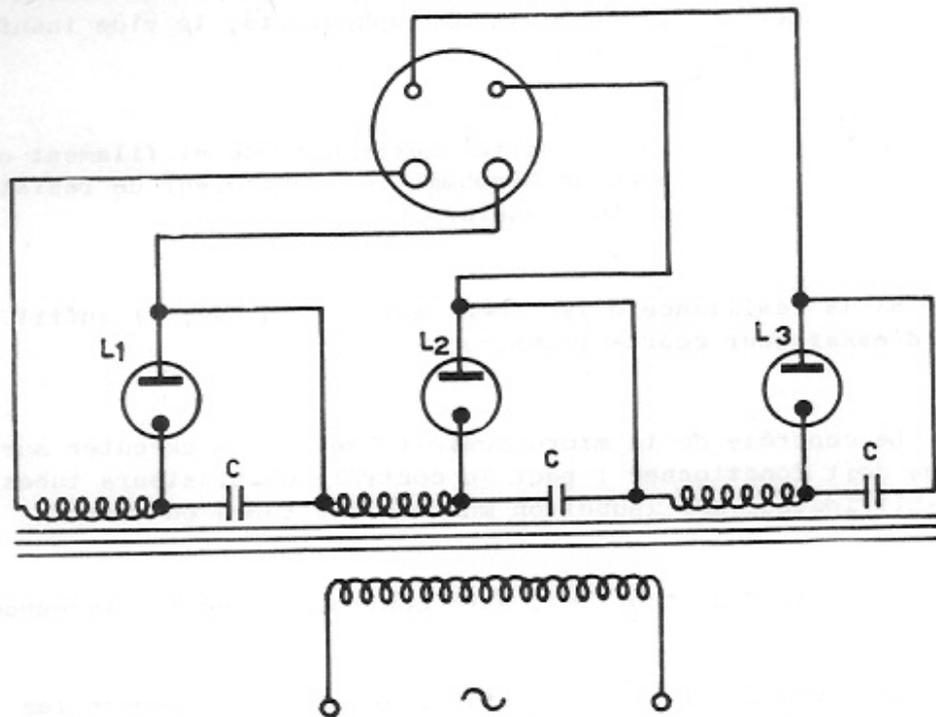
S'il y a un court-circuit entre les deux électrodes indiquées dans la Fig. 5-, la petite lampe au néon "L1" s'allume.

Pour contrôler tous les court-circuits possibles entre les différentes électrodes, on branche les lampes suivant le schéma de la Fig. 6-.

En plaçant le tube sur son support, on aura un contrôle immédiat.

On sait que la lampe, placée entre les deux contacts qui correspondent aux extrémités du filament, doit s'allumer : en effet, les deux contacts sont raccordés entre eux par le filament.

De cette façon on effectue le contrôle de la continuité du filament.



- Fig. 6 -

Les défauts principaux qui peuvent se présenter dans les tubes, sont : les pertes entre cathode et filament, la microphonicité, le vide insuffisant, le manque d'émission et le bruit de fond.

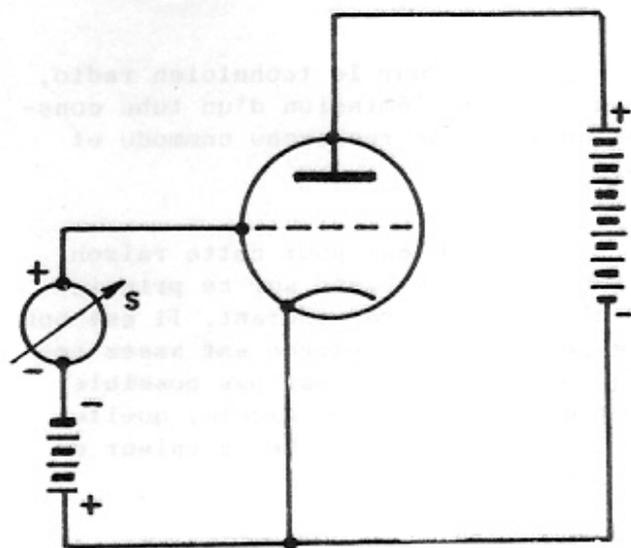
Pour le contrôle des pertes entre cathode et filament on peut exécuter la mesure de l'isolement avec un Mégohmmètre (contrôleur de résistances élevées) ne fonctionnant pas avec des hautes tensions.

Si la résistance d'isolement est très basse, il suffit de tester avec le dispositif d'essai pour court-circuits.

Le contrôle de la microphonicité devrait s'exécuter sur le circuit même où le tube doit fonctionner ; pour le contrôle de plusieurs tubes, on peut utiliser un amplificateur sur lequel on montera les tubes en essai.

Le bruit d'un tube peut être contrôlé comme la microphonicité.

On devra avoir soin, pourtant, de ne pas confondre les ronflements dus au filament ou au manque de blindage, avec le bruit propre du tube qui se présente comme un souffle intense avec des crépitations irrégulières, même quand le tube n'est pas sujet à des vibrations.



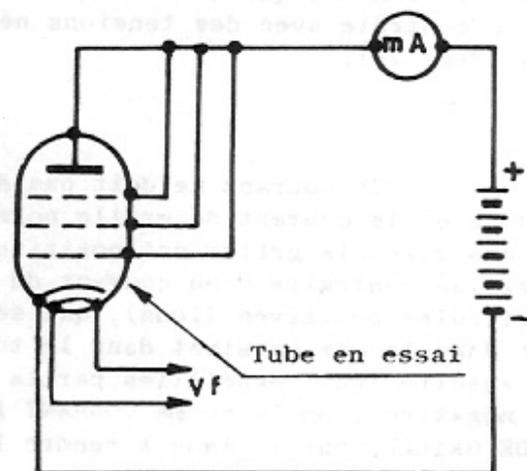
S = GALVANOMETRE OU
MICROAMPEREMETRE

- Fig. 7 -

Pour le contrôle du vide, on mesure le courant que l'on a sur la grille de contrôle avec des tensions négatives (Fig. 7-).

Ce courant ne doit pas être confondu avec le courant de grille normal que l'on a quand la grille est positive. Il s'agit au contraire d'un courant dû aux particules positives (ions), qui se forment dans le gaz existant dans le tube, et qui ensuite sont recueillies par la grille négative ; on le nomme COURANT INVERSE DE GRILLE, car il tend à rendre la grille positive.

Dans un tube où il y a un vide parfait, on ne devrait mesurer aucun courant lorsque la grille est négative ; d'habitude on mesure des courants qui peuvent être au maximum de $10 \mu A$ dans les tubes de puissance.

4- CONTROLE DE L'EMISSION

Pour le technicien radio, le contrôle de l'émission d'un tube constitue un moyen de recherche commode et simple.

C'est pour cette raison que les appareils basés sur ce principe sont d'un emploi très courant. Il est bon de rappeler que le système est assez empirique parce qu'il n'est pas possible de définir, d'une façon exacte, quelle doit être pour chaque tube la valeur de l'émission.

Les tubes, en effet, alors qu'ils sortent des mains du constructeur, ne sont jamais parfaitement semblables entre eux, et de plus, après quelques heures de fonctionnement, la capacité d'émission de la cathode peut changer d'une façon sensible.

- Fig. 8 -

Comme le contrôle de l'émission cherche à être une méthode rapide pour apprécier le vieillissement d'un tube, il suffit de faire le tarage de l'instrument avec des tubes en bon état pour avoir des indications convenables.

Le principe de fonctionnement est le suivant :

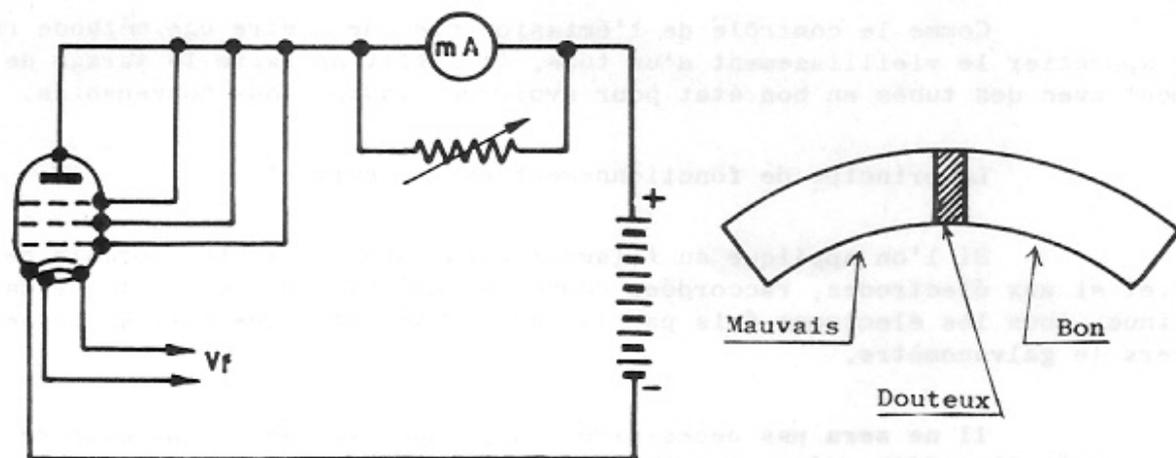
Si l'on applique au filament d'un tube la tension normale de chauffage, et si aux électrodes, raccordées comme indiqué Fig. 8-, on applique une tension continue, tous les électrons émis par la cathode seront recueillis et passeront à travers le galvanomètre.

Il ne sera pas nécessaire d'appliquer la tension normale de fonctionnement, mais il suffira d'une tension réduite pour recueillir les électrons émis, car toutes les électrodes du tube sont positives.

La valeur du courant, lue sur l'instrument, dépend du type de tube que l'on contrôle.

Un tube en bon état se comporte comme une résistance de valeur assez petite.

Un tube du même type, mais fatigué, se comportera comme si la résistance était plus grande et le courant dans le circuit sera alors plus faible.



- Fig. 9 -

Connaissant la valeur du courant qui doit circuler dans le milliampèremètre pour chaque type de tube, on peut évaluer dans quelle condition se trouve un tube quelconque, par une lecture directe sur l'instrument.

On peut utiliser une autre méthode pour obtenir l'indication désirée.

En effet, si en parallèle avec l'instrument on met un shunt variable, avec échelle graduée, de façon à régler, (quelle que soit la valeur du courant dans le circuit), l'aiguille toujours au centre, on peut connaître l'état du tube en observant si l'aiguille de l'instrument dépasse la moitié de l'échelle ou si elle reste au-dessous.

La Fig. 9-, qui représente le schéma du circuit et le cadran de l'instrument, vous rend cette notion plus claire.

Un tableau indique, pour chaque tube, la position exacte du bouton de commande du shunt. En raccordant au circuit un tube de construction récente, l'aiguille de l'instrument se déplacera vers la zone marquée BON; en connectant au contraire un tube vieilli, l'aiguille ne réussira pas à dépasser la zone centrale et restera dans la zone marquée MAUVAIS.

Pour ne pas avoir à chercher dans les tableaux la valeur du courant ou la position du bouton, quelques maisons spécialisées sur ces appareils,

ont mis sur le marché des lampemètres à cartes perforées : à chaque tube correspond une carte.

En mettant le tube sur son support et la carte dans la fente correspondante, on peut immédiatement exécuter le contrôle sans recourir à d'autres recherches et sans possibilité d'erreur.

Dans les schémas dessinés aux Fig. 8- et 9-, la tension appliquée aux électrodes est continue.

Pour rendre plus simple le circuit, on peut appliquer une tension alternative ; pendant les alternances positives on aura passage de courant, et pas de courant pendant les alternances négatives ; le milliampèremètre indiquera le courant moyen.

Les appareils qui se basent sur les circuits décrits ci-dessus sont appelés des LAMPEMETRES.

Il en existe de nombreux modèles, différents en présentation et en emploi.

Beaucoup d'entre eux, pour compléter l'examen des tubes en émission, indiquent aussi le court-circuit entre filament et cathode, ou le court-circuit entre les différentes électrodes.

Quelquefois, on peut également avoir une indication approximative de la pente du tube en essai, ou, tout au moins, une indication de l'efficacité de la grille de contrôle.

Dans tous les types, enfin, sont prévus les supports de lampe, en quantité suffisante pour le contrôle des types les plus répandus ; des adaptateurs convenables permettent le branchement des types particuliers.

Au cours de vos leçons pratiques, vous effectuez le montage d'un lampemètre d'émission; je vous donnerai encore d'autres détails intéressants sur la construction et le fonctionnement de ces appareils de contrôle.

5- CONTROLE DES TUBES EN FONCTIONNEMENT

Il existe plusieurs appareils qui permettent de contrôler le fonctionnement des tubes dans leurs conditions normales de travail.

Ces instruments n'ont pas de très large diffusion parce que leur emploi ne comporte pas d'avantages évidents par rapport aux appareils classiques d'essais ou aux lampemètres.

Le principe de fonctionnement est le suivant : on enlève du récepteur le tube à examiner, et l'on enfile sur son support, une fiche multiple. Le tube sera, à son tour placé sur un support correspondant, faisant partie de l'appareil.

De cette façon, le tube continue à fonctionner, mais il est séparé du restant du circuit et est connecté à l'appareil de mesure.

Avec un commutateur, on procède au contrôle des tensions et des courants appliqués au tube lui-même.

Comme un tel travail peut être fait avec un multimètre de type habituel, en mesurant les tensions et courants sur le récepteur, il s'ensuit que les avantages sont assez limités, alors même que l'on a quelques ennuis par la longueur des connexions.

REPONSES AUX EXERCICES DE REVISION SUR LA 26ème LECON DE THEORIQUE

- 1- C'est le rapport entre la réactance inductive de la bobine et sa résistance totale à la fréquence de travail. Ce rapport indique la qualité de la bobine.
- 2- ϵ (epsilon) peut être presque égal à "Q", si les pertes du circuit oscillateur sont dues, pour la plupart à la bobine d'inductance.
- 3- D'adapter l'impédance entre deux circuits de façon à avoir le rendement maximum.
- 4- Pour pouvoir adapter la basse impédance du micro à l'impédance d'entrée élevée de l'amplificateur.
- 5- Quand toutes les résistances sont égales, ou égales deux à deux.
- 6- C'est un circuit particulier qui permet la mesure d'une capacité inconnue.
- 7- C'est le circuit qui permet la mesure des inductances (selfs).

EXERCICES DE REVISION SUR LA 27ème LECON DE THEORIQUE

- 1- Outre les caractéristiques de plaque et de grille, peut-on tracer d'autres courbes ? Lesquelles ?
- 2- Si l'on ne dispose pas d'appareils de mesure pour le relevé des coefficients caractéristiques, comment peut-on faire pour les connaître ?
- 3- Le pont dessiné à la Fig. 4-, est-il en équilibre pour le courant continu ?
- 4- Quelle est la différence entre un tube microphonique et un tube dit bruyant ?
- 5- Quelle est la valeur maximum du courant de grille, dû à l'audition, dans un tube en bon état.
- 6- Pourquoi met-on un shunt variable en parallèle sur l'instrument indicateur dans certains lampemètres ?
