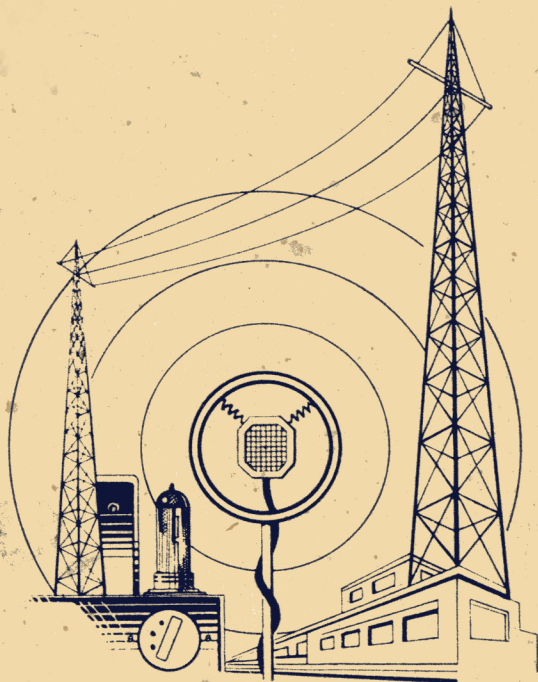


Ecole Professionnelle Supérieure

21, RUE DE CONSTANTINE

PARIS (7°)



**COURS
DE
RADIO-ELECTRICITÉ**

(PREMIER DEGRÉ)

LEÇONS 6 à 10

Handwritten text at the top of the page, possibly a title or header, which is mostly illegible due to fading.

Main body of handwritten text, consisting of several lines of cursive script. The text is very faint and difficult to decipher.

Handwritten text at the bottom of the page, possibly a signature or footer, which is also illegible.

École Professionnelle Supérieure

21, RUE DE CONSTANTINE

PARIS (7°)



10

COURS
DE
RADIO-ÉLECTRICITÉ

(PREMIER DEGRÉ)

Leçons Techniques

par E. KUCHARSKI

Ingénieur I.P. G.L. Ig.



LEÇONS 6 à 10

COURS

DE

RADIO-ÉLECTRICITÉ

PAR

M. L. BRUNEL

SIXIÈME LEÇON

FONCTIONNEMENT ET PROPRIÉTÉS DES LAMPES DE RADIO

Nous avons vu, dans la première leçon, que la matière était constituée d'atomes composés eux-mêmes d'un proton autour duquel gravitent des électrons à une vitesse vertigineuse.

En chauffant un conducteur, on augmente la vitesse des électrons d'une manière telle qu'ils peuvent s'échapper de ce corps et être projetés dans l'espace environnant. Il est indispensable, pour cela, que les électrons soient entièrement libres et ne rencontrent pas de molécules gazeuses.

Si donc, nous enfermons un fil métallique dans une ampoule de verre à l'intérieur de laquelle on aura fait le vide et que l'on porte ce fil métallique (filament) à l'incandescence, on conçoit qu'il se produira un dégagement d'électrons dans l'ampoule.

LA DIODE.

Si nous plaçons dans l'ampoule ci-dessus une plaque métallique que l'on relie extérieurement au pôle positif d'une source de tension dont le pôle négatif est relié au filament, cette plaque positive, par rapport au filament, attirera les électrons. Il y aura passage d'un courant; ce que l'on peut vérifier à l'aide d'un milliampèremètre, par exemple (fig. 1).

Plus la tension plaque sera grande, plus sa force d'attraction sera grande, plus le courant sera important. Ce courant augmentera jusqu'au moment où la plaque attirera tous

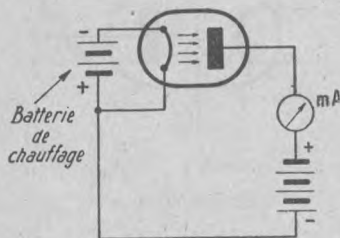


Fig. 1

les électrons émis par le filament, c'est ce qu'on appelle la saturation.

Si nous inversons les polarités de la source de tension, la plaque devient négative, par rapport au filament, elle n'attire plus d'électrons, il n'y a plus de passage de courant.

Si l'on applique une tension alternative à la plaque d'une telle lampe (fig. 2 a), on transformera le courant alternatif en courant pulsé. En

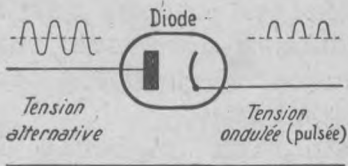


Fig. 2 a

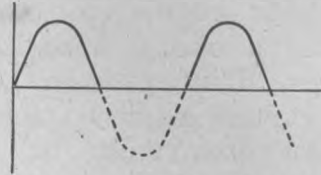


Fig. 2 b

effet, les alternances positives seules donneront naissance à un courant (fig. 2 b).

Nous verrons, par la suite, l'utilisation de cette propriété.

LA TRIODE.

Lee de Forest a songé à perfectionner la lampe diode que nous venons de décrire en lui adjoignant une troisième électrode : la grille. La figure 3 a nous montre, schématiquement, la disposition des éléments dans la lampe.

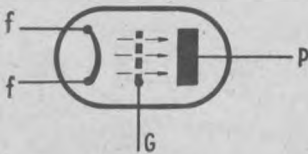


Fig. 3 a

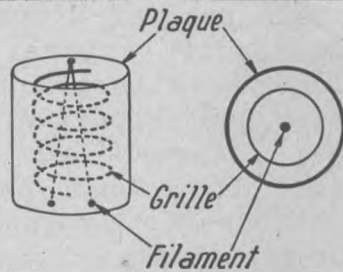


Fig. 3 b

Les deux croquis de la figure 3 b nous donnent une idée sur la disposition réelle du filament, de la grille et de la plaque dans une triode.

Supposons que la grille soit simplement reliée

au filament. Dans ce cas, elle ne produit aucune action puisque son potentiel est le même que celui du filament. Il naît, à l'intérieur de la lampe, un courant dû à la tension positive qui est appliquée à la plaque. Ce courant est appelé courant anodique.

Si l'on applique une tension positive sur la grille de la lampe, par exemple, à l'aide d'une pile dont le pôle positif serait relié à la grille et le pôle négatif au filament, le potentiel positif qui est appliqué sur la grille aura pour effet d'attirer une quantité plus grande d'électrons qui, animés d'une grande vitesse, ne s'arrêteront pas sur la grille, mais la traverseront pour grossir le flux électronique atteignant la plaque. Dans ce cas donc, le courant plaque augmente. Cependant, la grille étant positive absorbera une certaine quantité d'électrons, il y aura naissance d'un courant grille également.

Si, au contraire, en inversant les connexions de la pile en question nous appliquons sur la grille de la lampe un potentiel négatif, celui-ci va refouler une certaine quantité d'électrons qui, sans cela, atteindraient la plaque; dans ce cas, le courant anodique diminue.

Plus la tension appliquée sur la grille est élevée, plus son action sera grande, dans un sens ou dans l'autre, et, en conséquence, on voit que la tension grille agit comme une soupape qui augmente ou diminue l'intensité du courant anodique.

En principe, en fonctionnement normal, une grille ne doit jamais être positive.

CHAUFFAGE DIRECT ET CHAUFFAGE INDIRECT.

Jusqu'à présent, nous n'avons envisagé que le cas de lampes dont le filament émettait directement les électrons nécessaires à leur fonctionnement. Ce type de lampes est encore couramment utilisé dans les appareils portatifs alimentés par piles (lampes miniatures). On les nomme lampes à chauffage direct. Les premières lampes comportaient un filament de tungstène qui émettait directement les électrons; ce filament ressemblait fort à celui des lampes d'éclairage et produisait d'ail-

leurs une lumière assez visible. Ces lampes consommait, en général, 0,5 à 0,7 A. Actuellement, on préfère, pour les types à chauffage direct, un filament métallique sur lequel on a déposé, par voie chimique, des oxydes de métaux alcalins divers, qui permettent d'obtenir un rendement électronique beaucoup plus élevé et une consommation faible (0,05 A soit 50 mA).

Afin de pouvoir alimenter les lampes directement par les réseaux d'éclairage, on utilise l'artifice suivant : le filament est entouré d'un manchon isolant et réfractaire (kaolin) qui présente une assez grande inertie calorifique. La cathode proprement dite entoure ce manchon. Elle est constituée par un cylindre métallique recouvert d'oxydes de métaux alcalinoterreux à grand pouvoir émissif (fig. 4).

De cette façon, il est possible d'appliquer directement sur le filament des lampes le courant alternatif ou continu du secteur, sans que les variations auxquelles sont soumis ces courants apparaissent dans le fonctionnement des lampes radio.

On conçoit tout l'intérêt que peuvent présenter ces lampes.

Il est à remarquer que l'emploi de ces lampes offre l'avantage d'un potentiel identique pour tous les points de la cathode, ce qui n'était pas le cas pour le filament des lampes à chauffage direct et, en conséquence, le retour de la grille se fait vis-à-vis de la cathode, à un potentiel absolument constant pour toutes les parties de celle-ci. Le filament ne joue donc plus qu'un rôle effacé, celui de chauffer la cathode, mais il ne sert plus au retour du courant anodique.

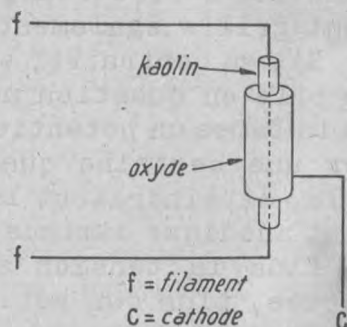


Fig. 4

CARACTERISTIQUES DE LA LAMPE TRIODE.

Pour pouvoir expliquer la fonction amplificatrice de la triode, qui est sa fonction essentielle,

pour pouvoir comprendre son utilisation en détecteur et délimiter, dans chaque cas particulier, les conditions d'emploi qui détermineront le type de lampe le mieux adapté, il est indispensable d'étudier son régime de fonctionnement. On relève pour cela les caractéristiques de la lampe. On appelle ainsi les graphiques qui traduisent les variations du courant anodique lorsqu'on fait varier, soit la tension de plaque, soit la tension de grille.

Les principales caractéristiques sont celles qui représentent les variations du courant plaque en fonction de la tension grille ou celles du courant plaque en fonction de la tension plaque.

L'effet de soupape mentionné plus haut est facile à saisir. Les électrons émis par la cathode et attirés par la plaque rencontrent la grille sur leur passage. Si cette grille est portée à un certain potentiel positif (inférieur cependant au potentiel de la plaque), les électrons subiront de la part de la grille une accélération qui se traduira par une augmentation du courant anodique. Pour des tensions de grille relativement élevées, on constaterait que le courant anodique n'augmente plus : il y a saturation. Mais ce régime ne doit jamais être atteint, car les tensions de grille positives élevées provoqueraient la destruction irrémédiable de la lampe.

Un phénomène analogue se produit lorsque la tension grille reste négative et fixe et que l'on augmente de plus en plus la tension plaque. Dans certaines conditions on observe alors que le courant plaque n'augmente plus, ou très peu, à partir d'une certaine valeur de la tension plaque.

Si la grille est portée à un potentiel négatif, elle aura sur les électrons un effet retardateur. Le courant anodique diminuera d'intensité et il arrivera un moment où, pour une certaine tension négative, la grille repoussera tous les électrons émis par la cathode : le courant anodique sera nul. Cette tension négative extrême, pour laquelle le courant anodique devient nul, s'appelle tension de blocage ou tension de cut-off.

De même, la grille étant portée à un potentiel négatif fixe, le courant anodique est commandé par la tension d'anode et si cette dernière diminue

suffisamment, il arrivera un moment où le courant anodique s'annulera.

De même qu'on traduit par un graphique les variations de température, de la pression atmosphérique en fonction du temps, de même, nous pouvons représenter par une courbe les variations du courant anodique de la triode en fonction de la tension grille.

Soit donc une triode alimentée comme le représente la figure 5. La plaque est portée à une tension de 200 volts par rapport à la cathode. Une batterie de polarisation (Pol.) permet de porter la grille à des tensions négatives différentes par rapport à la cathode.

Donnons d'abord à la grille une tension égale à celle de la cathode (réunissons-la au point A). Un milliampèremètre inséré dans le circuit de plaque nous indique un courant de 15,6 milliampères, par exemple.

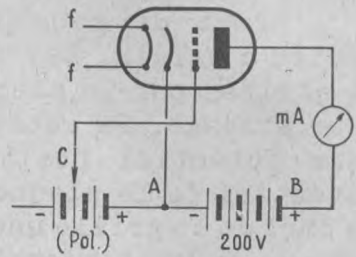


Fig. 5

Dessignons maintenant deux axes perpendiculaires (fig. 6 a). Graduons l'axe horizontal en volts (les volts grille) et l'axe vertical en milliampères (courant plaque). Notons en P_1 l'intensité de 15,6 mA correspondant à une tension grille zéro volt.

Déplaçant la prise de grille sur la batterie de

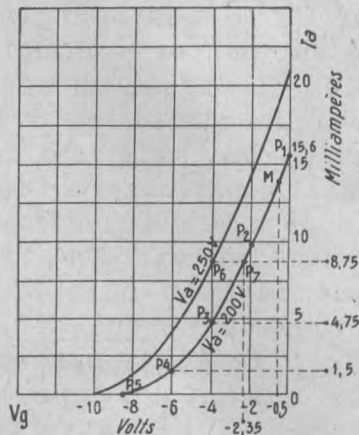


Fig. 6 a

polarisation, donnons à la grille une tension -2 volts. Le milliampèremètre indique un courant de 10 milliampères. Notons le point P_2 sur le graphique.

Pour -4 volts grille, le courant est de 3,75 milliampères, point P_3 . Pour -6 volts, 1,5 milliampère, point P_4 . Le courant s'annule complètement pour -8,5 volts, point P_5 .

Joignons les points P_1 P_2 P_3 P_4 P_5 par un trait continu. Nous traçons ainsi la caractéristique I_a/V_g (c'est-à-dire, intensité anodique en fonction des volts grille) de la lampe. Cette caractéristique est rectiligne dans sa plus grande partie, pour les tensions grille comprises entre 0 et -4 volts.

Entre -4 et -8,5 volts, elle s'incurve pour rejoindre l'axe horizontal en P_5 .

Nous pouvons également tracer la caractéristique I_a/V_a (c'est-à-dire, intensité anodique en fonction des volts plaque). Pour cela, traçons, encore une fois, deux axes perpendiculaires (fig. 6 b), mais en graduant l'axe horizontal en volts plaque, l'axe vertical étant toujours gradué en milliampères.

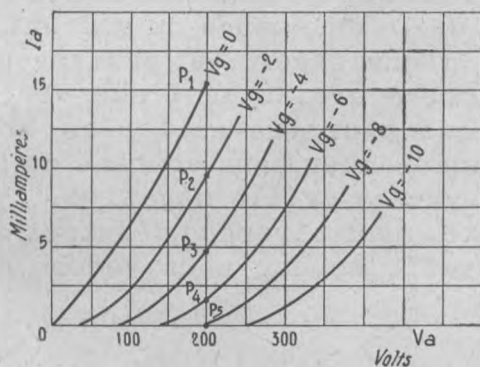


Fig. 6 b

Chaque courbe correspond à une certaine valeur de la tension grille, de sorte que les points P_1 , P_2 , P_3 , P_4 et P_5 , que nous avons marqués sur la courbe de la figure 6 a, se situent maintenant sur une ligne verticale passant par $V_a = 200$ V, à l'intersection de cette ligne avec les différentes courbes de tension grille. On voit immédiatement que ces

points correspondent aux mêmes intensités du courant plaque dans les deux figures.

Entre les tensions grille 0 et -7 , les variations de courant anodique sont proportionnelles aux variations de tension grille. La lampe travaille sur la partie rectiligne P_3P_1 de sa caractéristique. Entre les tensions grille -4 et $-8,5$, elle travaille dans le coude P_3P_2 de sa caractéristique. Les variations de courant plaque ne sont plus proportionnelles aux variations de tension grille.

Nous entrevoyons déjà que pour avoir un fonctionnement fidèle en amplificatrice, la lampe devra travailler uniquement sur la partie rectiligne de sa caractéristique. En réalité, la zone utile de celle-ci sera un peu plus réduite que P_3P_1 pour la raison suivante : dès que la grille atteint une tension de $-0,5$ V environ, elle commence à capter des électrons; autrement dit, un courant de grille prend naissance. Or, la lampe doit travailler sans courant de grille (du moins, dans l'amplification en classe A qui, seule, sera traitée dans ce cours). Aussi, la partie utile de la caractéristique est-elle seulement la partie P_3M correspondant aux tensions de grille comprises entre $-0,5$ et -4 volts.

Par suite de la naissance du courant grille, il est inutile d'envisager le prolongement de la caractéristique à droite de l'axe vertical.

Retenons que pour travailler en classe A, la lampe doit fonctionner sans courant de grille, par conséquent, avec sa grille négative.

Par la suite, nous tirerons d'autres conclusions des caractéristiques que nous venons d'apprendre à relever.

LES CONSTANTES DES LAMPES RADIO.

Définissons maintenant les trois constantes de la lampe radio. Leur connaissance est indispensable pour permettre le choix judicieux du type de lampe le mieux adapté à la fonction à laquelle on la destine. Ces constantes sont : 1° la résistance interne; 2° la pente; 3° le coefficient d'amplification.

1° Résistance interne. - Dans un circuit électrique quelconque, l'intensité est fonction de la

tension appliquée. Il y a un rapport constant entre la tension et l'intensité, et c'est ce rapport qui mesure la résistance du circuit (c'est la loi d'Ohm).

Une variation de la tension provoquera dans le circuit une variation d'intensité, et le rapport de la première à la seconde mesurera encore la résistance du circuit.

Bien que la lampe de radio ne se comporte pas comme un conducteur résistant, on constate qu'à chaque valeur de la tension plaque correspond une certaine valeur de l'intensité. On peut donc étendre à la lampe radio la notion de résistance.

Supposons, par exemple, qu'une triode débite 4,75 mA lorsque son anode est portée à 200 volts (fig. 6 a) et que son débit devienne 8,75 mA lorsque la tension anodique est de 250 volts, la grille étant, dans les deux cas, polarisée à -4 volts. Par conséquent, une augmentation de 50 volts de la tension anodique a provoqué une augmentation de débit de $8,75 - 4,75 = 4$ mA. La résistance interne de cette triode est donc

$$\frac{50}{0,004} = 12.500 \text{ ohms.}$$

Il faut bien se rappeler que cette résistance n'existe que si la lampe fonctionne.

Parmi les nombreux types de lampes existant, certains ont une résistance interne de 5 ou 6.000 ohms seulement. D'autres, au contraire, ont une résistance très élevée, de l'ordre du mégohm.

D'une façon générale, les triodes ont une résistance interne relativement faible, située le plus souvent entre 10.000 et 50.000 ohms, avec un maximum de l'ordre de 100.000 ohms. Par contre, les lampes multigrilles, tétrodes, pentodes ou hexodes, que nous verrons plus loin, possèdent toujours une résistance interne très élevée, entre 500.000 ohms et 2 M Ω .

Il est très facile, lorsque l'on dispose de caractéristiques V_g/I_a d'une lampe (fig. 6 a), de déterminer graphiquement sa résistance interne.

2° Coefficient d'amplification. - Nous venons de voir qu'une variation de 50 volts de tension

plaque avait provoqué une variation de 4 milliam-pères d'intensité anodique. Pendant cette expé-rience, la grille était restée au même potentiel.

Mais cette variation de courant de 4 mA, nous aurions pu l'obtenir en laissant la plaque au poten-tiel initial de 200 volts, et en portant la grille à un potentiel plus positif (ou, si l'on préfère, moins négatif). Supposons donc que l'augmentation de 4 mA soit obtenue en augmentant la tension grille de 1,65 V.

Autrement dit, une variation de 1,65 volt sur la grille a produit le même effet qu'une variation de 50 volts sur la plaque. Par définition, le coeffi-cient d'amplification de la lampe est le rapport :

$$\frac{50}{1,65} = 30.$$

Les nombreux types de lampes existant ont des coefficients d'amplification qui varient entre 10 et 500 environ.

Le coefficient d'amplification des triodes se situe le plus souvent entre 10 et 70, tandis que les tétrodes, pentodes et hexodes possèdent un coef-ficient d'amplification pouvant atteindre et même dépasser 1.000.

Comme dans le cas de la résistance interne, on voit, d'après les courbes de la figure 6 a, qu'il est très facile de déterminer graphiquement le coefficient d'amplification d'une lampe.

3° Pente. - Reprenons encore la même lampe, celle, du reste, qui nous a servi à tracer la caracté-ristique I_a/V_g à tension anodique constante (fig. 6 a). Nous avons dit qu'une variation de -4 volts à -2,35 volts (soit 1,65 volts de différence) avait produit une augmentation d'intensité ano-dique de 4,75 à 8,75 milliam-pères (soit 4 mA de différence). Par définition, la pente de la lampe considérée est :

$$\frac{0,004}{1,65} = 0,0024 \text{ ampère par volt, ou } 2,4 \text{ milliam-pères par volt.}$$

Parmi tous les types de lampes, on rencontre des pentes comprises entre 1 mA/V et 15 mA/V environ.

RELATION FONDAMENTALE ENTRE LES CONSTANTES

DE LA LAMPE.

Rappelons, en les groupant, les relations de définition des trois constantes de la lampe :

$$\text{Résistance interne} : \frac{50 \text{ V}}{0,004 \text{ A}} = 12.500 \text{ ohms.}$$

$$\text{Coefficient d'amplification} : \frac{50 \text{ V}}{1,65 \text{ V}} = 30.$$

$$\text{Pente} : \frac{0,004 \text{ A}}{1,65 \text{ V}} = 0,0024 \text{ A/V} = 2,4 \text{ mA/V.}$$

Multiplions la résistance interne par la pente :
 $12.500 \times 0,0024 = 30.$

Nous obtenons comme résultat le coefficient d'amplification. La relation est tout à fait générale et il est bon de la retenir, ainsi que les symboles consacrés, afin de ne pas se trouver embarrassé lorsqu'on les rencontrera.

Le coefficient d'amplification est désigné par la lettre K, la pente par la lettre S, la résistance interne par la lettre grecque ρ (prononcez : rô). La relation fondamentale entre ces trois constantes est donc :

$$K = S \times \rho$$

La formule peut se mettre aussi sous les formes :

$$S = \frac{K}{\rho} \quad \text{et} \quad \rho = \frac{K}{S}$$

Elle permet de calculer l'une des constantes connaissant les deux autres.

Il faut noter que dans beaucoup d'ouvrages consacrés à la radio-électricité, le coefficient d'amplification est désigné par la lettre grecque μ (prononcez : mu).

Par ailleurs, lorsque l'on doit se servir des trois relations ci-dessus, entre K, S et ρ , il faut faire attention pour exprimer les différentes grandeurs en unités convenables : la pente en ampère par volt et la résistance en ohms.

COMMENT LA LAMPE EST-ELLE AMPLIFICATRICE ?

L'étude des constantes de la lampe nous a fait entrevoir déjà le mécanisme de l'amplification. Il faut bien comprendre ici que l'amplification d'une tension donnée ne consiste pas à rendre cette tension plus grande, comme le ferait un transformateur, par exemple. La lampe agit en relais. Expliquons-nous : un effort modéré, celui qui est nécessaire pour agir sur une manette est suffisant pour libérer une énergie qui mettra en marche une locomotive. Ce n'est pas l'énergie musculaire du mécanicien qui tire le train, mais une énergie entièrement différente, considérablement plus importante. La lampe se comporte d'une façon analogue : la grille reçoit une énergie très petite, mais elle détermine, dans le circuit plaque la mise en jeu d'une énergie extérieure (source de courant) qui est beaucoup plus élevée.

C'est là exactement le fonctionnement de la lampe en amplificatrice de puissance. Le cas se présente au dernier étage de tout amplificateur B.F. (et, par conséquent, de tout récepteur de T.S.F. puisque chacun comporte un amplificateur B.F.), car il s'agit de mettre en jeu une certaine puissance nécessaire au fonctionnement du haut-parleur. La lampe de puissance fournit un courant I important sous une tension anodique E élevée. Il en résulte une puissance EI disponible.

En dehors de sa fonction amplificatrice de puissance, on demande à la lampe d'être amplificatrice de tension. On cherche alors à obtenir, à la sortie de la lampe, une amplitude aussi élevée que possible de la tension amplifiée, la considération d'intensité étant ici secondaire.

Voyons d'un peu plus près le fonctionnement de la lampe en amplificatrice.

On donne à la grille une certaine tension négative qu'on appelle sa polarisation. Les considérations qui entrent en ligne de compte pour fixer cette polarisation sont les suivantes : la lampe ne doit pas travailler dans le coude de sa caractéristique, sinon l'amplification ne serait pas linéaire; elle serait entachée de distorsion.

L'autre part, la tension grille ne doit jamais

atteindre la valeur qui fait apparaître un courant de grille. Dans les conditions habituelles d'emploi (en classe A, avec résistance de valeurs élevées dans le circuit de grille), il y aurait aussi distorsion.

Si a est la tension de grille qui fait naître le courant de grille; si b est la tension de grille limite qui nous fait éviter le coude de la caractéristique (fig. 7), la polarisation p correcte sera la tension exactement milieu entre a et b . Au repos, nous sommes en P sur la caractéristique; le courant permanent de la lampe a pour valeur I_p .

Appliquons maintenant sur la grille les tensions à amplifier; ce sont des tensions alternatives d'amplitude variable. Il en résulte que le potentiel p de la grille sera porté à des valeurs c et d (pour de petites amplitudes) et à des valeurs a et b (pour les plus fortes amplitudes). Ces variations de la tension de grille provoquent des variations d'amplitude du courant de plaque ($I_c, I_d; I_a, I_b$) auxquelles il est facile de faire correspondre des variations de tension. Il suffira pour cela d'insérer dans le circuit de plaque une résistance aux bornes de laquelle on disposera de tensions notablement plus élevées que les tensions appliquées sur la grille.

On peut facilement calculer l'amplitude maximum des tensions à appliquer sur la grille, tensions que nous avons déterminées graphiquement plus haut (fig. 7).

Par exemple, si nous reprenons la lampe qui nous a servi de modèle pour les courbes des figures 6 a et 6 b, l'amplitude maximum des tensions à appliquer sur la grille sera obtenu en divisant la tension d'anode par le coefficient d'amplification

$$\frac{200}{\quad} = 6,7 \text{ volts.}$$

30

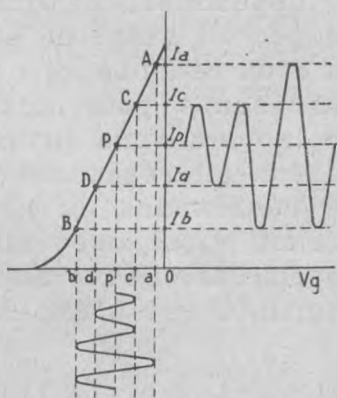


Fig. 7

C'est ce qu'on appelle le recul de grille.

Un recul de grille de 6,7 volts correspond évidemment à des amplitudes de 3,35 volts de part et d'autre de la tension de polarisation. On se tiendra légèrement au-dessous de cette amplitude maximum, pour les raisons que nous avons exposées.

Nous nous trouvons ici devant une amplification de tension, ce qui est le cas le plus courant des lampes montées en amplificatrices.

Cependant, ce que l'on demande à la dernière lampe, la lampe de sortie d'un amplificateur B.F. ou d'un récepteur, c'est de produire une puissance suffisante pour actionner la membrane d'un HP. Or, nous savons qu'une puissance est égale au produit d'une résistance par le carré d'une intensité. La résistance du HP étant fixe, pour avoir une grande puissance, il faudra donc avoir une grande intensité. Cette amplification qui porte sur les courants est l'amplification de puissance.

LE MONTAGE DE LA LAMPE EN AMPLIFICATRICE.

L'étude qui précède nous conduit directement au montage de la triode en amplificatrice.

Nous supposons avoir affaire à une lampe à chauffage indirect, cas le plus fréquent.

Nous ne dessinons pas le filament qui n'est pas une électrode active et nous ne le dessinerons, à l'avenir, que si nous avons à nous en occuper spécialement.

Entre la plaque et le + de la source de tension anodique (sur laquelle nous ne faisons encore aucune hypothèse : batterie de piles, redresseur de courant alternatif, peu nous importe), nous insérons une résistance R_a (fig. 8). La cathode sera reliée directement au - de la même source. Nous fermons ainsi le circuit anodique, et le courant circule comme l'indiquent les flèches : il va du + de la source (le point B) à la plaque P par la résistance R_a , puis de la plaque à la cathode K, à l'intérieur de la lampe

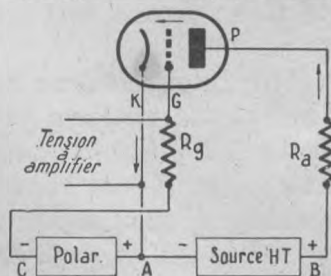


Fig. 8

(c'est, rappelons-le une deuxième fois, le sens conventionnel du courant); de là au — de la source (le point A), et à l'intérieur de celle-ci, grâce à sa force électromotrice, au +, et ainsi de suite.

La grille sera reliée à un point C, négatif par rapport à A, par l'intermédiaire d'une résistance R_g , afin d'être polarisée, comme nous l'avons expliqué plus haut (voir fig. 7). C'est entre les points G et K que sont appliquées les tensions à amplifier. Nous verrons, par la suite, que l'organe de couplage, au lieu d'être une résistance R_g , peut être aussi une inductance, par exemple, le secondaire d'un transformateur.

Nous savons que les variations de la tension de grille, de part et d'autre de la tension de repos (polarisation), déterminent des variations de courant anodique. Ce dernier traversant une résistance R_a , ses variations entraînent celles de la tension en P par rapport à celle de B. Au repos, en l'absence de signal sur la grille, la tension au point P sera fixe et sa valeur sera déterminée par l'intensité qui traverse R_a . Si I est l'intensité anodique au repos et V la tension en B, la tension en P sera :

$$V - (R_a \times I)$$

Exemple : La résistance R_a a une valeur de 50.000 ohms; l'intensité anodique est de 2 milliam-pères. La tension de la source étant 250 volts, quelle sera la tension à la plaque ?

Réponse : $250 - (50.000 \times 0,002) = 150$ volts.

Quand on appliquera une tension variable à la grille, il y aura une variation de tension plaque, ce qui aura pour effet de produire des variations de potentiel en P, variations identiques à celles qui seront appliquées à la grille, mais de plus grande amplitude.

Ce sont ces variations de potentiel qui seront transmises à l'étage suivant.

De même que la résistance R_g peut être remplacée par une inductance, de même — nous le verrons — R_a peut être aussi une inductance (primaire d'un transformateur, par exemple).

LA POLARISATION AUTOMATIQUE DE LA GRILLE.

Le procédé de polarisation que nous avons employé dans l'étude qui précède ne serait pas pratique dans un récepteur moderne. Nous nous en sommes servi pour les besoins de notre exposé. En pratique, on emploie un procédé de polarisation fort commode et que nous allons décrire; il permet de donner à chaque lampe la polarisation particulière dont elle a besoin, de faire varier cette polarisation si nous le désirons, et cela d'une façon très simple, et, enfin, d'obtenir une sorte de régulation automatique de la polarisation.

Le problème de la polarisation consiste à rendre la grille négative par rapport à la cathode. Mais remarquons que nous obtiendrons le même résultat si nous rendons la cathode positive par rapport à la grille. Le courant anodique nous permet facilement d'obtenir ce résultat. Il suffit, en effet, d'insérer une résistance R_c entre la cathode et le pôle négatif A de la source HT, la grille étant, par l'intermédiaire d'une résistance R_g , reliée au même pôle (fig. 9).

Mais alors qu'aucun courant ne traverse la résistance R_g , la résistance R_c , au contraire, est traversée par l'intensité cathodique I . L'extrémité C de la résistance, c'est-à-dire, la cathode, est donc positive par rapport à l'extrémité A, qui est elle-même au même potentiel que le point G, la grille.

On peut relier soit le point C, soit le point A au retour commun de tous les circuits anodiques du récepteur. Ce retour commun est, en général, lui-même relié à la masse du châssis métallique. Souvent, il est constitué par le châssis lui-même. C'est la raison pour laquelle on confond presque toujours dans la terminologie la "masse" avec le "moins haute tension".

Si donc C est relié à la masse, retour commun de tous les circuits, la résistance R_c sera tra-

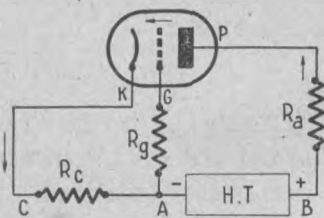


Fig. 9

versée par le courant cathodique total de tout le récepteur. Dans le calcul de R_c il faudra, par conséquent, faire intervenir ce courant total.

Si c'est A qui est à la masse, C n'appartient plus qu'au seul circuit cathodique de la lampe à polariser. C'est le seul courant cathodique de cette lampe (qui est la somme du courant plaque et, s'il y a lieu, du courant écran) qui traverse R_c .

Nous verrons, plus loin, que la résistance R_c doit être shuntée par un condensateur dont nous expliquerons le rôle.

On trouve, dans certains récepteurs anciens, des lampes finales à chauffage direct, polarisées suivant le procédé analogue à celui que nous venons de voir.

Le principe de polarisation de ces lampes est le même, mais ici, c'est le filament lui-même qui est aussi cathode. Le secondaire S du transformateur d'alimentation qui fournit la tension de chauffage du filament comporte une prise médiane (fig. 10).

C'est entre cette prise médiane et le moins haute tension que nous insérons la résistance R_c . Comme précédemment, c'est le point C ou le point A que l'on peut relier à la masse.

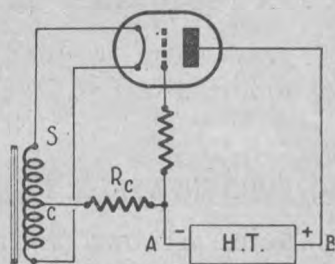


Fig. 10

Dans ce genre de montage, c'est toujours le point A qui est réuni à la masse du châssis.

Le système de polarisation que nous venons de décrire s'appelle automatique, car la tension de polarisation s'ajuste automatiquement, dans certaines limites, à la valeur voulue.

En effet, si, pour une raison quelconque, le courant anodique de la lampe augmente, la chute de tension le long de la résistance R_c augmente aussi et, par conséquent, la polarisation. Or, la polarisation augmentant, le courant anodique diminue et, finalement, nous arrivons à un état d'équilibre très voisin des conditions normales de fonctionnement.

CALCUL DE LA RÉSISTANCE DE POLARISATION.

C'est un calcul extrêmement simple, une application de la loi d'Ohm.

1° Soit à polariser à -15 volts la grille d'une lampe conformément au montage de la figure 9, la masse étant en C, le courant cathodique total du récepteur étant de 60 milliampères.

La valeur de R_c sera :

$$\frac{15}{0,060} = 250 \text{ ohms.}$$

2° Soit à polariser à -3 volts la grille d'une penthode conformément au montage de la figure 9, la masse étant en A. Courant plaque de la lampe : 5 milliampères : courant écran 1,5 milliampère.

Le courant cathodique de la lampe est :

$$5 + 1,5 = 6,5 \text{ mA.}$$

La résistance R_c aura pour valeur :

$$\frac{3}{0,0065} = 460 \text{ ohms.}$$

LE CONDENSATEUR DE CATHODE.

Nous allons maintenant expliquer le rôle du condensateur dont nous avons parlé plus haut et que l'on met en parallèle avec la résistance de cathode R_c (fig. 11).

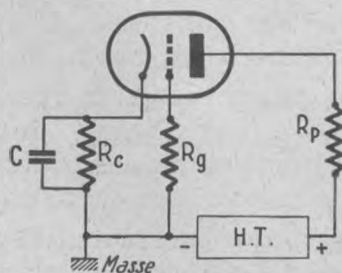


Fig. 11

Le fonctionnement correct de la lampe en amplificatrice exige que la polarisation de la grille soit fixe, quelles que soient les variations qui peuvent survenir dans l'intensité cathodique. Or,

celle-ci est en perpétuelle variation, dès que la lampe n'est plus au repos et que des tensions variables sont appliquées sur sa grille.

Mettons en parallèle avec R_c un condensateur C dont la réactance aux fréquences de travail soit faible vis-à-vis de la valeur de R_c . Le condensateur offrira, dès lors, à la composante alternative du courant anodique un chemin plus facile que R_c . Cette résistance ne sera plus traversée que par la composante continue. Le potentiel de cathode sera stabilisé.

Dans l'amplification M.F. et H.F. la valeur du condensateur C est généralement comprise entre $0,05 \mu F$ et $0,1 \mu F$. Pour une lampe détectrice plaque ou amplificatrice B.F., il faudra, suivant la valeur de R_c , des condensateurs de 2 à $50 \mu F$.

En un mot, il faut que la capacitance du condensateur qui shunte la résistance de polarisation, à la plus basse fréquence amplifiée (150 kc/s environ pour les amplificateurs H.F., 455 kc/s pour les amplificateurs M.F. et 25 périodes pour les amplificateurs B.F.), soit de 10 à 20 fois inférieure à la résistance de polarisation.

Par exemple, si la résistance de polarisation est de 500 ohms, il nous faudra, pour la shunter, un condensateur :

- Supérieur ou égal à $0,05 \mu F$ (capacitance = 24 ohms à 150 kc/s) pour les amplificateurs H.F.

- Supérieur à $50 \mu F$ (capacitance = 128 ohms à 25 p/s) pour les amplificateurs B.F. Pratiquement, pour ces amplificateurs on se contente de valeurs moindres.

POLARISATION PAR COURANT INVERSE DE GRILLE

On rencontre assez souvent dans les récepteurs modernes, surtout du type économique, un système de polarisation qui consiste à intercaler une résistance de valeur très élevée (5 à $20 M\Omega$) entre la grille et la masse, la cathode étant alors réunie directement à la masse (fig. 11 a).

Dans ces conditions, il se produit un courant grille, dans un sens tel que la grille devient légèrement négative par rapport à la masse, de -1

à $-1,5$ volt, tension de polarisation normale pour la plupart des lampes préamplificatrices B.F.

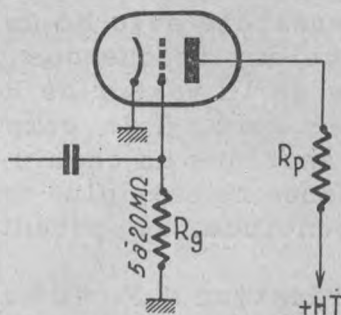


Fig. 11 a

CARACTÉRISTIQUES DYNAMIQUES.

Les caractéristiques des lampes telles que nous les avons relevées dans l'étude qui précède sont des caractéristiques statiques. Elles nous renseignent sur les possibilités des lampes et les conditions dans lesquelles nous devons les employer.

Lorsque la lampe fonctionne effectivement sur un appareil de T.S.F. ou un amplificateur B.F., des modifications interviennent par suite de la présence de résistance dans le circuit d'anode.

Nous avons dit, par exemple, que pour une tension anodique de 200 volts (avec le type de triode envisagé) une variation de tension de $1,65$ volt sur la grille déterminerait une variation de courant anodique de 4 milliampères, et nous en avons déduit une certaine valeur de la pente : $2,4$ mA/V.

Si nous insérons une résistance telle que R_p (fig. 11) dans le circuit de plaque, cette résistance sera traversée par le courant anodique de la lampe et il s'y produira une chute de tension, de sorte que la plaque ne sera plus au potentiel de la source de haute tension, mais à un potentiel moindre.

Il en résulte que la même variation de la tension de grille ($1,65$ volt) ne produirait plus une variation du courant anodique de 4 mA, mais une variation moindre. Par conséquent, la pente en fonctionne-

ment, appelée pente dynamique, sera inférieure à la pente statique.

En raisonnant sur les courbes, nous comprenons bien mieux cette notion de pente dynamique. Reprenons notre réseau de courbes V_p/I_p de la figure 6 b (fig. 11 b) et voyons ce qui se passe

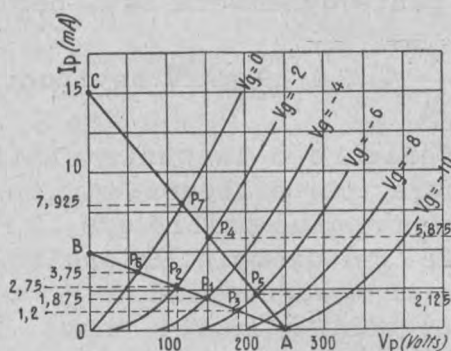


Fig. 11 b

lorsque nous insérons dans le circuit anodique de la lampe une résistance de 50.000 ohms, la tension de la source haute tension étant de 250 volts.

Si l'intensité anodique est nulle, aucune chute de tension ne se produit le long de la résistance R_p et la tension V_p est de 250 volts. Nous marquons ce point (A) sur l'axe horizontal de la figure 11 b.

Par contre, la tension plaque devient nulle (théoriquement, bien entendu) si la chute de tension dans R_p est égale à la tension de la source (250 V). Cela se produit, pour $R_p = 50.000$ ohms, lorsque le courant anodique est de 5 mA (0,005 A). Nous marquons B, sur l'axe vertical, le point correspondant à $I_a = 5$ mA.

La droite AB, appelée droite de charge, correspond donc à $R_p = 50.000$ ohms et définit le comportement de la lampe (sa tension plaque et son intensité anodique) pour toute valeur de tension, alternative ou continue, appliquée à la grille.

Nous voyons, par exemple, que si la grille est polarisée, dans ces conditions, à -4 volts (point P_1), le courant anodique est de 1,875 mA et la tension plaque de 150 volts.

Si nous appliquons à la grille une tension alternative d'amplitude égale à 2 volts, la tension de grille va osciller autour de la tension moyenne de

—4 volts, entre —2 et —6 volts, entre les points P₂ et P₃. A ces variations vont correspondre des variations d'intensité anodique, entre 1,2 et 2,75 mA.

Il est donc clair qu'une variation de 4 volts sur la grille amène une variation de 1,55 mA d'intensité anodique. La pente dynamique est, par conséquent,

$$\frac{1,55}{4} = 0,39 \text{ mA/V environ,}$$

nettement inférieure à la pente statique.

On remarquera, par ailleurs, que la pente dynamique est d'autant plus faible que la résistance R_p est plus élevée. Par exemple, la droite de charge AC de la figure 11b correspond à R_p = 17.000 ohms environ (exactement à 16.700 ohms). Nous voyons que la même variation de la tension grille (4 volts) provoque maintenant une variation de

$$5,875 - 2,125 = 3,75 \text{ mA (points P}_4 \text{ et P}_5 \text{).}$$

La pente dynamique est donc :

$$\frac{3,75}{4} = 0,92 \text{ mA/V environ.}$$

On peut facilement transformer les droites de charge de la figure 11b en courbes dynamiques V_g/I_p. Soit, par exemple (fig. 11c), la courbe

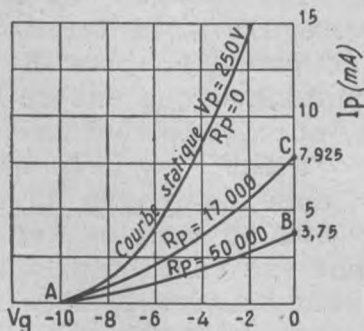


Fig. 11 c

V_g/I_p statique, correspondant à V_p = 250 volts. Toutes les courbes V_g/I_p dynamiques, pour cette valeur de V_p, auront comme point de départ le point de "cutt-off" (A) de la courbe statique. Quant à l'axe vertical, les courbes dynamiques le coupe-

ront en des points tels que B et C, correspondant, respectivement, aux points P_0 et P_1 de la figure 11 b, ce qui est compréhensible puisque dans les deux cas ces points correspondent à la polarisation nulle.

La représentation de la figure 11 c met particulièrement bien en évidence la diminution de la pente lorsqu'une résistance R_p se trouve insérée dans le circuit anodique.

Or, pour obtenir le maximum des variations de tension dans le circuit plaque, nous avons intérêt à placer dans ce circuit une résistance R_p de valeur aussi élevée que possible. Mais alors, la chute de tension due au courant permanent sera importante et il ne restera que peu de volts sur la plaque. On conçoit qu'il est nécessaire de s'en tenir à un compromis qui dépend des caractéristiques de la lampe utilisée et du circuit dans lequel elle est appelée à fonctionner.

Contrairement à ce que l'on pourrait penser, le coefficient d'amplification dynamique reste sensiblement égal à sa valeur statique, car la résistance interne "dynamique" augmente très sensiblement, de sorte que le coefficient d'amplification qui est le produit de la pente (qui diminue) par la résistance interne (qui augmente) reste pratiquement constant, sauf lorsque la valeur de la résistance R_p devient très élevée (courant anodique très faible).

LA LAMPE A ECRAN OU TETRODE.

La lampe triode se prête merveilleusement à l'amplification de tensions à basse fréquence, mais très mal à l'amplification de la haute fréquence. En voici la raison. Un condensateur est formé de deux armatures en regard l'une de l'autre et séparées par un diélectrique. Dans une triode, la grille et la plaque constituent, par conséquent, les armatures d'un condensateur. Condensateur de faible capacité, sans doute, mais suffisant toutefois pour qu'aux fréquences élevées sa réactance soit faible et qu'il constitue alors un couplage direct entre la grille et la plaque. Ce couplage a pour effet de réduire, dans des proportions quelquefois

énormes, l'amplification; en outre, il provoque l'entrée en oscillation de la lampe, lorsque l'on monte plusieurs étages d'amplification "en cascade".

Cependant, on fabrique actuellement des triodes spéciales pour l'amplification des hautes et même des très hautes fréquences. Ces lampes sont caractérisées par des capacités internes très faibles et sont généralement du type miniature.

Pour supprimer l'effet de ce condensateur grille-plaque on eut l'idée de supprimer le condensateur lui-même en intercalant entre grille et plaque une deuxième grille qu'on relie à un point de potentiel fixe. De cette façon, cette deuxième grille se comporte en écran et s'oppose aux influences électrostatiques entre la grille et la plaque.

Mais à quel potentiel porter cet écran ? A celui de la cathode ? Non, car l'écran repousserait les électrons venant de la cathode vers la plaque. Au potentiel de la plaque ? L'écran dérivera à son profit la presque totalité des électrons. Alors à un potentiel intermédiaire. L'écran captera bien quelques électrons qui constitueront un courant d'écran, mais la majorité, animés d'une grande vitesse, parviendront à la plaque.

La tension de l'écran joue nécessairement un rôle accélérateur. On en profite pour éloigner la plaque de la cathode, ce qui confère à la lampe un coefficient d'amplification très élevé. Celui-ci est généralement de l'ordre de 1.000.

La lampe à écran se prête très bien à l'amplification à haute fréquence. Par contre, elle n'est pas indiquée en basse fréquence, car dans ce dernier cas les variations de tension anodique sont très grandes et la tension instantanée de plaque peut tomber fréquemment au-dessous de la tension d'écran. Il en résulte un fonctionnement défectueux qui se traduit par une distorsion.

INCONVÉNIENTS DE LA LAMPE A ÉCRAN.

Quand la plaque se trouve à un potentiel inférieur à celui de l'écran, ce dernier capte les électrons émis par la plaque. Celle-ci, en effet,

sous le bombardement électronique de la cathode, s'échauffe et libère à son tour des électrons. C'est l'émission électronique secondaire. Quand la plaque est à un potentiel élevé, les électrons secondaires regagnent la plaque, mais quand cette dernière est à un potentiel plus bas que l'écran, les électrons secondaires sont attirés par l'écran et viennent augmenter le courant de cette électrode au détriment du courant d'anode. D'où distorsion.

Un autre inconvénient de la lampe à écran est la difficulté de maintenir stable le potentiel d'écran.

Ces inconvénients disparaissent avec la lampe penthode.

LA LAMPE PENTHODE.

L'émission secondaire est, dans la lampe à écran, la cause de tout le mal. Il faut, sinon supprimer cette émission secondaire, ce qui n'est pas possible, du moins barrer le chemin aux électrons se déplaçant dans le sens interdit.

Une troisième grille, entre l'écran et la plaque, portée au potentiel de la cathode, remplira cet office (fig. 12).

Cette troisième grille, qu'on appelle "grille de suppression", étant négative par rapport à la plaque, arrête les électrons secondaires issus de la plaque et qui sont animés d'une vitesse relativement faible. Par contre, les électrons venus de la cathode, fortement attirés par le potentiel élevé de la plaque et accélérés par le potentiel de l'écran, franchissent aisément la troisième grille et atteignent la plaque.

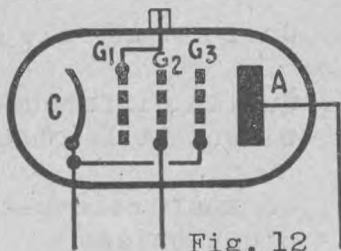


Fig. 12

Un effet additionnel de la troisième grille est de diminuer encore la capacité grille-plaque.

La figure 12 représente, schématiquement, une penthode.

C est la cathode; G_1 la grille de commande qui reçoit les tensions à amplifier. Elle sort parfois par un téton situé sur le sommet de l'ampoule. G_2 est

la grille écran; G_3 est la grille de suppression reliée à la cathode; A est la plaque.

La grille de suppression est souvent réunie à la cathode à l'intérieur même de la lampe. Dans certains types de pentodes, au contraire, la grille de suppression est accessible par une broche du culot de la lampe. Il y aura lieu de faire extérieurement la connexion avec la cathode.

La pentode est beaucoup plus souple d'emploi que la lampe à écran. La distorsion provenant de l'émission secondaire, lorsque la plaque est à un faible potentiel instantané, ne se produit pas. La tension d'écran est moins critique. Elle peut être égale à la tension de plaque lorsque celle-ci est alimentée à 100 volts seulement.

La pentode est utilisée aussi bien dans l'amplification H.F. ou M.F. que dans l'amplification B.F.

QUESTIONNAIRE

1. Expliquez comment la diode transforme le courant alternatif en courant pulsé.
2. Quel est le rôle de la grille dans une triode ?
3. Quelle différence y a-t-il entre le chauffage direct et le chauffage indirect ?
4. Comment relève-t-on la caractéristique I_a/V_g d'une triode ?
5. Quelles sont les trois constantes fondamentales des lampes radio. Quelle relation y a-t-il entre elles ?
6. Comment une lampe amplifie-t-elle les tensions ?
7. Quel est le rôle du condensateur de cathode ?

8. Pourquoi a-t-on créé la lampe à écran ? Quels sont ses avantages sur la triode ?
9. Pourquoi a-t-on créé la lampe penthode ? Quels sont ses avantages sur la lampe à écran ?
10. Quelle est la résistance interne d'une triode dont le coefficient d'amplification est 24 et la pente 2 milliampères par volt ?
11. Quelle sera la valeur de la résistance à monter entre cathode et $-HT$ pour une penthode dont la polarisation est de -6 volts, le courant anodique 40 milliampères et le courant d'écran 4 milliampères ?

SEPTIÈME LEÇON

LA DÉTECTION

Les sons que perçoit l'oreille humaine occupent une bande de fréquence qui s'étend de 16 à 15.000 périodes par seconde environ. Cette gamme de fréquences audibles est l'audiofréquence que l'on a pris l'habitude, en radiotéléphonie, d'appeler la basse fréquence.

Les fréquences supérieures à la basse fréquence constituent donc la haute fréquence. Quant à la dénomination : moyenne fréquence, que nous rencontrerons plus loin, nous verrons qu'elle est mal choisie. La moyenne fréquence serait plus justement appelée fréquence intermédiaire; c'est, en tous cas, de la haute fréquence.

L'antenne de réception capte des courants de haute fréquence modulée à basse fréquence, rayonnés par l'antenne d'émission.

Amplifier ces courants, filtrer les différentes ondes captées pour les sélectionner, sont des problèmes importants, sans nul doute, mais secondaires cependant, vis-à-vis de celui qui constitue le principe même de la réception, nous voulons dire, la transformation des courants électriques captés par l'antenne en sons.

NÉCESSITÉ DE LA DÉTECTION.

Un écouteur téléphonique introduit dans le circuit d'une antenne de réception ne rend aucun son, quand bien même les courants seraient fortement amplifiés par plusieurs étages d'amplification.

Il est aisé d'en expliquer la raison.

Les courants de l'antenne sont des courants à haute fréquence qui ne seraient pas perçus par l'oreille humaine, même s'ils avaient une action sur la membrane du téléphone. Or, celle-ci possède une inertie qui lui interdit de suivre des variations aussi rapides. Mais, objectera-t-on, le courant à haute fréquence n'est pas à amplitude constante; il est modulé à basse fréquence et le télé-

phone va être soumis à des variations d'amplitude qui se font à basse fréquence ? Pas du tout. Ces variations n'ont aucun effet sur le téléphone. Celui-ci est parcouru par un courant à haute fréquence qui, en définitive, a une valeur moyenne nulle, quelle que soit la forme de sa modulation à basse fréquence (fig. 13).

Pour obtenir un son, il faut d'abord faire l'opération inverse de celle qu'on a faite à l'émission : il faut démoduler le courant, séparer la composante haute fréquence de la composante basse fréquence, composante qui est seule capable d'agir sur un téléphone. Cette démodulation est la détection.

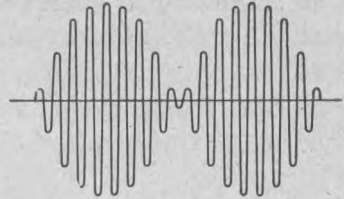


Fig. 13

PRINCIPE DE LA DÉTECTION.

Par un procédé quelconque, détectons le courant à haute fréquence représenté figure 13.

Supposons qu'un détecteur parfait sans inertie supprime toutes les alternances négatives (fig. 14).

La valeur moyenne du courant obtenu n'est plus nulle. Son allure a la forme représentée fig. 15. Or, un tel courant est la superposition d'un courant continu et d'un courant alternatif (fig. 16). L'écouteur téléphonique est insensible au courant continu. Tout se passe, en définitive, comme s'il était soumis à un courant alternatif basse fréquence.

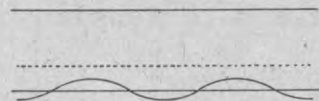


Fig. 14

Fig. 15

Fig. 16

LES DÉTECTEURS.

Pour obtenir le résultat de la figure 14, le détecteur doit présenter, pour un certain sens du

courant, une résistance faible et constante et, pour le sens inverse, une résistance infinie, cela, dans le cas d'un détecteur parfait. Nous aurons à étudier des détecteurs à peu près parfaits, comme la diode, mais aussi d'autres qui se bornent à favoriser davantage un sens de courant. Une des alternances est transmise, l'autre est atténuée (fig. 17).

D'une façon générale, un détecteur est un organe dont la résistance varie avec le sens du courant.

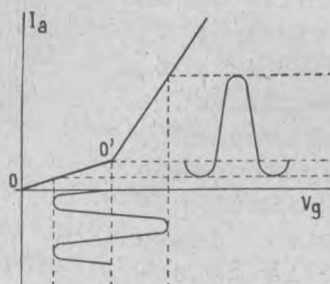


Fig. 17

LA DÉTECTION PAR COURBURE DE LA CARACTÉRISTIQUE PLAQUE.

Nous avons vu, lors de l'étude des caractéristiques de la lampe triode, que la courbe représentant les variations du courant anodique en fonction de la tension grille, présentait un coude dans sa partie inférieure.

C'est grâce à ce coude que l'on pourra détecter et cela, de la manière suivante :

Donnons à la grille de la lampe une polarisation égale à la tension qui annule le courant plaque,

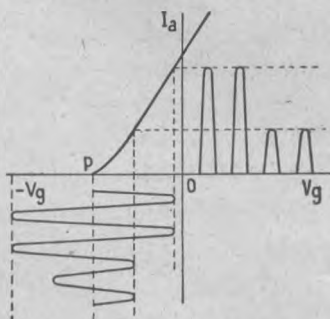


Fig. 18

soit OP cette tension. Appliquons maintenant à la grille les tensions H.F. à détecter. La figure 18 donne la représentation graphique des phénomènes qui prendront naissance. Toutes les alternances positives provoquent l'apparition du courant plaque, tandis que les alternances négatives sont sans effet. Nous obtenons bien le résultat que nous avons représenté figure 14, avec cette différence que notre détecteur n'est pas parfait par suite de la présence d'un coude dans la caractéristique. On peut constater que le rapport des grandes aux petites amplitudes n'est pas respecté, les petites étant proportionnellement moins amplifiées que les grandes.

Quoi qu'il en soit, la détection se fait et un écouteur téléphonique inséré dans le circuit de plaque rendra un son.

La détection "plaque" (c'est-à-dire par courbure de la caractéristique plaque) n'est fidèle que pour les fortes amplitudes qui font travailler la lampe sur la partie rectiligne de sa caractéristique. Elle ne convient pas aux faibles amplitudes.

La détection plaque n'est pratiquement plus utilisée de nos jours, sauf dans quelques rares récepteurs à amplification directe. Néanmoins, c'est un montage qu'il est utile de connaître, car il permet souvent de construire des récepteurs simples ou de dépanner des appareils anciens.

LE MONTAGE D'UNE LAMPE EN DÉTECTRICE PLAQUE.

Triode ou penthode, toute lampe est apte à détecter par la plaque. Le montage d'une penthode en détectrice plaque est représenté figure 19.

La polarisation convenable de la grille (celle qui annule le courant plaque) est obtenue en rendant la grille négative par rapport à la cathode, comme nous l'avons expliqué à la leçon précédente (cathode positive par rapport à la

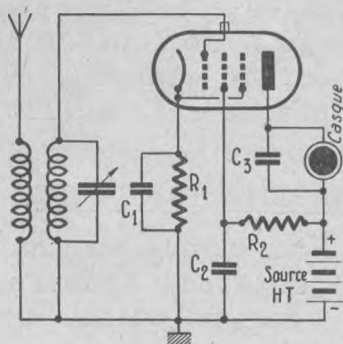


Fig. 19

grille). A cet effet, une résistance R_1 de valeur convenable est insérée entre la cathode et le — de la source H.T. (masse). La grille est reliée à l'une des bornes du circuit oscillant d'accord, l'autre borne allant au — H.T. Un écouteur téléphonique shunté par un condensateur C_3 est inséré entre la plaque et le + de la source de H.T.

L'écran est porté au potentiel convenable (inférieur à celui de la plaque) par une résistance R_2 traversée par le courant d'écran qui provoque la chute de tension convenable.

Tous les retours au — H.T. peuvent être reliés à la masse du châssis métallique qui est au potentiel zéro.

Nous avons expliqué le rôle du condensateur C_1 en parallèle sur la résistance de cathode.

Le rôle du condensateur C_2 est analogue. Ce condensateur sert de passage à la composante alternative qui, sans lui, ferait varier le potentiel de l'écran.

Dans la pratique, et suivant le type de la lampe utilisée, la valeur des différents éléments du schéma de la figure 19 varie entre les limites suivantes :

R_1 - 15.000 à 30.000 ohms.

R_2 - 400.000 ohms à 1 $M\Omega$.

C_1 - Condensateur électrochimique de 5 à 10 μF .

C_2 - Condensateur au papier de 0,1 à 0,5 μF .

C_3 - Condensateur au mica de 200 à 500 pF.

Lorsque la lampe détectrice est suivie d'une lampe amplificatrice, le casque du circuit plaque (fig. 19) est remplacé par une résistance de charge R_p de 100.000 à 200.000 ohms, et un condensateur de liaison, de 10.000 à 20.000 pF, réunit la plaque à la grille de la lampe suivante.

DÉTECTION PAR DIODE.

Nous avons vu, au début de la sixième leçon, que la diode transformait le courant alternatif en courant pulsé. Or, la détection consiste à supprimer toutes les alternances d'un même sens, c'est-à-dire à redresser le courant alternatif. La diode est donc apte à remplir cette fonction et cela d'une façon presque parfaite.

On utilise les diodes dans le redressement des courants alternatifs à basse fréquence distribués par les secteurs d'éclairage. Elles sont alors construites de façon à débiter une intensité relativement élevée et prennent, dans cette fonction, le nom de valves. On les utilise ainsi pour le redressement de la haute fréquence dans la fonction détectrice dont nous allons nous occuper dans ce chapitre.

Le schéma de la figure 20 montre le montage d'une diode détectrice. Les flèches indiquent le

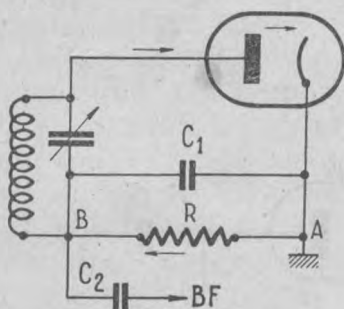


Fig. 20

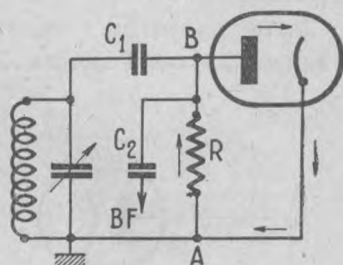


Fig. 21

sens unidirectionnel du courant. Aux bornes A B de la résistance R (résistance de charge) sont disponibles les tensions redressées que l'on transmettra par l'intermédiaire d'un condensateur C₂ à l'étage d'amplification suivant.

Une variante du montage détecteur diode est représentée figure 21. Il est moins courant que le montage de la figure 20; il faut néanmoins le connaître, car il est utilisé quelquefois (notamment, pour procurer la tension négative nécessaire au réglage automatique du gain dont il sera question par la suite).

La détection diode est pratiquement la seule utilisée aujourd'hui sur les récepteurs superhétérodynes qui sont, de loin, les montages les plus employés. C'est une détection très fidèle.

Une détectrice diode n'assurant que la détection exige l'emploi d'une lampe amplificatrice, si l'on veut que les tensions basse fréquence aient une amplitude suffisante soit pour faire fonctionner un casque, soit pour attaquer une lampe amplificatrice finale, dite de puissance.

Le schéma de la figure 21a nous montre la façon classique de concevoir un étage détecteur - amplificateur, à deux lampes séparées. Le plus souvent, cependant, les deux fonctions sont réunies dans une même ampoule : lampe double, double diode-triode, double diode-penthode ou diode-penthode.

Nous avons alors le schéma de la figure 21 b.

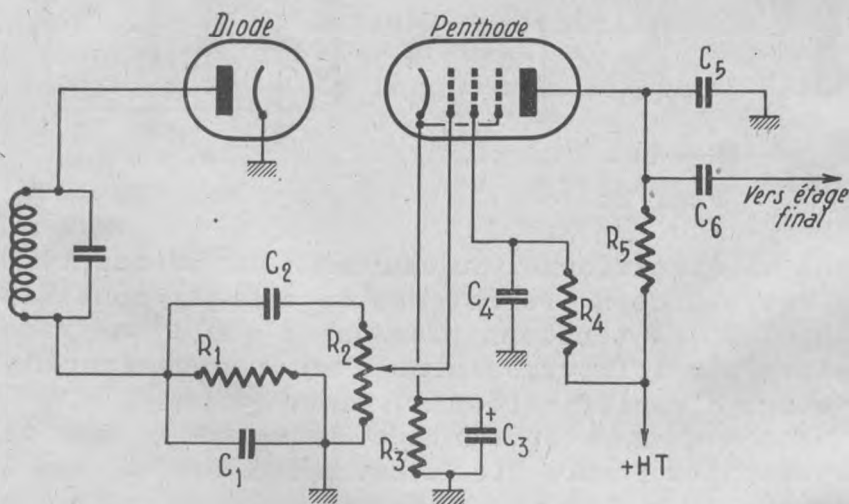


Fig. 21 a

Fig. 21 b

La valeur moyenne des différents éléments de ces deux schémas est la suivante :

- R₁ - 500.000 ohms.
- R₂ - Potentiomètre 500.000 ohms à 1 M Ω .
- R₃ - 1.000 à 3.000 ohms, suivant la lampe.
- R₄ - 400.000 ohms à 1 M Ω .
- R₅ - 100.000 à 250.000 ohms.
- C₁ - Condensateur au mica 100 à 200 pF.
- C₂ - Condensateur au papier 10.000 à 20.000 pF.
- C₃ - Condensateur électrochimique 10 à 25 μ F.
- C₄ - Condensateur au papier 0,1 à 0,5 μ F.
- C₅ - Condensateur au mica 200 à 500 pF.

DÉTECTION PAR LA GRILLE.

Très utilisée dans les débuts de la radio, cette méthode de détection ne l'est plus guère depuis l'apparition des montages à changement de fréquence (superhétérodyne). Elle donne, cependant, d'excellents résultats, surtout en O C, par la possibilité qu'elle offre d'utiliser au mieux la réaction.

Pour saisir le fonctionnement de la détection par la grille, considérons la figure 22 qui donne le schéma d'une triode montée pour détecter de cette façon. Une penthode se monterait d'une façon identique avec cette seule différence que l'écran devrait être porté au potentiel convenable par une résistance série, comme nous l'avons vu plus haut.

Comparons le schéma de la figure 22 à celui de la figure 21. Une analogie frappante saute aux yeux.

Si nous faisons abstraction du circuit de plaque, nous retrouvons le schéma de la détection diode, la grille jouant ici le rôle de la plaque de la diode. La détection grille n'est donc pas autre chose qu'une détection diode. Les flèches indiquent le sens unidirectionnel du courant redressé.

Mais alors que les tensions B.F. résultant de la détection diode doivent être amplifiées par une lampe différente, elles sont, dans la détectrice grille, amplifiées par la lampe elle-même.

Or, nous savons que pour amplifier correctement une lampe doit avoir sa grille polarisée négativement. Est-ce le cas ici ? Certes. La flèche, le long de la résistance R, nous montre que la composante continue du courant détecté rend le point B (c'est-à-dire la grille) négatif par rapport au point A (c'est-à-dire la cathode). La tension négative du point B varie d'ailleurs avec l'amplitude de la modulation ; le point de fonctionnement sur la caractéristique se déplace à chaque instant. Il est (fig. 6 a, 6^e leçon) tantôt en P, tantôt en C ou

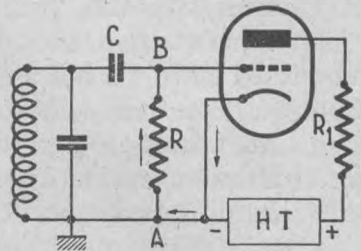


Fig. 22

en D. Cela n'a pas d'importance, puisqu'il se déplace sur la partie rectiligne de la caractéristique; l'amplification reste la même. Ce qu'il ne faut pas, c'est qu'il vienne jusqu'au coude de la caractéristique; cela entraînerait une distorsion d'abord, puis le blocage complet de la lampe.

La détection grille ne s'accommode pas de fortes amplitudes. Si elle est précédée d'une amplification à haute fréquence, il est indispensable que l'on puisse en régler à volonté le gain afin de réduire les amplitudes trop fortes qui parviendraient à la grille de la détectrice (réception des émetteurs locaux, par exemple).

La résistance de détection R a généralement une valeur élevée (1 à 3 mégohms). Une valeur plus basse (500.000 ou même 250.000 ohms) permet, combinée avec une tension plaque élevée, de travailler dans de bonnes conditions de fidélité (détection de puissance), mais nuit à la sensibilité (aptitude à détecter les faibles amplitudes).

Le condensateur C a une valeur de l'ordre de 100 à 200 pF.

On utilise, en détection par la grille, presque exclusivement des pentodes, afin de profiter au maximum des propriétés amplificatrices de la lampe.

LA DÉTECTRICE A RÉACTION.

Soit une penthode montée comme nous venons de l'expliquer en détectrice-grille. Mais au lieu d'avoir une résistance (R_1 de la figure 22) comme charge anodique, disposons une inductance (autrement dit une bobine) L_2 (fig. 23). Entre cette bobine et le pôle + de la source H.T., nous insérons un écouteur téléphonique.

Supposons d'abord qu'entre L_2 et l'inductance d'accord L_1 il n'y ait aucun couplage (bobines éloignées). Rien de spécial ne se passe. La lampe travaille en détectrice, amplifie les

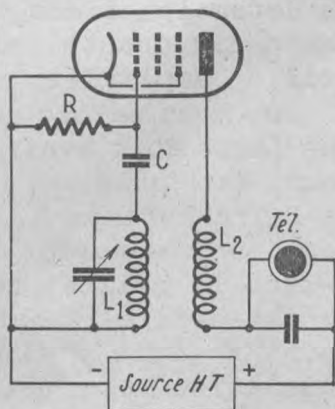


Fig. 23

signaux détectés qui deviennent perceptibles dans l'écouteur téléphonique.

Si nous couplons, en les rapprochant, les bobines L_2 et L_1 , il y aura induction de l'une à l'autre. Si le sens des enroulements est convenables, nous constaterons un renforcement des signaux dans l'écouteur lorsque nous rapprocherons L_2 et L_1 .

Il est facile de concevoir ce qui se passe : les signaux présents dans le circuit d'accord sont détectés et amplifiés par la lampe. Le couplage entre L_1 et L_2 a pour effet de reporter en L_1 une partie de l'énergie des signaux amplifiés présents en L_2 . Ces signaux additionnels s'ajoutent aux signaux primitifs et sont amplifiés à leur tour.

On obtient ainsi une amplification considérable et une multitude de signaux qui eussent été absolument inaudibles sans réaction deviennent, non seulement perceptibles, mais peuvent donner lieu à une réception puissante.

Sur les très hautes fréquences particulièrement, la détectrice à réaction donne d'excellents résultats. Aussi, est-elle encore utilisée, de nos jours, pour la réception des ondes courtes.

Le couplage entre les inductances de plaque et de grille ne peut impunément être augmenté au delà d'une certaine valeur critique pour laquelle la lampe « accroche ». Cet accrochage se manifeste par la disparition de toute réception et s'accompagne de sifflements qui ne sont pas seulement désagréables pour celui qui les provoque, mais également, pour les auditeurs environnants. En effet, lorsqu'elle accroche, la détectrice à réaction cesse d'amplifier; elle devient génératrice d'oscillations et se comporte comme un petit émetteur.

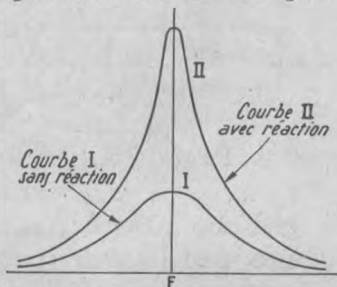


Fig. 24

La meilleure réception des signaux a lieu pour le couplage qui se tient juste au-dessous du couplage qui provoque l'accrochage. On bénéficie ainsi de la plus forte amplification. En outre, la réaction a pour conséquence d'augmenter considérablement la sélectivité du récepteur comme l'illustre la figure 24 où nous avons représenté en I la courbe de résonance pour une réception sans réaction, et en II la courbe avec réaction.

LE MONTAGE REINARTZ.

Cependant le montage type de la figure 23 présente un inconvénient.

Le couplage entre L_2 et L_1 modifie la fréquence du circuit d'accord et cela rend l'accord assez délicat à obtenir de façon correcte.

En effet, lorsqu'on rapproche L_2 de L_1 , on constate qu'il faut retoucher la position du condensateur variable d'accord. Cela fait, on couple un peu plus L_2 et L_1 , mais il en résulte un deuxième dérèglement de l'accord. Bref, c'est au prix d'une série de tâtonnements que celui-ci est obtenu.

Le montage Reinartz (fig. 25) atténue considérablement l'inconvénient que nous venons de signaler.

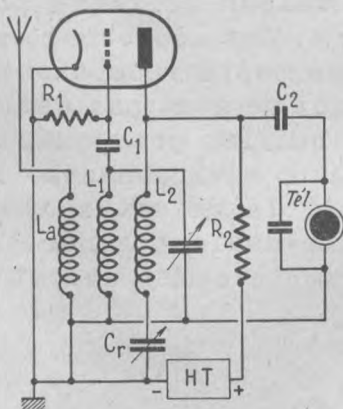


Fig. 25

Les bobines de grille et de plaque L_1 et L_2 ont un couplage fixe, une fois pour toutes. Le dosage de la réaction est obtenu à l'aide d'un condensateur C_r en série avec l'inductance de plaque L_2 .

La manoeuvre du condensateur Cr donne une réaction très souple dont le réglage est pratiquement indépendant de celui d'accord.

Notre schéma comporte également la bobine d'antenne La. La plaque n'est pas alimentée en série comme sur le schéma 23, mais en parallèle par la résistance R₂. Nous avons, en outre, branché l'écouteur téléphonique en parallèle. Il n'est pas, de cette façon, traversé par le courant anodique de la lampe et ne reçoit, par le condensateur C₂, que la composante basse fréquence.

Le schéma de la figure 25 représente une triode, mais il est évident que ce schéma est valable pour une penthode, à condition d'y ajouter un circuit donnant la tension écran, en s'inspirant de la figure 21a, par exemple (C₄ et R₄).

La valeur du condensateur variable de réaction (Cr, fig. 25) est généralement de 150 à 250 pF de capacité maximum.

LES APPAREILS A PLUSIEURS LAMPES.

Nous avons vu, dans les chapitres précédents, que l'on transforme les oscillations haute fréquence en oscillations basse fréquence à l'aide d'un détecteur.

Lorsque les variations de courant basse fréquence sont trop faibles, la membrane du téléphone ne parvient pas à produire une vibration sonore suffisamment intense pour agir sur notre tympan. Il faut donc recourir à une méthode d'amplifications si l'on veut rendre ces vibrations audibles.

On peut obtenir ce résultat de deux manières différentes, soit par l'amplification des courants haute fréquence, avant de les détecter, soit par l'amplification des courants basse fréquence. On a d'ailleurs recours aux deux simultanément.

On réalise l'amplification à l'aide de lampes et d'éléments de couplage. On appelle étage amplificateur l'ensemble lampe-éléments de couplage.

Lorsque plusieurs étages d'amplification de même nature se suivent, on est en présence d'une amplification en « cascade ».

Suivant la fonction remplie par chacune des lampes dont est composé l'appareil, on utilise les

appellations : lampe haute fréquence, lampe détectrice, lampe basse fréquence, etc...

L'amplification haute fréquence augmente la sensibilité de l'appareil, c'est-à-dire son aptitude à recevoir les signaux de faible amplitude, tandis que l'amplification basse fréquence augmente l'énergie sonore mise en jeu.

AMPLIFICATION EN TENSION.

AMPLIFICATION DE PUISSANCE.

Les tensions captées par l'antenne sont toujours extrêmement faibles. Aussi, doivent-elles subir une amplification considérable afin d'être aptes à moduler la grille de la lampe finale qui requiert plusieurs volts à cet effet. Notons, pour fixer les idées, que si l'antenne capte une tension de 100 microvolts, il faudra amplifier 50.000 fois si nous désirons seulement 5 volts sur la grille de la lampe finale.

Ce que nous avons dit précédemment sur le fonctionnement des lampes en amplificatrices nous montre que l'on a intérêt à mettre, dans le circuit plaque, une résistance aussi élevée que possible, afin que les variations de tension soient importantes. On est limité dans ce sens par le fait que cette résistance diminue la tension continue appliquée à la plaque. Pour une source de tension donnée, il y aura donc une valeur optimum de la résistance anodique. D'une façon générale, il est inutile, pratiquement, d'augmenter la résistance de charge d'une lampe au delà d'une certaine limite, qui se situe vers 250.000 ohms pour la plupart des lampes courantes, certaines s'accommodant même fort bien de résistances nettement moindres.

Le gain en tension, le seul qui nous intéresse dans les étages d'amplification H.F. et de préamplification B.F., n'augmente que très peu lorsque nous dépassons la limite ci-dessus pour la résistance de charge anodique.

L'étage final a un rôle différent. En effet, il a pour but de délivrer l'énergie suffisante pour mettre en action le haut-parleur; il ne s'agit plus d'avoir des volts, mais des watts; d'où l'importance que prend le courant anodique. Les lampes de

puissance équipant les étages de sortie des récepteurs sont construites de façon à avoir un débit important. Le gain en tension réalisé à l'étage final peut souvent être très faible; ce qui importe, c'est le gain en puissance.

Un exemple simple nous fera mieux comprendre la différence entre l'amplification en tension et l'amplification de puissance.

Une lampe préamplificatrice de caractéristiques moyennes nous fournira une tension de sortie alternative de 20 volts aux bornes d'une résistance de 100.000 ohms, pour une tension d'entrée de quelque 0,5 volt.

Donc :

$$\text{Gain en tension} = \frac{20}{0,5} = 40$$

$$\text{Puissance de sortie} = \frac{400}{100.000} = 0,004 \text{ watt.}$$

Par contre, si nous appliquons la même tension de 0,5 volt à une lampe de puissance, cette dernière nous donnera également 20 volts à la sortie, mais aux bornes d'une résistance de charge (ou impédance de charge) de quelque 4.000 ohms en moyenne. Le gain en tension est donc le même, mais la puissance de sortie sera

$$\frac{400}{4.000} = 0,1 \text{ watt.}$$

PUISSANCE DISSIPÉE, PUISSANCE MODULÉE.

Reportons-nous à la caractéristique V_g/I_p de la lampe étudiée dans la 6^e leçon, et rappelons que le courant anodique varie entre deux valeurs limites déterminées par les tensions maxima que peut recevoir la grille (recul de grille). La valeur moyenne du courant anodique ne change pas au cours de ces variations; elle reste égale à l'intensité du courant permanent. En d'autres termes, la puissance électrique empruntée à la source H.T. ne change pas. Cette puissance égale au produit de la tension

anodique V par l'intensité I du courant permanent est la puissance dissipée ($V \times I$) de la lampe.

Mais, pendant les variations du courant anodique, nous trouvons dans le circuit plaque une composante alternative (I_a) qui, seule, produit le travail nécessaire pour actionner le haut-parleur. La puissance utile, résultant de cette composante alternative, est la puissance modulée.

Elle est nécessairement inférieure à la puissance dissipée. En l'absence de tension grille, elle est nulle. Elle devient maximum pour les tensions maxima admissibles sur la grille.

Le rapport de cette puissance modulée maximum à la puissance dissipée mesure le rendement de la lampe :

$$\text{Rendement} = \frac{\text{Puissance modulée}}{\text{Puissance dissipée}}$$

Actuellement on utilise uniquement, en tant que lampes de puissance, des penthodes ou des tétrodes, dont le courant anodique est de l'ordre de 40-50 mA et celui d'écran de 3-5 mA. Le rendement de ces lampes est généralement de l'ordre de 40 %, atteignant parfois 50 %.

Les triodes de puissance, pratiquement abandonnées, ont un rendement nettement inférieur (25 % environ).

LE COUPLAGE PAR TRANSFORMATION EN AMPLIFICATION BASSE FRÉQUENCE.

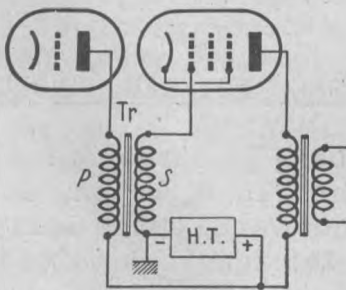


Fig. 26

La figure 26 donne le principe d'utilisation d'un transformateur B.F. Le primaire est branché

dans le circuit plaque de la détectrice, et le secondaire dans le circuit grille de la lampe amplificatrice B.F. finale. Lorsque le courant B.F. traverse l'enroulement primaire du transformateur, les variations de tension qui prennent naissance à ses bornes induisent une tension semblable aux bornes du secondaire, ce qui a pour effet de faire varier le potentiel de la grille de commande, et par conséquent, le courant anodique de la lampe finale.

Le montage de la figure 26 montre que le primaire du transformateur est traversé par le courant anodique de la lampe d'entrée.

On peut, de ce fait, craindre la saturation du noyau magnétique.

La figure 27 représente un montage qui évite

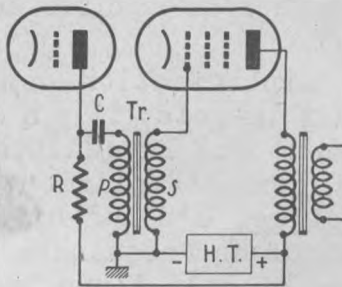


Fig. 27

cet inconvénient. La lampe d'entrée reçoit sa tension anodique par la résistance R. La composante alternative est appliquée au primaire du transformateur par l'intermédiaire d'un condensateur C.

AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DU COUPLAGE PAR TRANSFORMATEUR EN B.F.

Le principal avantage du couplage par transformateur est que le « gain » de l'étage est supérieur au coefficient d'amplification de la lampe, car on utilise toujours (sauf cas spéciaux) un transformateur élévateur de tension. Le rapport de

transformation ne peut toutefois pas dépasser 8 ou 10. Pour ces valeurs, quelle que soit la qualité du transformateur, l'amplification s'accompagne d'une distorsion très marquée.

Les rapports 2 à 3 sont le plus couramment employés.

Le couplage par transformateur permet d'alimenter l'anode de la lampe d'attaque sous une tension élevée, car la résistance du primaire est toujours assez faible; la lampe travaille alors dans de meilleures conditions.

Mais le couplage par transformateur ne va pas sans inconvénients. Ceux-ci proviennent, d'une part, de ce que les enroulements présentent une impédance qui croît avec la fréquence et, d'autre part, de ce que le secondaire, comportant un très grand nombre de tours de fils, possède une capacité répartie importante d'où résulte une fréquence de résonance parasite.

Par suite, l'amplification des fréquences du spectre sonore est inégale: il y a distorsion. Or, il est bien évident que la qualité à rechercher, avant tout autre, dans l'amplification B.F., c'est d'être non sélective, c'est-à-dire de porter sur une très large bande de fréquences (de 50 à 10.000 périodes/seconde) et cela d'une façon aussi régulière que possible.

Un autre inconvénient de la liaison par transformateur, c'est que ce dernier, si l'on recherche la qualité, coûte très cher, atteignant facilement 5 à 10 fois le prix d'une lampe. Pour ces diverses raisons, le transformateur de liaison ne trouve actuellement sa place que dans certaines installations professionnelles, des amplificateurs de grande puissance, des émetteurs, etc...

LE COUPLAGE PAR RÉSISTANCE EN AMPLIFICATION BASSE FRÉQUENCE.

Dans le but d'éviter l'inconvénient que présentent les transformateurs B.F. de ne pas amplifier également toutes les fréquences, on fait usage de résistances ohmiques. Une réalisation d'un montage

à résistance est donnée par la figure 28. Nous voyons qu'une résistance R_a shuntée par un condensateur C_t est insérée dans le circuit plaque de la lampe, dont on désire amplifier la tension de sortie (L_1). La résistance R_a , nous l'avons déjà indiqué, sera de 250.000 ohms au maximum, mais lorsque L_1 est une triode à faible résistance interne, R_a peut être de 25.000 à 50.000 ohms. Aux

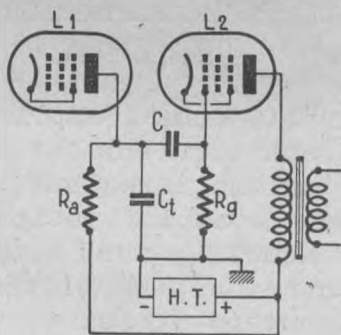


Fig. 28

bornes de cette résistance, apparaissent donc des variations de tension B.F. qui sont appliquées à la grille de la lampe suivante par l'intermédiaire du condensateur de liaison C qui évite que la grille soit portée au + H.T. Comme les alternances positives successives qui atteindront la grille par le condensateur de couplage attireront les électrons qui, petit à petit, produiront un potentiel moyen de plus en plus négatif, il sera nécessaire de prévoir un dispositif d'écoulement de cette charge; en l'occurrence, on fera choix d'une résistance de fuite assez élevée (R_g) pour que les variations de potentiel basse fréquence, qui naîtront entre grille et cathode, ne soient pas trop affaiblies. Les valeurs les plus couramment adoptées vont de 250.000 ohms à 1 mégohm. Quoique le montage à résistance présente une amplification beaucoup plus uniforme des différentes fréquences musicales, il faut cependant remarquer que les fréquences très basses, de même que les fréquences très élevées, sont encore quelque peu amputées.

Le couplage par résistances-capacité ne permet qu'un gain d'étage inférieur au coefficient d'amplification de la lampe; mais cette considération est peu gênante, car elle est compensée par l'emploi de lampes à forte pente. Elle disparaît en face des avantages de fidélité que comporte le couplage par résistances-capacité. Aussi, ce mode de couplage est-il presque exclusivement employé dans l'amplification B.F.

LE COUPLAGE PAR TRANSFORMATION EN HAUTE FRÉQUENCE.

Si, dans l'amplification B.F., le couplage par transformateur est exceptionnel, sauf à la sortie d'un amplificateur, il est, au contraire, courant dans l'amplification H.F. Les fréquences élevées, auxquelles sont soumis les transformateurs H.F., entraînent des différences fondamentales entre ces derniers et les transformateurs B.F. En particulier, le rapport de transformation ne joue pas un rôle aussi net qu'en B.F. en raison de la dispersion inévitable d'une partie du flux magnétique.

Pendant de longues années du reste, le transformateur H.F. n'a pas comporté de noyau magnétique. Les courants de Foucault auraient pris, du fait des fréquences élevées, des valeurs exagérées qui auraient été désastreuses pour le fonctionnement.

Une technique relativement récente a mis au point la fabrication d'un fer divisé à l'extrême, jusqu'à l'état pulvérulent et qu'on maintient agglutiné à l'aide d'une substance isolante sous d'énormes pressions. On est ainsi parvenu à réaliser un milieu magnétique H.F. parfaitement stable et l'on peut dire, qu'aujourd'hui, tous les bobinages H.F. sont à noyau magnétique. On parvient de cette façon à réaliser des bobinages à hautes performances.

Le couplage en H.F. par transformateur se fait de deux façons :

1° Transformateur à primaire apériodique et secondaire accordé (fig. 29). L'amplification H.F., contrairement à l'amplification B.F., doit être

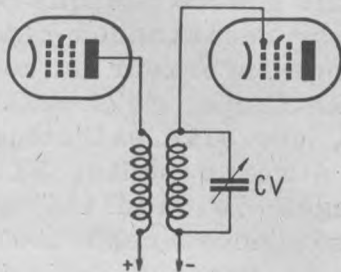


Fig. 29

sélective. Le secondaire des transformateurs de couplage entre étages H.F. est donc accordé par un condensateur variable sur la fréquence à recevoir. Nous savons que, dans ce cas, la fréquence à recevoir est favorisée par l'entrée en résonance du circuit oscillant et que les fréquences voisines sont reçues plus faiblement. La multiplication des étages H.F. en « cascade » permet alors de réaliser une bonne sélectivité (on ne va guère au delà de 2 étages d'amplification H.F.). Le primaire du transformateur H.F. est apériodique (non accordé) et un tel transformateur permet un gain très élevé.

2° Transformateur à primaire et secondaire accordés (fig. 30). Les deux circuits oscillants sont accordés rigoureusement sur la même fréquence; ils sont couplés un peu au delà du couplage critique (couplage pour lequel le transfert d'énergie est maximum du primaire au secondaire). Nous avons déjà eu l'occasion de dire que, dans ces conditions, se trouve réalisé l'effet de filtre de bande pour lequel l'amplification est pratiquement constante sur toute la largeur de la bande de modulation et décroît très rapidement au delà des deux côtés de cette bande.

Les transformateurs à primaire et secondaire accordés sont presque exclusivement utilisés dans les étages de moyenne fréquence, accordés une fois pour toute sur une fréquence choisie à l'avance, comme nous l'exposerons dans la théorie du super-hétérodyne.

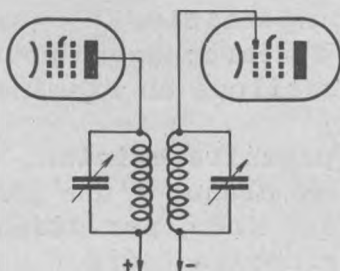


Fig. 30

LE COUPLAGE A RÉSISTANCE EN HAUTE FRÉQUENCE.

La liaison à résistances-capacité est surtout utilisée en amplification B.F., mais rien n'empêche de l'adapter également à la haute fréquence, lorsqu'on ne recherche pas la sélectivité, d'autant plus que l'on dispose actuellement de lampes spéciales, prévues pour travailler sur des fréquences très élevées (télévision, modulation de fréquence, radar, etc...) et qui se prêtent particulièrement bien aux liaisons par résistances-capacité.

Sur les fréquences élevées, la résistance de charge du circuit anodique (R_a , fig. 28) est toujours faible : 1.000 à 5.000 ohms, et le gain par étage est faible également, mais on prévoit plusieurs étages.

Parfois, dans les récepteurs ordinaires, on emploie un étage amplificateur H.F., précédant le premier étage du récepteur, la liaison entre les deux se faisant par résistances-capacité. Cette solution, qui n'est possible que si le récepteur possède déjà une sélectivité suffisante, permet d'accroître la sensibilité.

INCONVÉNIENTS DES COUPLAGES H.F.

Quel que soit le système de couplage adopté, on constate fréquemment une tendance assez accusée à la production d'oscillations spontanées (accrochages) qui empêchent évidemment la réception. Ces oscillations sont provoquées par des couplages parasites de natures diverses, existant entre les circuits grille et plaque des lampes amplificatrices ou détectrices. Il faut donc les éviter dans la mesure du possible.

Les causes d'accrochages peuvent être très diverses et nous allons en examiner les plus fréquentes.

a) Couplage parasite existant entre la bobine grille et celle de plaque d'une lampe. Dans le cas d'un amplificateur H.F., par exemple, il pourrait se produire un couplage (défaut de blindage, distance trop faible) entre les bobines L_g et L_p (fig. 30 a). Le remède est tout indiqué : éloigner les bobines, les orienter différemment ou les

blinder, c'est-à-dire les enfermer dans une enveloppe métallique mise à la masse.

b) Capacité parasite existant entre les connexions grille et plaque d'une lampe. Pour créer une telle capacité, il suffit très souvent que les connexions soient simplement rapprochées. Le cas est assez fréquent dans l'étage final d'un récepteur, lorsque

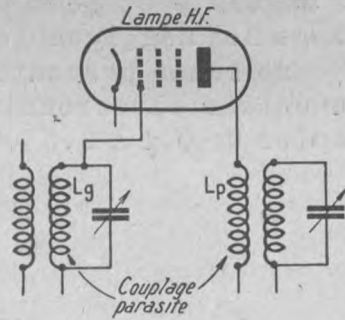


Fig. 30 a

que la connexion plaque, allant vers le haut-parleur, passe trop près de la connexion grille.

c) Résistance parasite faisant partie, simultanément, du circuit anodique de deux étages. Cette résistance est le plus souvent constituée par la résistance interne de la source de haute tension.

C'est le cas, en particulier, lorsque celle-ci est une batterie de piles. Mais cela se produit aussi avec l'alimentation secteur. En effet, entre les pôles + et - de la source H.T., on trouve toujours un condensateur électro-chimique (à la sortie du filtre) et les condensateurs électro-chimiques présentent cette particularité de n'être pas des capacités pures. En effet, tout condensateur électrochimique présente — nous l'avons déjà signalé — un courant de fuite. Supposons — et c'est en effet l'ordre de grandeur véritable du phénomène — que ce courant de fuite soit de 1 milliampère lorsque le condensateur a 250 volts à ses bornes.

Cela signifie que le condensateur présente une résistance parallèle de

$$\frac{250}{0,001} \text{ soit } 250.000 \text{ ohms.}$$

Mais cette résistance parallèle R_p est équivalente à une résistance série R_s telle que

$$R_s = \frac{40.000}{R_p} \text{ à } \frac{500.000}{R_p}$$

soit 0,2 à 2 ohms environ.

Lorsque le condensateur électrochimique vieillit, sa résistance parallèle diminue, donc

R_s augmente et peut constituer un élément de couplage non négligeable.

Une bonne précaution consiste à shunter le condensateur électrochimique par un condensateur au papier de 0,1 à 0,5 μF .

QUESTIONNAIRE

1. Exposez brièvement la nécessité et le principe de la détection.
2. Principe de la détection plaque.
3. Faites le schéma d'une lampe montée en détectrice plaque et expliquez le fonctionnement.
4. Même question pour détectrice-grille.
5. Même question pour détectrice-diode.
6. Schéma théorique et fonctionnement d'une détectrice à réaction.
7. Schéma du montage Reinartz. Quels sont les avantages de ce montage.
8. Différence entre l'amplification en tension et l'amplification de puissance.
9. Qu'est-ce que la puissance dissipée ? Qu'est-ce que la puissance modulée ?
10. Comparez le couplage par transformateur en H.F. en en B.F.
11. Même question pour le couplage par résistance.

HUITIÈME LEÇON

LES HAUT-PARLEURS

Un haut-parleur est un appareil qui transforme l'énergie électrique en énergie sonore et permet de faire entendre la parole ou la musique reproduites d'une façon suffisamment puissante pour que l'audition en soit possible aux personnes présentes dans une même salle ou même en plein air, dans un rayon plus ou moins étendu.

Plusieurs types de haut-parleurs sont en usage; nous allons les passer en revue.

HAUT-PARLEURS ÉLECTROMAGNÉTIQUES (fig. 31).

Un aimant A crée, entre ses pièces polaires N et S un champ magnétique intense. Une palette en acier doux P est maintenue en équilibre dans l'entrefer, au moyen d'un ressort R fixé à son extrémité F.

La palette P est dans l'axe d'une bobine B à très grand nombre de tours parcourue par le courant modulé du circuit anodique de la lampe de sortie. Sous l'influence de ce courant la palette P se met à vibrer dans l'entrefer. Une tige T transmet ces vibrations à une membrane conique M en carton léger.

Plus ou moins perfectionnés, les haut-parleurs électromagnétiques sont toujours une application du même principe : vibration d'une palette de fer doux dans un champ magnétique fixe auquel on superpose un champ magnétique variable dû au courant modulé. Mais aussi perfectionnés qu'ils soient, ils présentent tous les défauts suivants :

1° Action magnétique non uniforme du fait que l'équipage mobile s'éloigne et se rapproche de chaque pôle, ce qui se traduit par une production d'harmoniques et de la distorsion.

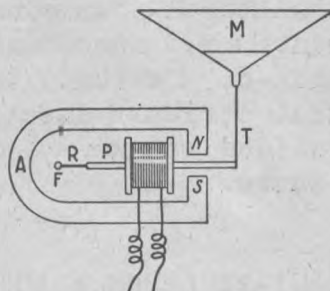


Fig. 31

2° Sensibilité moyenne pour de très petits entrefers, ce qui ne permet que de faibles amplitudes du mouvement, d'où mauvaise reproduction des notes basses qui correspondent à de grandes amplitudes du mouvement.

Pour ces raisons, les haut-parleurs électromagnétiques sont à peu près abandonnés.

On a recherché les moyens d'en éliminer les défauts : l'Américain C.L. Farrand, notamment, a mis au point un moteur de haut-parleur qu'il a baptisé « Inductor dynamic » et qui s'est répandu en France sous le nom de « magnéto-dynamique ». Dans ce type de haut-parleur, la palette mobile reste toujours à la même distance des pièces polaires ; son déplacement est longitudinal et non transversal.

Mais malgré ces perfectionnements qui ont d'ailleurs pour conséquence d'augmenter sensiblement le prix des haut-parleurs électromagnétiques, ceux-ci restent toujours très inférieurs aux haut-parleurs électrodynamiques qui se sont généralisés en toutes dimensions et en toutes puissances.

HAUT-PARLEURS ÉLECTRODYNAMIQUES.

Le principe de ces appareils est le suivant : un conducteur parcouru par un courant se déplace s'il se trouve dans un champ magnétique. Si le courant est variable, comme le courant modulé d'une lampe de sortie, le conducteur suit fidèlement ces variations. On lui donne la forme d'une bobine afin de multiplier son effet et on rend cette bobine solidaire d'une membrane conique en carton léger qui attaque l'air ambiant, lequel, à son tour, transmet les vibrations jusqu'à notre oreille.

Pratiquement, un haut-parleur électrodynamique est réalisé de la façon suivante :

Un aimant puissant crée entre ses pôles un champ magnétique intense. On donne à cet aimant la forme d'un « pot » fermé, afin d'utiliser au mieux le champ magnétique qu'il engendre. Souvent, l'aimant est remplacé par un électro-aimant dont le courant d'excitation est, pour les haut-parleurs puissants,

produit spécialement à cet effet, et pour les haut-parleurs courants, constitué par le courant anodique même du récepteur ou de l'amplificateur.

Cet électro-aimant en forme de pot fermé est représenté en coupe sur la figure 32. On distingue la bobine d'excitation E dont les extrémités sortent en a et b.

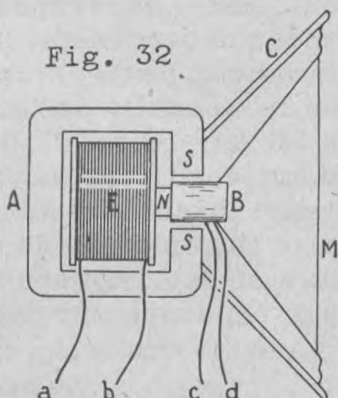
Dans l'entrefer annulaire de l'électro-aimant, se trouve la bobine mobile B dont les extrémités sortent en c et d. Elle est solidaire de la membrane conique M suspendue de façon très libre par sa périphérie à une carcasse métallique C. Un dispositif appelé « frein » maintient la bobine correctement centrée dans l'entrefer, car il faut absolument éviter tout frottement contre les pièces polaires. Ce frein se trouve à la jonction de la membrane et de la bobine mobile, soit à l'intérieur de la bobine, soit à l'extérieur.

Les déplacements de l'équipage mobile : bobine-membrane, se font parallèlement à son axe et peuvent être relativement importants (plusieurs millimètres).

D'autre part, l'inertie de cet équipage est très faible en raison de son extrême légèreté. Dans ces conditions, les fréquences du spectre sonore sont reproduites avec une très grande fidélité : basses et aiguës en particulier, et la puissance atteinte est relativement considérable. La très grande vogue persistante du haut-parleur électrodynamique est donc parfaitement justifiée.

Les dimensions de la membrane ont une influence assez marquée sur l'amplitude respective des fréquences reproduites. Un haut-parleur électrodynamique, dont la membrane a un diamètre de 18 à 20 cm, donne une reproduction assez satisfaisante de toutes les fréquences acoustiques, sauf en ce qui concerne les notes très graves et les notes très aiguës qui sont légèrement sacrifiées. Un haut parleur de grand diamètre (30 à 35 cm) donne une

Fig. 32



bonne reproduction des notes très graves, mais reproduit moins bien les aiguës. Inversement, un haut-parleur de petit diamètre (10 à 16 cm) reproduit convenablement les aiguës, mais sacrifie les basses.

Aussi associe-t-on parfois dans les montages soignés, les haut-parleurs de différents diamètres afin d'avoir une bonne reproduction de toutes les fréquences. Les montages à haute fidélité comportent même des amplificateurs spéciaux pour des bandes déterminées du spectre sonore, chacun aboutissant au haut-parleur le plus adéquat. C'est ainsi que le « canal » des graves aboutit à un haut-parleur de 30 cm; le canal du médium à un haut-parleur de 20 cm; celui des aiguës à un haut-parleur de 12 cm. L'amplification de chaque canal est réglable à volonté; on peut, de cette façon, obtenir une reproduction extrêmement fidèle, même si l'émetteur lui-même engendre une distorsion de fréquences.

HAUT-PARLEUR A AIMANT PERMANENT.

La technique moderne permet de réaliser des aimants permanents (Ticonal) ayant un champ puissant dans leur entrefer (10.000 à 12.000 gauss environ). De ce fait, les haut-parleurs électrodynamiques (fig. 33) utilisés sont le plus souvent du type à aimant permanent. Ces haut-parleurs ont l'avantage de n'apporter aucun ronflement.

En effet, l'aimantation de la pièce magnétique est constante et ne dépend plus du courant de H.T., comme c'est le cas dans le H.P. électrodynamique ordinaire. Ce courant, qui est pris à la sortie de la valve, possède encore des composantes variables pouvant provoquer un léger ronflement.

De ce fait, l'emploi du H.P. à aimant permanent devient de plus en plus fréquent. Il sert avantageusement de haut-parleur supplémentaire, sur un

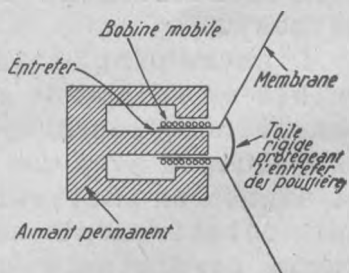


Fig. 33

récepteur, par exemple, et dans le cas d'amplificateurs alimentant plusieurs H.P. Leur seul inconvénient est leur prix de revient plus élevé.

LE BAFFLE.

Un haut-parleur, fut-il de grand diamètre et d'excellente fabrication, ne peut reproduire correctement les notes graves que s'il s'appuie contre un panneau en bois épais ou en aggloméré insonore muni d'une ouverture circulaire. Ce panneau qu'on appelle « Baffle » doit avoir une surface suffisante pour éviter l'action réciproque de l'onde de compression avec l'onde de dépression se trouvant à chaque instant de chaque côté de la membrane.

Lorsque le haut-parleur est, avec le récepteur, en coffret ou en ébénisterie, c'est le coffret ou l'ébénisterie qui tiennent lieu de baffle.

Pour les notes graves, en effet, le déplacement de la membrane est relativement lent et il faut qu'elle ait effectué son mouvement de retour avant que l'air chassé ne soit venu combler la dépression produite de l'autre côté. C'est ce que réalise le baffle en augmentant le chemin que l'air doit parcourir.

COUPLAGE DE L'ÉTAGE FINAL AVEC LE HAUT-PARLEUR.

1° Cas du haut-parleur électromagnétique.

On intercale simplement la bobine du haut-parleur dans le circuit plaque de la lampe finale (fig. 34).

Il est prudent de soustraire la bobine au courant anodique de la lampe, car la bobine est souvent constituée par du fil très fin, qui ne supporte pas de fortes intensités.

Aussi, utilisera-t-on avec avantage le montage de la figure 35. Une bobine Z est insérée dans le circuit anodique de la lampe finale. La bobine du haut-parleur est branchée entre plaque et — H.T. (généralement la masse) par l'intermédiaire d'un condensateur de quel-

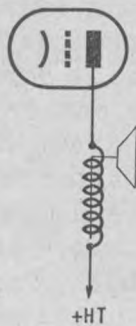


Fig. 34

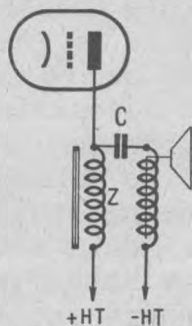


Fig. 35

que 0,5 microfarad. La bobine du haut-parleur n'est alors soumise qu'à la composante alternative du courant anodique.

Les haut-parleurs électromagnétiques ne sont pratiquement plus utilisés actuellement et les montages des figures 34 et 35 ne peuvent avoir qu'un intérêt rétrospectif. Celui de la figure 34 était plus fréquent que celui de la figure 35, mais il faut tenir compte du fait que les lampes finales anciennes, pour batteries, avaient un courant anodique relativement faible.

2° Cas du haut-parleur électrodynamique

(fig. 36).

La bobine mobile du haut-parleur électrodynamique ne peut, en aucune façon, être purement et simplement intercalée dans le circuit de plaque d'une lampe triode ou penthode; son impédance est, en effet, beaucoup trop faible, quelques ohms à peine.

Il est indispensable de placer un organe d'adaptation entre l'impédance anodique (plusieurs milliers d'ohms) et l'impédance de la bobine mobile (quelques ohms). Cet organe est un transformateur; nous avons déjà signalé son emploi dans cette fonction. Le transformateur de haut-parleur électrodynamique est fortement abaisseur de tension.

Le transformateur de haut-parleur électrodynamique est branché de façon très simple; le primaire est inséré dans le circuit plaque de la lampe finale, le secondaire est relié aux deux extrémités de la bobine mobile (fig. 36, points e et d).

Le rôle du transformateur T est d'adapter l'impédance faible de la bobine mobile à l'impédance de charge optimum, toujours relativement élevée, de la lampe finale. Par conséquent, l'impédance de charge est constituée non pas par le primaire du transformateur, comme on le dit souvent (et à tort), mais par la bobine mobile « vue » à travers le transformateur.

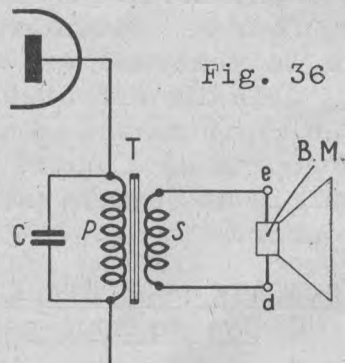


Fig. 36

L'adaptation des impédances se fait suivant une relation très simple, où nous faisons intervenir le nombre de spires du primaire (N_1), celui du secondaire (N_2), l'impédance de charge Z_a de la lampe finale et l'impédance Z_b de la bobine mobile :

$$\frac{N_1}{N_2} = \sqrt{\frac{Z_a}{Z_b}}$$

Le rapport N_1/N_2 est appelé rapport de transformation et généralement désigné par n . Par conséquent, nous avons :

$$n^2 = \frac{Z_a}{Z_b}$$

relation qui nous permet de résoudre tous les problèmes relatifs à l'adaptation des impédances.

Par exemple, nous voulons savoir quel est le rapport du transformateur que nous devons prendre pour adapter une bobine mobile de 3,5 ohms à l'impédance de charge d'une EL41 ($Z_a = 7.000$ ohms).

$$\text{Nous avons donc : } n^2 = \frac{7.000}{3,5} = 2.000$$

ce qui nous donne $n = 45$ environ. Généralement, le primaire comporte 2.500 spires, en moyenne, auquel cas le secondaire devra avoir :

$$\frac{2.500}{n} = \frac{2.500}{45} = 55 \text{ spires}$$

BRANCHEMENT DU HAUT-PARLEUR A AIMANT PERMANENT

Assez souvent, le transformateur d'adaptation est fixé sur le haut-parleur lui-même et son second-

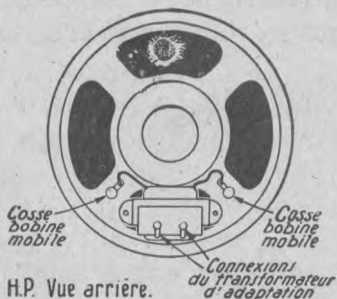


Fig. 37

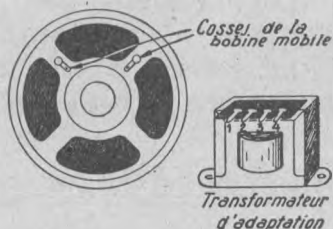


Fig. 38

daire est branché à la bobine mobile (fig. 37). Dans ce cas, le branchement se réduit à deux connexions (plaque de la lampe finale et haute tension) que l'on soude aux deux cosses de la plaquette isolante fixée sur le transformateur. Aucun sens n'est à observer dans ce branchement.

Cependant, la tendance actuelle est de séparer le haut-parleur de son transformateur et de placer ce dernier sur le châssis (dessus ou dessous), de préférence à proximité immédiate de la lampe finale, ce qui permet de raccourcir la connexion plaque-transformateur, toujours délicate à cause des accrochages qu'elle peut amener.

Dans un tel cas, il faudra connecter le secondaire du transformateur aux cosses de la bobine mobile, ces cosses se trouvant toujours sur le bâti du H.P. soit en haut, soit sur les côtés. Le secondaire est facilement reconnaissable. Ses extrémités aboutissent généralement aux cosses extrêmes (1 et 4) de la figure 38 et, d'autre part, le secondaire est fait de fil plus gros que le primaire qui a ses sorties aux deux cosses médianes 2 et 3. Celles-ci sont également connectées indifféremment, l'une à la H.T. et l'autre à la plaque de la lampe finale.

DESCRIPTION D'UN APPAREIL COMPLET ALIMENTÉ PAR LE SECTEUR.

Nous avons étudié la nature et la fonction des différents circuits que l'on rencontre en radio. Nous sommes maintenant en mesure de donner une description détaillée d'un récepteur complet. Celui qui fait l'objet de cette étude est un appareil « universel » autrement dit, pouvant être alimenté indifféremment par les secteurs alternatifs ou continus de toutes tensions.

Le schéma d'ensemble est donné sur la planche : Récepteur E.P.S. 8 T (page 72).

PRINCIPE DE L'APPAREIL.

Le récepteur que nous allons étudier est à amplification directe. Cela signifie que les signaux captés par l'antenne sont successivement amplifiés

en haute fréquence, détectés et amplifiés en basse fréquence.

LES CIRCUITS HAUTE FRÉQUENCE.

Les signaux captés par l'antenne sont appliqués à l'extrémité A_1 d'un primaire L_1 dont l'autre extrémité est mise à la terre. Une deuxième prise d'antenne A_2 a pour but d'intercaler un condensateur C_1 de faible capacité (150 pF) entre l'antenne et le primaire L_1 . Ce condensateur permet de diminuer la capacité propre de l'antenne utilisée qui, sans cela, risque de perturber le primaire. On utilisera donc la prise A_2 si l'on dispose d'une antenne longue et la prise A_1 avec une antenne courte.

La bobine L_1 est couplée inductivement avec une bobine L_2 constituant avec L_1 un transformateur haute fréquence. La bobine L_2 est le secondaire de ce transformateur. On l'appelle aussi bobine de grille, car l'une de ses extrémités est connectée à la grille de commande de la lampe amplificatrice haute fréquence, l'autre étant reliée à la masse qui est aussi le pôle négatif de la source H.T. L'inductance L_2 est accordée par le condensateur variable CV_1 branché à ses extrémités.

La lampe amplificatrice haute fréquence est une penthode à pente variable dont le type sera étudié dans la prochaine leçon. Il importe seulement de savoir ici que l'amplification d'une telle lampe peut être réglée entre de très larges limites en agissant sur la polarisation de sa grille de commande.

A cet effet, la cathode de cette lampe est reliée à l'une des extrémités d'un potentiomètre de 10.000 ohms (Pot), dont le curseur est relié à la masse, tandis que l'autre extrémité est réunie à l'extrémité A_1 du bobinage L_1 .

Lorsqu'on tourne le bouton, le curseur parcourt la résistance du potentiomètre faisant varier, par conséquent, la portion en circuit entre la cathode et la masse. Il en résulte que la cathode est d'autant plus positive que la résistance en circuit est plus élevée. La grille, elle, reste au potentiel de la masse à laquelle elle est reliée par le bobinage L_2 . On peut donc dire qu'elle est d'autant plus

négative par rapport à la cathode que la résistance du potentiomètre est plus élevée.

Par la seule augmentation de la résistance dans le circuit cathodique de la lampe, il nous serait difficile, pour un potentiomètre de 10.000 ohms, d'arriver à diminuer suffisamment l'amplification de la lampe. C'est pour cela que l'autre extrémité du potentiomètre est réunie à l'antenne, de sorte que le bobinage L_1 se trouve amorti de plus en plus lorsque le curseur du potentiomètre se rapproche de cette extrémité.

La cathode n'est pas reliée directement au potentiomètre, mais par l'intermédiaire d'une résistance R_1 , dont la valeur est 250 ohms. Cette résistance a pour but de donner à la cathode un potentiel minimum de 1 volt environ, requis pour le fonctionnement correct de la lampe et cela lorsque le curseur du potentiomètre est à l'extrémité « cathode », c'est-à-dire, au minimum.

Le condensateur C_2 de 0,1 μ F shunte l'ensemble R_1 , Pot. Il dérive la composante H.F. du courant anodique afin de stabiliser le potentiel de la cathode.

L'écran est relié au + H.T. (soit environ 100 volts), comme nous le verrons plus loin.

La plaque, enfin, est alimentée à la même tension, à travers le primaire L_3 d'un transformateur haute fréquence tout à fait analogue à celui qui reçoit les oscillations de l'antenne. Son secondaire L_4 , identique au secondaire L_2 , est accordé par le condensateur variable CV_2 et le circuit oscillant ainsi constitué est relié d'une part, à la masse, d'autre part, à la grille de la lampe suivante.

Les deux condensateurs variables ont chacun une capacité maximum de 500 pF. Ils sont exactement semblables (mêmes dimensions, même profil des lames) et jumelés sur le même axe afin de pouvoir être manoeuvrés simultanément. Par ce moyen, on accorde les deux circuits oscillants L_2 , CV_1 et L_4 , CV_2 sur la fréquence à recevoir. Le phénomène de la résonance permet au circuit L_2 - CV_1 d'opérer une première sélection des signaux et au circuit L_4 - CV_2 de sélectionner, à son tour, les signaux déjà sélectionnés par L_2 - CV_1 et amplifiés par la penthode H.F. Ce sont ces signaux qui sont appliqués à la grille de la lampe suivante.

LA DÉTECTION.

Cette lampe est une penthode à pente fixe, montée en détectrice plaque.

Pour cela, on donne à sa grille une polarisation par rapport à la cathode, égale à la polarisation de blocage, celle pour laquelle le courant anodique de la lampe est pratiquement nul (voir la détection plaque, 7^e leçon). Comme la grille est reliée à la masse par le bobinage L_1 et, par conséquent, au potentiel de la masse, on rend la cathode positive par rapport à la masse d'une valeur égale à la tension de polarisation. C'est le rôle de la résistance R_2 de 10.000 ohms. Le condensateur de découplage C_3 a le même rôle que le condensateur C_2 , mais la composante alternative est ici à basse fréquence, aussi C_3 doit-il avoir une réactance beaucoup plus faible, c'est-à-dire une capacité beaucoup plus élevée. C'est un condensateur électrochimique de 5 microfarads.

L'écran est porté au potentiel convenable (inférieur à celui de la plaque) par la résistance R_3 de 1 mégohm. Le condensateur C_4 de 0,2 microfarad a un rôle de découplage analogue à celui des condensateurs C_2 et C_3 . Il stabilise le potentiel de l'écran.

La plaque est alimentée par la résistance R_4 reliée au + H.T. Les tensions basse fréquence résultant de la détection et amplifiées par la lampe apparaissent aux bornes de R_4 et sont transmises à la grille de la dernière lampe par l'intermédiaire du condensateur C_5 de 10.000 picofarads.

Le condensateur C_5 de 500 pF dérive à la masse la haute fréquence présente dans le circuit anodique (il ne faut pas perdre de vue que notre B.F. est constituée par des variations B.F. de l'amplitude d'un courant H.F.) et qu'on ne doit pas transmettre à l'étage suivant.

L'AMPLIFICATION BASSE FRÉQUENCE DE PUISSANCE.

Les oscillations B.F. venant de subir une première amplification en tension par la lampe détectrice sont amplifiées en puissance par la lampe

tétrade à concentration électronique, ou une pentode de puissance à forte pente.

La grille qui reçoit les signaux à amplifier par l'intermédiaire du condensateur C_6 , de 10.000 à 20.000 pF, est reliée à la masse par la résistance R_6 de 250.000 à 500.000 ohms. La cathode est rendue positive par rapport à la masse et, par conséquent, à la grille au moyen de la résistance R_5 de 150 ohms parcourue par le courant cathodique (somme du courant de plaque et du courant d'écran). Le condensateur électrochimique de découplage C_7 a une valeur élevée : 25 à 50 microfarads, car sa réactance aux fréquences les plus basses (100 périodes par sec.) doit être faible vis-à-vis de la résistance R_5 qui n'est, elle-même, que de 150 ohms.

L'écran est réuni directement au + H.T.

La plaque est alimentée en H.T. prise à l'entrée du filtre (avant bobine SF) afin de bénéficier de quelques volts de plus. Entre elle et l'entrée du filtre est inséré le primaire P du transformateur d'adaptation. Le primaire est shunté par le condensateur C_8 de 5.000 pF. Le secondaire S est relié à la bobine mobile du haut-parleur. La bobine d'excitation du haut-parleur est branchée entre l'entrée du filtre et la masse.

ALIMENTATION.

1° Alimentation anodique. - Le récepteur EPS 8T, destiné à fonctionner sur tous les secteurs, possède une valve afin de le rendre apte à fonctionner sur alternatif. Les deux plaques, d'une part, les deux cathodes d'autre part, sont réunies ensemble, car nous ne redressons qu'une seule alternance.

Lorsque le récepteur est branché sur continu, la valve évite que l'inversion possible de la polarité ne détériore les condensateurs électrochimiques. La valve forme, dans ce cas, un obstacle infranchissable pour le courant, puisque ses plaques sont réunies au pôle négatif.

Le condensateur C_9 de 10.000 pF, branché entre les plaques de la valve et la masse, permet de supprimer certains ronflements qui peuvent se produire lorsque le récepteur est accordé sur une émission.

Sur les cathodes, on recueille un courant pulsé constitué par des alternances positives, donc toutes de même sens. Il faut maintenant transformer ce courant pulsé, inutilisable dans cet état pour l'alimentation anodique, en courant rigoureusement continu. C'est le rôle de la cellule de filtrage.

Dans le cas de l'alimentation en continu, la valve n'a pas de rôle redresseur à accomplir, mais nous avons signalé déjà que le courant dit « continu » devait obligatoirement être filtré.

CELLULE DE FILTRAGE.

Elle est constituée par l'ensemble des condensateurs C_{10} et C_{11} et de l'inductance de filtrage SF. Le rôle des éléments de cette cellule de filtrage est le suivant (fig. 39).

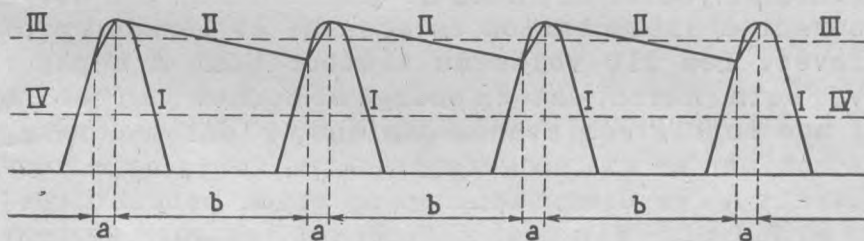


Fig. 39

Représentons par les courbes I le courant pulsé à la sortie de la valve. Le condensateur C_{10} à l'entrée du filtre se charge à chaque alternance, pendant les intervalles a , puis se décharge pendant les intervalles b dans les circuits d'utilisation. De ce fait, le courant prend la forme de la courbe II, qui est déjà considérablement plus régulière que l'ensemble des tronçons de courbe I.

Le premier condensateur de filtrage (C_{10}) a un double rôle. Tout d'abord, il permet d'obtenir à l'entrée du filtre une tension redressée d'autant plus élevée que sa capacité est plus grande. Par exemple, si ce condensateur n'existait pas, la tension redressée, à partir d'un secteur de 110 volts, ne serait que 45 volts environ, tandis qu'avec un condensateur de forte capacité, nous pouvons faci-

lement obtenir une tension redressée plus élevée que la tension alternative du secteur.

Ensuite, le condensateur C_{10} réduit considérablement la composante alternative (ronflement) qui subsiste à l'entrée du filtre et qui est, d'ailleurs, d'autant plus élevée que l'intensité débitée par le redresseur est plus grande.

Le condensateur C_{10} est suivi par le filtre à proprement parler, constitué par une inductance SF et un deuxième condensateur C_{11} . Ces deux éléments (SF et C_{11}) constituent tout simplement un diviseur de tension qui se comporte, en alternatif, comme si SF était une résistance très élevée (réactance) et C_{11} une résistance très faible (capacitance). Donc, la composante alternative, qui subsiste encore à l'entrée du filtre, se trouve très fortement réduite.

La bobine de filtrage présente une certaine résistance ohmique qui fait perdre un certain nombre de volts. Or, nous ne transformons pas notre courant d'alimentation en courant de tension plus élevée. Les 110 volts du secteur sont à ménager avec soin. Aussi, est-on obligé de donner à la bobine SF une faible résistance ohmique, c'est-à-dire de la bobiner en fil de gros diamètre (mais cela conduirait à des dimensions et un poids prohibitifs) ou en fil plus fin mais plus court, et cela se traduit par un faible nombre de tours de fil, et par suite par un coefficient de self-induction peu élevé (les bobines de filtrage de récepteurs « tous courants » ne font en général pas plus de 2,5 à 4 Henrys). On se rattrape pour l'efficacité du filtre sur la capacité des condensateurs C_{10} et C_{11} qui peuvent atteindre 32, 50 et même 100 microfarads.

La tension appliquée aux plaques de la valve est de 110 volts. A l'entrée du filtre, on dispose d'une tension du même ordre de grandeur, tandis que la tension filtrée ne dépasse guère 100 volts, par suite de la chute de tension dans l'inductance SF.

Il est à remarquer que si nous avons utilisé, sur ce récepteur, un haut-parleur à aimant permanent, la bobine d'excitation serait supprimée, ce qui diminuerait le débit du redresseur et ferait monter la tension redressée. On peut gagner, de

cette façon, une dizaine de volts après filtrage. Il n'est pas obligatoire d'employer une inductance telle que SF pour constituer un filtre et on voit très souvent, dans les récepteurs modernes, des cellules de filtrage constituées par une résistance (à la place d'inductance) et deux condensateurs électrochimiques.

En effet, lorsque la plaque de la lampe finale, dont le débit constitue, à peu près, 75 % de l'intensité totale du récepteur, est alimentée par la haute tension prélevée à l'entrée du filtre, la bobine SF, ou la résistance qui la remplace, n'est traversée que par 10 à 12 mA. Nous pouvons, par conséquent, admettre une résistance plus forte pour cet élément, sans craindre une chute de tension excessive.

Lorsque la cellule de filtrage comporte une résistance, cette dernière est, généralement, de 1.000 à 3.000 ohms.

2° Chauffage des lampes.

Toutes les lampes de radio sont chauffées à tension relativement basse. Nous pourrions alimenter individuellement chaque filament en « chutant » un certain nombre de volts du secteur. Mais cela entraînerait une consommation exagérée. Aussi, groupe-t-on en série tous les filaments à alimenter, même celui de la lampe d'éclairage du cadran. Cette alimentation des filaments en série n'est possible que si les filaments des diverses lampes consomment tous la même intensité.

Par contre, les tensions nécessaires aux différents filaments ne sont pas les mêmes. Cette différence provient de ce que les cathodes de la lampe finale B.F. et de la valve ont une grande surface, en rapport avec le débit électronique demandé, et que, par suite, il faut une puissance plus grande pour les chauffer.

On peut augmenter la puissance (produit de la tension par l'intensité) en augmentant, soit la tension, soit l'intensité. Or, cette dernière est obligatoirement fixée. On augmente alors l'autre facteur, la tension.

Suivant le type des lampes utilisées, la tension de chaque filament peut varier, et nous allons

prendre deux exemples, basés sur les séries de lampes couramment utilisées.

Lampes miniatures. - Le courant de chauffage de ces lampes est de 0,15 A (150 mA), les tensions de chauffage se répartissant de la façon suivante :

Amplificatrice H.F. (12 BA 6)	12,6 V;
DéTECTrice (12 BA 6)	12,6 V;
Lampe B.F. finale (50 B 5)	50 V;
Valve (35 W 4)	35 V.

Nous avons donc au total, pour la chaîne des filaments, 110 volts, ce qui, théoriquement, nous dispense de l'obligation de prévoir une résistance telle que R_7 (pour un secteur de 110 volts). Pratiquement, il est prudent de conserver R_7 , en lui donnant une valeur faible, de façon à « chuter » quelques 5-10 volts. Donc la valeur de la résistance R_7 sera comprise entre $5/0,15 = 33$ ohms et $10/0,15 = 67$ ohms.

Lampes rimlock. - Le courant de chauffage de ces lampes est de 0,1 A (100 mA), les tensions de chauffage se répartissant de la façon suivante :

Amplificatrice H.F. (UF 41)	12,6 V;
DéTECTrice (UF 41)	12,6 V;
Lampe B.F. finale (UL 41)	45 V;
Valve (UY 41)	31 V.

Nous avons donc au total, pour la chaîne des filaments, 101 volts et pour pouvoir alimenter notre récepteur sur 115-120 volts, nous devons prévoir une résistance-série R_7 , de façon à créer une chute de tension de 14 à 19 volts. La valeur de R_7 sera donc comprise entre

$$14/0,1 = 140 \text{ ohms et } 19/0,1 = 190 \text{ ohms.}$$

Lorsque le secteur, alternatif ou continu, est d'une tension supérieure à 110 volts, il est nécessaire de connecter d'autres résistances en série avec R_7 ; ce sont les résistances R_8 , R_9 , R_{10} prévues pour l'alimentation par secteur de 130, 220 et 250 volts. Elles sont mises en circuit à volonté avant le branchement de l'appareil sur le réseau, au moyen d'un distributeur figuré à droite sur le schéma du récepteur EPS 8 T.

Le circuit des filaments, comme tous les circuits d'alimentation, se referme sur le pôle nég-

tif du secteur qui est relié à la masse du récepteur. L'interrupteur général I est disposé entre un pôle du secteur et la masse. Un fusible (Fus) est en série entre l'autre pôle du secteur et le distributeur.

3° Eclairage du cadran.

Il y a plusieurs façons d'assurer l'éclairage du cadran d'un récepteur « tous-courants ». La plus simple consiste à intercaler l'ampoule d'éclairage en série avec tous les filaments. Cependant, les ampoules existant dans le commerce sont prévues, le plus souvent, pour une intensité de 0,1 ou 0,3 A, de sorte que toutes ne conviennent pas également pour tous les types de lampes.

Si le récepteur est équipé de lampes rimlock de la série U (courant de chauffage 0,1 A) l'utilisation d'une ampoule en série avec les filaments est possible dans les conditions suivantes : ampoule 6,3 V-0,1 A, shuntée par une résistance dérivant environ 30-40 mA sur une chute de tension de 6,3 volts, afin d'éviter à cette ampoule des surtensions au moment de l'allumage. La résistance-shunt sera donc de 150 ohms environ (fig. 39 a).

Si le récepteur est équipé de lampes miniatures de la série 12 volts, l'ampoule du cadran sera encore une 6,3 V-0,1 A, mais shuntée par une résistance de 60-80 ohms.

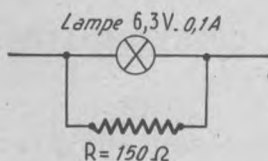


Fig. 39 a

Ce n'est que sur des récepteurs anciens, équipés de lampes dont le courant de chauffage est de 0,3 A que l'on trouve des ampoules de cadran de 0,3 A, mais presque toujours shuntées par une résistance de quelque 50 ohms.

Mais il ne faut pas oublier qu'une ampoule d'éclairage intercalée dans une chaîne de chauffage augmente de 6,3 volts la tension totale néces-

saire à ce circuit et il arrive souvent, avec les lampes modernes, que l'ensemble des filaments fasse exactement 112-117 volts, de sorte que nous n'avons aucune « marge » pour une ampoule de cadran.

Dans ce cas, cette dernière devra être alimentée « en parallèle », directement à partir de la tension du secteur, en série avec une résistance bobinée de 5 à 10 watts, de valeur appropriée. Ainsi, pour une seule ampoule de 6,3V-0,1A, il faudra une résistance série de 1.100 ohms environ (pour 115-117 volts (fig. 39 b).

Si nous avons un cadran qui exige deux ampoules d'éclairage, nous les alimenterons en série avec une résistance de 1.000 ohms (fig. 39 c).

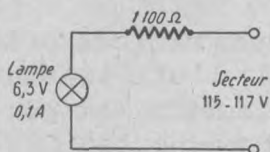


Fig. 39 b

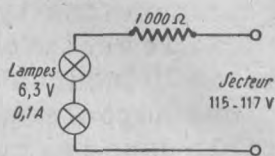


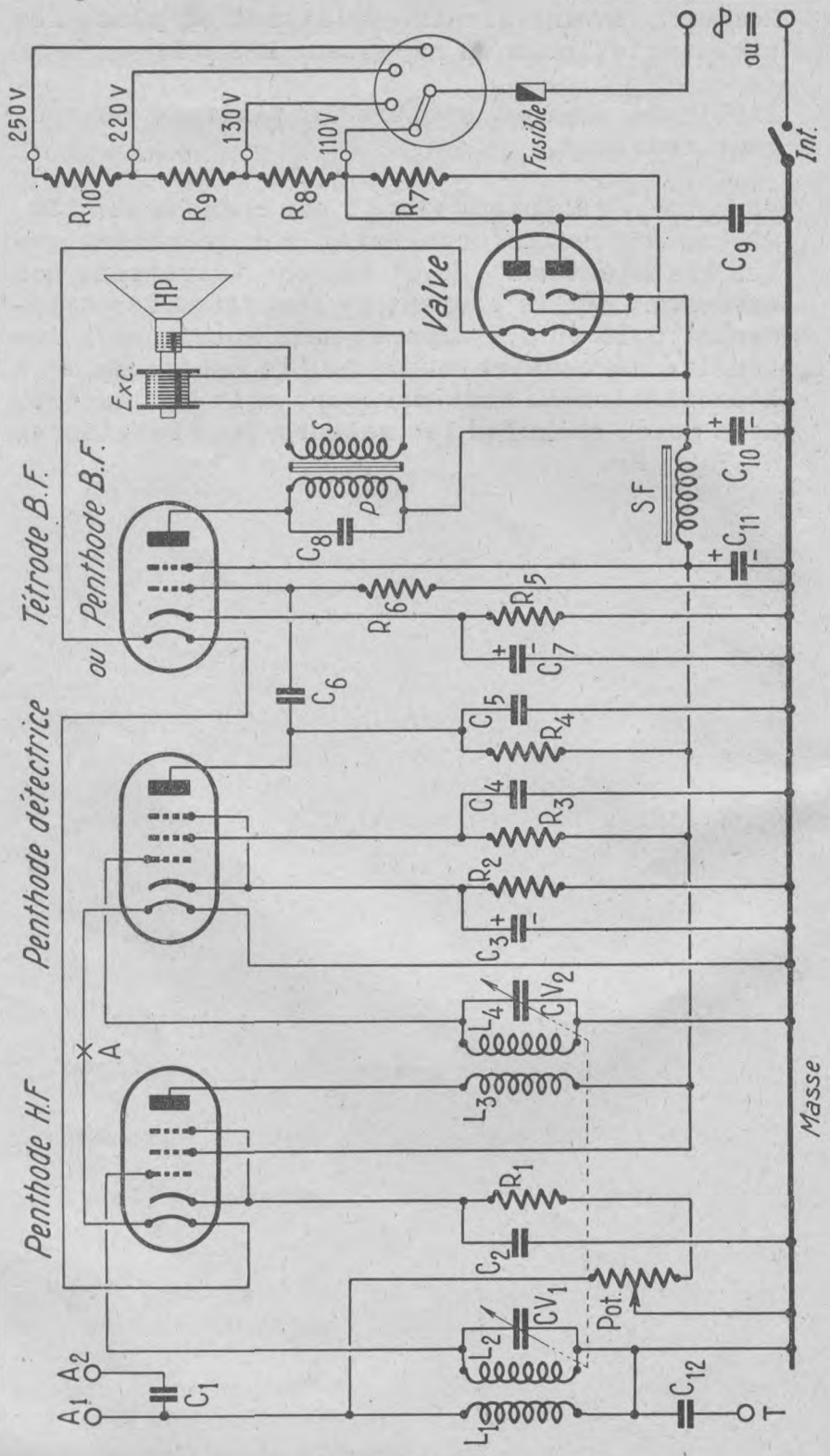
Fig. 39 c

Lorsque l'ampoule de cadran est placée en série avec tous les filaments, on la branche le plus souvent avant la dernière lampe de la chaîne, par exemple au point A du schéma du récepteur EPS 8 T.

QUESTIONNAIRE

1. Principe du haut-parleur électromagnétique.
2. Principe du haut-parleur électrodynamique.
3. Doit-on employer les haut-parleurs sans baffle ?
4. Quel est le rôle du transformateur de haut-parleur électrodynamique ?
5. Quel est le rôle du condensateur en dérivation sur le primaire de ce transformateur ?

6. Résumez, en une dizaine de lignes au plus, les caractéristiques du récepteur EPS 8 T.
7. Expliquez comment s'opère le filtrage du courant redressé.
8. Lorsque le récepteur EPS 8 T est branché sur 130, 220 ou 250 volts, constatez sur le schéma que les résistances R_8 , R_9 et R_{10} sont traversées non seulement par le courant de chauffage des filaments, 0,15 ou 0,1 ampère, mais aussi par l'intensité nécessaire aux circuits anodiques et à l'excitation du haut-parleur, soit 0,1 ampère. Cela posé, calculez les valeurs des résistances R_8 , R_9 et R_{10} .



NEUVIÈME LEÇON

LAMPES A PENTE VARIABLE

Nous avons vu que la caractéristique I_a/V_g d'une lampe radio présente l'aspect dessiné figure 40.

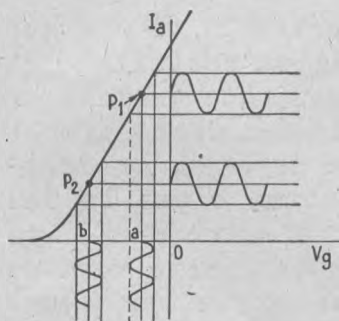


Fig. 40

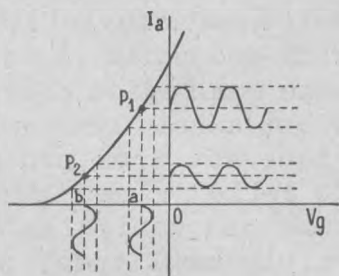


Fig. 41

On y trouve toujours une partie rectiligne et un coude inférieur. Il est bien évident que la pente de la caractéristique varie tout le long de la partie coudée, entre zéro (au point de contact entre la courbe et l'axe horizontal) et un maximum (la pente de la partie rectiligne). Toute lampe est donc à pente variable. Mais, en réalité, nous nous gardons bien de travailler dans ce coude et tout ce que nous avons dit jusqu'ici tendait à montrer qu'il fallait que le point de fonctionnement ne quitte pas la partie rectiligne.

Dans ces conditions, des tensions de même amplitude provoquent les mêmes variations de courant, quelle que soit la position du point de fonctionnement sur la partie rectiligne.

Voir, par exemple, la figure 40 où, aux polarisations a et b correspondent les points de fonctionnement P_1 et P_2 à des endroits différents de la caractéristique, mais cependant déterminant les mêmes variations de courant.

Imaginons maintenant une caractéristique dont l'allure serait celle représentée figure 41. A la polarisation a correspond le point de fonctionnement P_1 en une région de la caractéristique où celle-ci présente une pente élevée. Les variations de

courant anodique sont importantes. A la polarisation b correspond un point P_2 en une région à faible pente. Il en résulte de très faibles variations de courant. Une lampe présentant une telle caractéristique nous donnerait le moyen de régler son amplification entre zéro et un certain maximum et cela en agissant simplement sur la tension de polarisation.

Une objection vient à l'esprit; il n'y a sur cette caractéristique aucune région rectiligne et nous avons dit, à maintes reprises, que travailler dans une région courbe engendrait des distorsions. C'est exact, mais si la courbure de la caractéristique est très peu prononcée, comme c'est le cas de celle de la figure 41 et que, d'autre part, les tensions variables appliquées à la grille sont de faible amplitude, nous pourrions assimiler à une droite la portion de la caractéristique utilisée et l'on ne notera pratiquement pas de distorsion.

Les tensions mises en jeu dans l'amplification haute fréquence des récepteurs répondent à cette condition; elles sont toujours de faible amplitude.

C'est dans l'amplification H.F. que les lampes à pente variable trouvent leur domaine d'application.

Nous avons déjà eu l'occasion de montrer l'emploi d'une lampe de ce type dans le récepteur EPS 8 T ayant fait l'objet de notre dernière leçon. Rappelons donc que l'on agit simplement sur la polarisation en remplaçant la résistance de cathode par un potentiomètre P monté en résistance variable (fig. 42). La polarisation est maximum lorsque

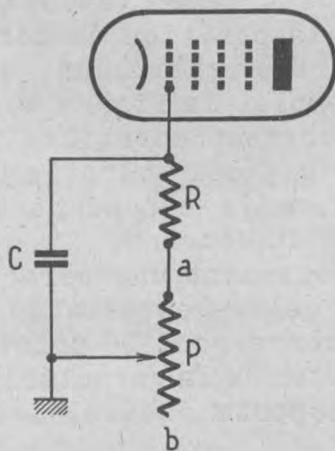


Fig. 42

toute la résistance du potentiomètre est en circuit; à ce moment, la lampe amplifie très peu. Lorsque le curseur du potentiomètre est à l'extrémité a, toute la résistance du potentiomètre est hors circuit; la polarisation est minimum. Elle serait nulle si l'on n'avait la précaution de monter une résistance R entre cathode et potentiomètre, résistance qui détermine la valeur minimum au-dessous de laquelle ne doit pas descendre la polarisation.

COMMENT SONT RÉALISÉES LES LAMPES A PENTE VARIABLE.

D'une façon très simple. Dans une lampe à pente fixe, le « pas » de la grille de commande est constant (fig. 43).

Dans une lampe à pente variable, au contraire, ce pas est plus serré aux extrémités et plus lâche au centre (fig. 44). Lorsque la grille est faiblement polarisée, tout se passe comme si l'on se trouvait en présence d'une grille à pas régulier. Lorsque la polarisation est importante, le flux élec-



Fig. 43



Fig. 44

tronique de la cathode est arrêté par les parties de la grille à pas serré; le courant plaque est alors créé par les électrons qui traversent la partie à pas élargi.

LAMPES HEXODES ET HEPTODES.

La penthode avec ses trois grilles : grille de commande, grille écran et grille de suppression, est le type le plus courant de lampe.

Il existe cependant des lampes à plus de trois grilles, mais ce sont en somme des tétrodes ou des penthodes auxquelles on a adjoint des électrodes

supplémentaires destinées à remplir une fonction déterminée.

C'est ainsi que l'hexode est une tétrode possédant une deuxième grille de commande et une deuxième grille écran qui, avec la grille écran normale, encadre cette deuxième grille de commande. Dérivée de la tétrode (lampe à écran) l'hexode n'est guère utilisée en tant que lampe isolée, mais nous la trouverons très souvent dans les lampes multiples, telles que triodes-hexodes.

Une hexode à laquelle on ajoute une grille de suppression (fig. 45) devient une heptode ou pentagrille, mais en fait il existe deux types d'heptodes : celui dont la figure 45 nous indique la distribution des électrodes et celui dont il sera question plus loin, à propos des lampes changeuses de fréquence.

Les heptodes peuvent être utilisées comme amplificatrices haute fréquence et comme modulatrices dans les superhétérodynes. Nous les étudierons plus tard dans cette dernière fonction. Comme am-

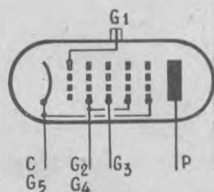


Fig. 45



Fig. 46

plificatrices haute fréquence, on les monte comme des pentodes, la deuxième grille de commande (G_2 sur la figure 45) reçoit la même polarisation que la grille de commande G_1 , mais ne reçoit pas les signaux incidents.

LAMPES MULTIPLES.

Il existe une très grande variété de lampes multiples, c'est-à-dire, contenant dans le même globe les éléments de deux ou trois lampes distinctes. Nous en citerons les principaux types.

DOUBLES DIODES.

Nous avons déjà parlé des diodes et de leur fonction détectrice. Lorsqu'elles sont construites pour redresser des courants d'une certaine intensité, elles prennent le nom de valves simples, dites monoplaques (fig. 46); elles sont assez souvent utilisées dans les récepteurs dits tous courants.

Diodes de détection et valves existent surtout sous la forme double. On trouve alors dans la même ampoule deux diodes distinctes possédant chacune son anode et sa cathode (fig. 47); un seul filament chauffe ces deux cathodes. D'autres tubes contiennent bien deux plaques, mais une seule cathode commune aux deux plaques (fig. 48). Ces valves dites « biplaques » sont utilisées pour redresser les deux alternances.

Un certain nombre de valves sont à chauffage direct, dans ce cas, le + H.T. est pris sur l'une des extrémités du filament de la valve.

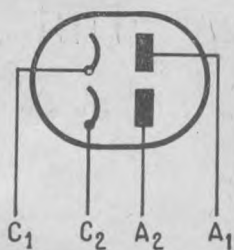


Fig. 47



Fig. 48

AUTRES TYPES DE LAMPES MULTIPLES.

Le tube diode n'amplifiant pas, on a été amené à lui adjoindre dans le même globe les éléments d'une triode ou d'une penthode.

Il n'existe pas de simple diode-triode. Le schéma d'une telle lampe serait celui de la figure 49. Par contre, il existe plusieurs types de doubles diodes-triodes correspondant au schéma de la figure 50.

Il existe aussi plusieurs types de doubles diodes-pentodes dont le



Fig. 49

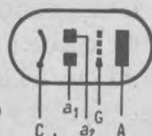


Fig. 50

schéma est représenté figure 51, et aussi des diodes-pentodes.

Dans ce cas, la partie penthode peut être utilisée quelquefois pour l'amplification H.F. ou M.F.

On rencontre une grande variété de combinaisons donnant lieu à lampes multiples. Nous en citerons les principales :

La triode-hexode (fig. 52) employée comme oscillatrice-modulatrice dans les récepteurs à changement de fréquence.

La double-triode (fig. 53) pour montage push-pull, ou deux étages d'amplification B.F.

La triode-penthode (fig. 54) pour montages divers.

Nous étudierons plus loin les indicateurs visuels d'accord : trèfle cathodique et œil magique, mais réservons une étude spéciale aux lampes multiples utilisées en oscillatrices-modulatrices : heptodes et octodes, triodes-hexodes et triodes-heptodes.

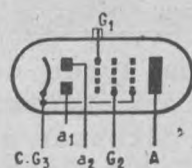


Fig. 51

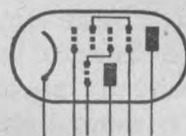


Fig. 52

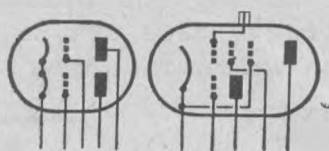


Fig. 53 Fig. 54

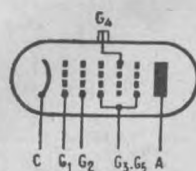


Fig. 55

HEPTODES ET OCTODES - OSCILLATRICES-MODULATRICES.

L'heptode oscillatrice-modulatrice, dont il va être question, n'est pas celle que nous avons décrite plus haut. On ne peut non plus la ranger sans restriction dans la catégorie des lampes multiples.

Outre la cathode et la plaque, on trouve les grilles suivantes (fig. 55) : G_1 et G_2 sont des électrodes oscillatrices; G_3 et G_5 réunies ensemble forment l'écran et entourent la grille de commande G_4 . Si aux électrodes de cette lampe on ajoute une grille de suppression (G_6 , fig. 56) on obtient l'octode. Nous reviendrons plus loin sur l'emploi et le montage de ces lampes.

Enfin, les heptodes construites suivant le principe de la figure 45 sont également utilisées en tant que changeuses de fréquence, mais leur montage diffère entièrement de celui des octodes, triodes-hexodes et heptodes de la figure 55.

Fig. 56

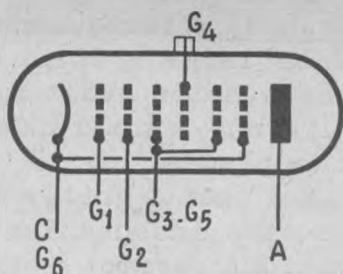
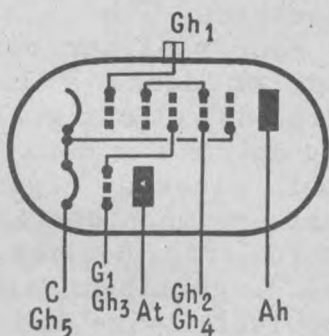


Fig. 57



TRIODES-HEXODES. TRIODES-HEPTODES.

Ces deux types de lampes peuvent être substitués aux heptodes et octodes oscillatrices-modulatrices et donnent de meilleurs résultats, principalement en ondes courtes, grâce à l'indépendance absolue des deux fonctions oscillatrice et modulatrice, obtenue par la séparation nette des deux lampes élémentaires (triode et hexode, triode et heptode) qui sont montées l'une au-dessus de l'autre dans la même ampoule.

La figure 57 représente le schéma d'une triode-heptode.

La triode-hexode ne diffère d'elle qu'en ce qu'elle ne possède pas la grille de suppression G_6 .

LAMPES A CONCENTRATION ÉLECTRONIQUE.

Une technique relativement récente a permis d'améliorer le fonctionnement des lampes en disci-

plinant les électrons, en les « concentrant » suivant des parcours déterminés.

Nous avons signalé l'inconvénient de l'émission secondaire lorsque nous avons mentionné les défauts de la lampe à écran et nous avons dit que cette constatation avait amené les techniciens à introduire une « grille de suppression » entre l'écran et la plaque.

Mais cette grille de suppression elle-même n'est pas sans inconvénients et la concentration électronique permet justement de supprimer cette électrode.

Pour réaliser cette concentration électronique, on donne à la cathode une forme aplatie (fig. 58) et aux grilles une forme ovale. De plus, les spires des deux grilles sont placées rigoureusement les unes derrière les autres (fig. 59, vue en coupe). La grille qui a un effet répulsif divise le faisceau électronique; la disposition des spires fait que peu d'électrons rencontrent l'écran et la réduction du courant d'écran est avantageuse (suppression du « souffle » en ondes courtes; alimentation de l'écran à la même tension que l'anode; puissance modulée importante).

Les tubes à concentration électronique ont des pentes élevées; la distorsion produite est très faible.

LAMPES A CARACTÉRISTIQUES BASCULANTES.

L'inconvénient des lampes à pente variable est qu'elles n'admettent sur la grille que des tensions de faible amplitude.

Certains constructeurs de lampes sont parvenus à établir des types de lampes dont l'amplification

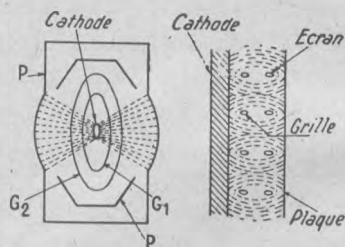


Fig. 58

Fig. 59

est réglable dans les mêmes limites que pour les lampes à pente variable, mais avec l'avantage de pouvoir admettre des tensions de grande amplitude.

Lorsque l'on fait varier la polarisation de la grille, le point de fonctionnement se déplace sur une caractéristique courbe comme s'il s'agissait d'une lampe à pente variable, mais pour une polarisation donnée, a ou b (fig. 60) à laquelle correspond un point P_1 ou P_2 , tout se passe comme si l'on travaillait sur une droite, la tangente à la caractéristique en P_1 ou P_2 . Cette particularité permet d'employer ces lampes en B.F., domaine interdit aux lampes à pente variable.

DESCRIPTION D'UN RÉCEPTEUR TOUS COURANTS FIDÈLE ET PUISSANT.

Nous allons décrire dans cette leçon un récepteur universel (tous courants), mais beaucoup plus perfectionné que le précédent en tant qu'amplification B.F. (voir la planche hors texte E.P.S. 9 T) (page 86).

Sa partie haute fréquence est identique à celle du récepteur E.P.S. 8 T, mais sa partie B.F., à détection « Sylvania » et à étage final push-pull, permet une reproduction de remarquable qualité musicale et de grande puissance.

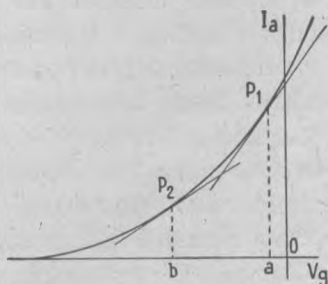


Fig. 60

Lorsqu'il s'agit d'un récepteur à amplification directe, il est inutile de rechercher une sélectivité plus poussée en montant un deuxième étage d'amplification H.F., car le montage devient compliqué (trois condensateurs variables) et relativement délicat à mettre au point (accrochages à craindre). Nous verrons très bientôt qu'une excel-

lente sélectivité peut être obtenue d'une façon simple et économique par le montage superhétérodyne.

Donc, nous avons tout d'abord un bobinage d'entrée, comportant un primaire (L_1) et un secondaire (L_2), ce dernier étant accordé par l'un des éléments (C.V.1) d'un condensateur variable double.

Deux prises d'antenne sont prévues (A_1 et A_2), chacune couplant l'antenne au bobinage L_1 à travers une capacité : C_1 , de 200 pF (pour une antenne intérieure); C_2 , de 50 pF (pour une antenne extérieure).

Le réglage du gain de la lampe amplificatrice H.F. (V_1), qui est une penthode à pente variable ou basculante; se fait exactement comme dans le récepteur E.P.S. 8 T : polarisation plus ou moins élevée de la cathode et amortissement simultané du primaire d'antenne L_1 par le potentiomètre Pot 1 de 10.000 ohms.

Le circuit de cathode de la lampe V_1 , découplé par le condensateur C_4 de 0,1 μ F, comporte une résistance de limitation R_1 , de 250 à 300 ohms, afin que le potentiel de la cathode ne puisse pas descendre au-dessous d'une certaine valeur minimum.

Le primaire L_3 du bobinage de liaison H.F. est intercalé dans le circuit anodique de la lampe V_1 , tandis que la grille-écran de cette lampe est connectée directement au + H.T.

Le secondaire L_4 du bobinage de liaison H.F. identique au bobinage L_2 , est accordé par le deuxième élément (C.V. 2) du condensateur variable double. Nous rappelons que les condensateurs C.V. 1 et C.V. 2 sont identiques.

C'est à partir du circuit accordé L_4 -C.V. 2 que le récepteur décrit ici diffère complètement de celui que nous avons étudié plus haut.

En effet, la lampe V_2 est une double triode à cathodes séparées dont l'un des éléments, celui dont la grille est réunie au bobinage L_4 , est monté en détectrice dite « Sylvania ».

Ce genre de détecteur, utilisé souvent sur des récepteurs de luxe, n'est autre chose qu'une détectrice par la plaque à charge cathodique. Autrement dit, la plaque de la triode détectrice est réunie directement à la haute tension, tandis que la résistance de charge, de 50.000 ohms (R_2) est inter-

calée dans le circuit cathodique de la lampe, shuntée par un condensateur C_5 de faible capacité (250 pF).

Il serait trop long de faire ici la théorie de ce mode de détection qui, répétons-le, n'est autre chose qu'une variante de la détection par la plaque. Disons seulement que la détection « Sylvania » est caractérisée par l'absence d'amortissement sur le circuit qui la précède (donc sélectivité et sensibilité meilleures) et par une meilleure reproduction des fréquences élevées (aiguës).

Son inconvénient, relatif, est que la lampe n'amplifie pratiquement pas, contrairement à ce qui se passe avec une détectrice par la plaque classique.

Par conséquent, nous devons prévoir une amplificatrice B.F. supplémentaire, fonction que nous allons confier à la deuxième triode de la V_2 .

La liaison entre les deux triodes de la V_2 se fait à partir de la résistance de charge R_2 , par une cellule de filtrage H.F., $R_{15}-C_7$, dont le but est de prévenir certains accrochages, et par le potentiomètre Pot 2, de 500.000 ohms qui permet de régler la puissance du récepteur.

Nous disposons donc, sur ce récepteur, de deux réglages : sensibilité par le potentiomètre Pot 1 et puissance par Pot 2, ce qui nous permet une grande souplesse.

La triode amplificatrice de la V_2 est montée normalement, avec une résistance de polarisation R_3 , de 1.000 à 3.000 ohms suivant la lampe, shuntée par un condensateur électrochimique C_6 de 10 à 25 μ F, et une résistance de charge anodique R_4 de 50.000 à 100.000 ohms. Un condensateur au mica (C_8) de 250 pF, découple la plaque et empêche certains accrochages.

AMPLIFICATION DE PUISSANCE.

Les signaux détectés par la première triode de la V_2 et amplifiés en tension par la seconde triode de la même lampe sont transmis par le condensateur C_9 à l'étage de puissance qui est, dans ce récepteur, constitué par deux pentodes en montage symétrique qu'on appelle aussi montage équilibré, mais que

l'on connaît surtout sous le nom de push-pull, mots anglais qui signifient "pousse-tire" et qui caractérisent assez bien le fonctionnement de ce montage particulier.

Mais pourquoi ce montage push-pull ? On pourrait, pour augmenter la puissance plus simplement, monter deux pentodes en parallèle, les électrodes correspondantes étant réunies ensemble ou, mieux, utiliser comme avec le récepteur de la leçon précédente, une seule lampe mais plus puissante.

Bien que la puissance de sortie délivrée par un montage push-pull soit du même ordre de grandeur que celle procurée par deux lampes montées en parallèle, les avantages d'un push-pull sont énormes par rapport au montage "parallèle" et nous allons les énumérer brièvement :

a) Diminution très nette des distorsions par la suppression presque complète des harmoniques paires. Le montage parallèle ne présente aucun avantage à ce point de vue.

b) Transformateur de sortie (T.S.) comportant une prise médiane au primaire qui se trouve donc partagé en deux moitiés identiques, P_1 et P_2 . De ce fait, le courant continu anodique de chaque lampe finale, crée, dans la moitié du primaire qu'il traverse, un champ magnétique opposé à celui de l'autre moitié. Les deux champs se compensant pratiquement, aucune saturation du noyau magnétique (autre source de distorsion) n'est à craindre. Avec deux lampes en parallèle le danger de saturation est plus grand encore qu'avec une seule lampe.

c) Possibilité d'alimenter les plaques de l'étage final par de la haute tension relativement mal filtrée, car l'effet du ronflement dans l'une des moitiés du primaire est compensé par l'effet contraire de l'autre moitié.

Les deux lampes d'un push-pull doivent recevoir sur leurs grilles des tensions égales en amplitude mais en opposition de phase. Autrement dit, lorsque l'une des lampes du push-pull recevra une alternance positive de 8 volts, par exemple, l'autre devra recevoir une alternance de -8 volts.

La première lampe reçoit les tensions détectées et amplifiées par l'intermédiaire du condensateur C_3 de 10.000 pF. Il nous faut créer des tensions

égales et en opposition de phase pour les appliquer à la grille de la deuxième lampe.

Une solution qui vient immédiatement à l'esprit est la suivante : insérer le primaire P d'un transformateur dans le circuit plaque de la lampe amplificatrice de tension (1^{re} B.F.). Le secondaire de ce transformateur étant à prise médiane, les deux extrémités seront reliées aux grilles des lampes du push-pull V_4 et V_5 . La prise médiane sera réunie à la masse (fig. 61).

Les tensions en a et b répondent aux conditions requises; elles seront égales et en opposition de phase.

Cette solution est simple, en principe. En fait, elle est rarement utilisée dans les montages de faible puissance, car un transformateur B.F. ne peut, ainsi que nous l'avons dit, être de qualité médiocre; or, un transformateur push-pull de bonne qualité est relativement cher; aussi, n'utilise-t-on le couplage par transformateur push-pull que dans le cas d'un amplificateur de grande puissance. C'est d'ailleurs la seule solution possible car le régime de fonctionnement des lampes est alors avec courant de grille. Dans les circonstances ordinaires on emploie un autre procédé de déphasage qui donne d'excellents résultats et est moins coûteux : on utilise une lampe.

Il nous suffira de remarquer que les variations de tension grille et les variations de tension plaque qui en résultent sont en opposition de phase (fig. 62). Supposons, par exemple, que la grille reçoive une alternance positive. Celle-ci va déterminer un accroissement du courant plaque, donc

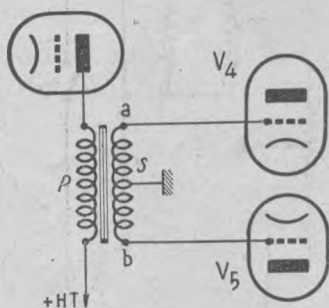


Fig. 61

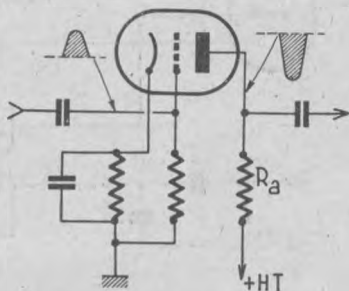
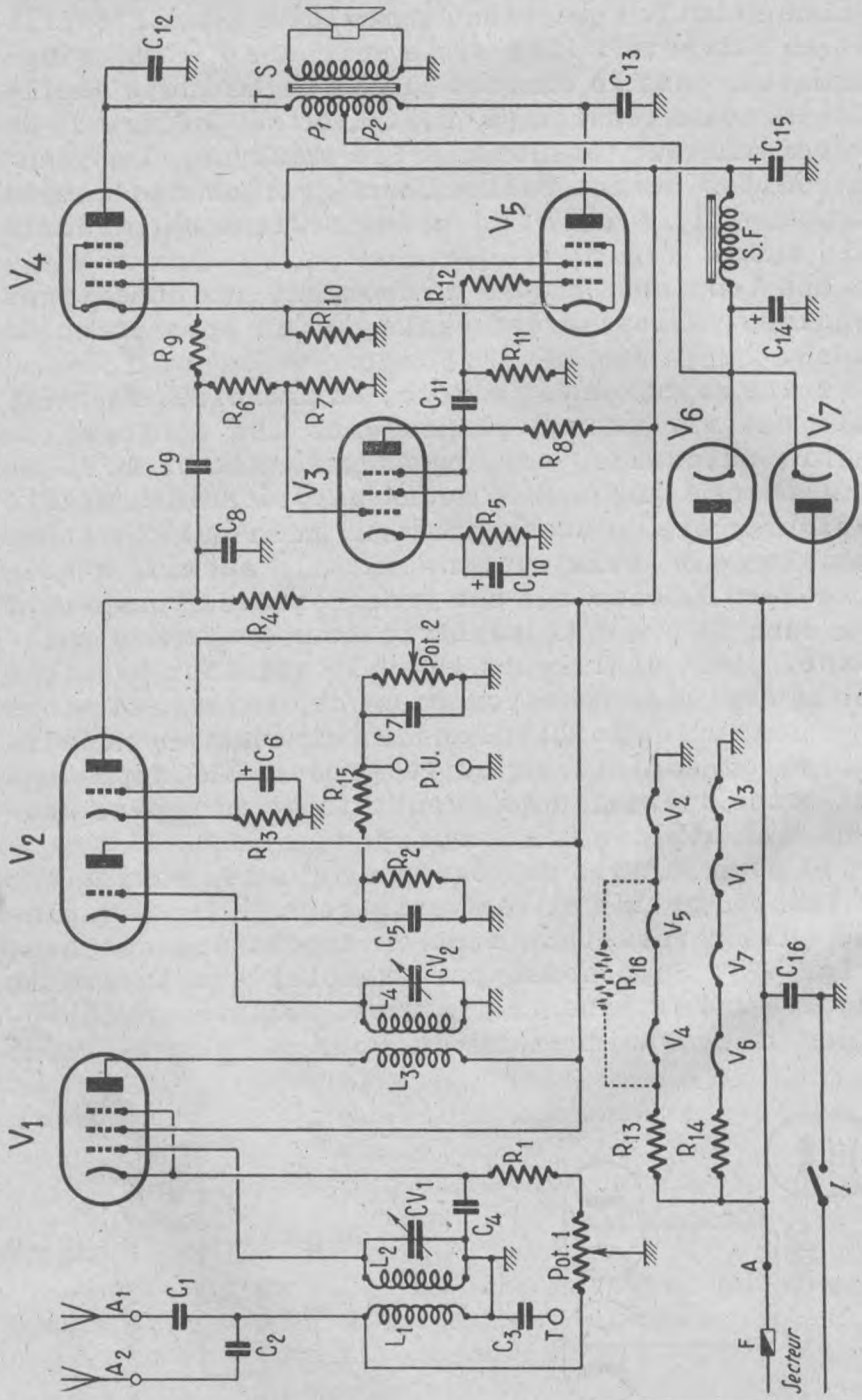


Fig. 62



une diminution de la tension plaque, puisque la chute de tension dans R_a est plus grande. Il en résulte, par conséquent, que l'alternance correspondante sur la plaque sera négative.

Les tensions grille et plaque sont en opposition, c'est là un fait acquis, mais elles ne sont pas égales et cela ne fait pas notre affaire, puisque nous voulons créer une tension déphasée de même amplitude. Aussi, appliquerons-nous, à la grille de la déphaseuse, non pas toute la tension B.F. disponible, mais une partie de celle-ci. Si le gain en tension de la déphaseuse est de 10, ce sera le dixième de la tension B.F. Après amplification, nous recueillerons, à la sortie de la déphaseuse, une tension déphasée de même amplitude. Un diviseur de tension, composé de 2 résistances fixes, nous procurera très simplement la tension réduite dans le rapport des résistances qui le composent.

Dans le récepteur E.P.S. 9 T, c'est une penthode montée en triode (V_3) qui est déphaseuse. En effet, et nous ouvrons ici une parenthèse, toute penthode peut être transformée en triode et il suffit pour cela de réunir son écran à sa plaque. Si la troisième grille (suppresseuse) est accessible extérieurement, on la relie également à l'écran et à la plaque.

La résistance de fuite de la première lampe B.F. finale (V_4) est composée de deux résistances en série : $R_6 = 450.000$ ohms et $R_7 = 50.000$ ohms. A la jonction des deux résistances de ce diviseur de tension, les tensions sont dans le rapport :

$$\frac{50.000}{450.000 + 50.000} = \frac{50.000}{500.000} = \frac{1}{10} \text{ soit } \frac{1}{10}$$

des tensions appliquées à la grille de cette lampe. On réunit donc ce point à la grille de la déphaseuse.

La résistance de charge de la plaque R_8 a une valeur de 50.000 ohms; la résistance de cathode $R_5 = 3.000$ ohms; elle est shuntée par le condensateur C_{10} de 25 microfarads.

Le condensateur C_{11} de 10.000 pF transmet à la grille de la deuxième lampe du push-pull les tensions déphasées. $R_{11} = 500.000$ ohms est la résistance de fuite de la deuxième lampe finale; elle est

égale à la résistance de fuite de la première lampe constituée par R_6 et R_7 dont la somme est bien 500.000 ohms.

Les écrans des deux lampes finales sont alimentés en haute tension et reliés pour cela directement à la sortie du filtre.

Les deux plaques des lampes du push-pull sont reliées aux extrémités du primaire du transformateur du haut-parleur qui est muni d'une prise médiane reliée au + H.T. avant filtrage, afin de bénéficier de quelques volts de plus.

Comme nous l'avons expliqué plus haut, le fait de réunir les circuits d'anode d'un push-pull à la haute tension avant filtrage ne présente aucun danger de ronflement.

Chaque plaque est découplée vers la masse par un condensateur (C_{12} et C_{13}) de 5.000 pF, afin d'éviter une suramplification des aiguës et certains accrochages.

C'est également pour éviter certains accrochages que chaque circuit de grille du push-pull comporte une résistance d'amortissement (R_9 et R_{12}), de 10.000 ohms chacune.

On utilise avec ce récepteur un haut-parleur électrodynamique à aimant permanent, afin de faire l'économie du courant d'excitation (autre avantage du H.P. à aimant permanent). Le push-pull, en effet, exige deux fois plus de courant anodique qu'une seule lampe et le redresseur serait surchargé s'il avait encore à fournir le courant d'excitation du haut-parleur.

Il nous reste à mentionner que les cathodes des deux lampes B.F. sont reliées ensemble et réunies à la masse par l'intermédiaire d'une résistance (R_{10}) de 90 à 150 ohms suivant le type des lampes finales. Cette résistance n'a pas besoin d'être shuntée par le condensateur dont nous avons expliqué l'utilité dans le cas d'une seule lampe.

Lorsque deux lampes sont en opposition, les composantes alternatives passent bien par la résistance commune de cathode, mais elles sont en opposition de phase et s'annulent : le condensateur n'a plus aucune raison d'être.

Un push-pull, tel que celui du récepteur E.P.S. 9 T, alimenté sous 100 volts, donne une

puissance modulée supérieure aux besoins de l'écoute normale en appartement.

ALIMENTATION.

Les valves tous courants modernes ne peuvent pas supporter une intensité redressée très élevée. C'est ainsi que dans la série rimlock l'intensité maximum est de 100 mA par valve, tandis que dans la série miniature, elle est encore bien moindre : 60 à 70 mA.

Or, notre récepteur, avec son étage final push-pull, risque sinon de dépasser 100 mA de consommation totale en haute tension, du moins de l'approcher dangereusement. Et même si nous utilisons une valve rimlock, cette dernière travaillera à la limite de ses possibilités et s'usera rapidement.

Sans parler de la chute de tension relativement importante qui se produira à l'intérieur de la valve et qui nous fera perdre quelques volts dans la haute tension.

Pour cette raison, nous adoptons ici la solution de deux valves monoplaques montées en parallèle (les deux plaques réunies ensemble, de même que les deux cathodes). Un tel redresseur supportera, sans fatigue, le débit total de notre récepteur.

Un condensateur (C_{16}) de 0,05 μ F (50.000 pF) est placé entre les plaques de la valve et la masse afin de réduire les parasites véhiculés par le secteur.

La cellule de filtrage est constituée par deux condensateurs électrochimiques (C_{14} et C_{15}) de 50 μ F chacun et d'une inductance (S.F.) de 4 à 6 henrys.

Il est possible de remplacer l'inductance de filtrage S.F. par une résistance de 2.000 ohms.

En ce qui concerne les filaments, le fait que la somme des tensions nécessaires pour chaque filament dépasse la tension du secteur (110 à 115 volts) nous oblige à constituer deux chaînes de chauffage où les filaments sont branchés suivant les indications du schéma. On remarquera que la détectrice-préamplificatrice B.F. (V_2) et la déphaseuse (V_3) sont placées, chacune, en fin de chaîne, du côté de la masse, précaution recommandée, car ces deux lampes sont particulièrement sensibles aux ron-

flements occasionnés par une trop grande différence de potentiel cathode-filament.

La valeur à donner aux résistances R_{13} et R_{14} de chaque circuit de chauffage dépend des lampes employées et nous allons indiquer la façon de la calculer dans les deux cas courants : lampes rimlock-noval et lampes miniatures.

Lampes rimlock-noval. - Nous avons les tensions de chauffage se répartissant de la façon suivante :

V_1 (UF41)	12,6 V;
V_2 (ECC81)	12,6 V;
V_3 (UF41)	12,6 V;
V_4 (UL41)	45 V;
V_5 (UL41)	45 V;
V_6 (UY41)	31 V;
V_7 (UY41)	31 V.

Ce qui nous donne 102,6 volts pour la chaîne $V_4-V_5-V_2$ et 87,2 volts pour la chaîne $V_6-V_7-V_1-V_3$, mais il faut remarquer que la lampe ECC 81 exige une intensité de chauffage de 150 mA, au lieu de 100 mA pour les autres lampes et que, par conséquent, il nous faut shunter les filaments des lampes V_4 et V_5 par une résistance (R_{16}) pour dériver 50 mA sur une chute de tension de 90 volts. La valeur de R_{16} sera donc :

$$R_{16} = \frac{90}{0,05} = 1.800 \text{ ohms.}$$

Sa dissipation ("wattage") devra être de 5 watts.

La résistance R_{13} , en série avec l'ensemble, sera donc traversée par un courant de 150 mA, et devra nous fournir, pour un secteur de 115 volts, une chute de tension de $115 - 102,6 = 12,4$ volts, ce qui nous donne :

$$R_{13} = \frac{12,4}{0,15} = 83 \text{ ohms environ.}$$

Enfin, la résistance R_{14} , qui n'est traversée que par un courant de 100 mA, devra nous donner une chute de tension de $115 - 87,2 = 27,8$ volts, ce qui nous donne :

$$R_{14} = \frac{27,8}{0,1} = 278 \text{ ohms.}$$

Si nous avons des ampoules de cadran, elles pourront être intercalées en série avec R_{14} , dont la valeur sera réduite en conséquence, et nous nous inspirerons de ce qui a été dit plus haut sur le branchement de ces ampoules.

Lampes miniatures. - Le courant de chauffage de ces lampes étant de 150 mA, la résistance R_{16} devient inutile. Par ailleurs, les différentes tensions se répartissent de la façon suivante :

V_1 (12BA6)	12,6 V;
V_2 (12AT7)	12,6 V;
V_3 (12BA6)	12,6 V;
V_4 (50B5)	50 V;
V_5 (50B5)	50 V;
V_6 (35W4)	35 V;
V_7 (35W4)	35 V.

Cela nous fait 112,6 volts pour le circuit $V_4-V_5-V_2$ et 95,2 volts pour le circuit $V_6-V_7-V_1-V_3$.

Par conséquent, la résistance R_{13} peut être pratiquement supprimée, tandis que R_{14} aura pour valeur :

$$R_{14} = \frac{19,8}{0,15} = 132 \text{ ohms.}$$

Si le récepteur doit être adapté aux tensions du secteur supérieures à 115 volts, il faut intercaler une résistance de valeur convenable en série avec l'arrivée du secteur (en A). La valeur de cette résistance se calculera en tenant compte de la chute de tension à obtenir et de l'intensité totale consommée par le récepteur (courant de chauffage + haute tension) soit :

- 350 mA pour les lampes rimlock-noval;
- 400 mA pour les lampes miniatures.

Par exemple, si la tension du secteur est de 130 volts (chute de tension = 15 volts), nous devons prévoir une résistance de :

$$\frac{15}{0,35} = 43 \text{ ohms environ.}$$

pour les lampes rimlock-noval, et de :

$$\frac{15}{0,4} = 38 \text{ ohms environ}$$

pour les lampes miniatures.

Un fusible F est disposé en série avec un pôle du secteur; l'interrupteur général est en série avec l'autre pôle. Cet interrupteur est commandé par le potentiomètre Pot 2.

LE PICK-UP.

L'appareil E.P.S. 9 T est muni d'une prise pour pick-up.

Le principe du pick-up est le même que celui du haut-parleur électromagnétique. Celui-ci est, en effet, réversible; si on communique des vibrations à la palette, elles déterminent la production d'une f.é.m. variable aux bornes de la bobine.

Semblables dans le principe, le moteur de H.P. électromagnétique et le pick-up ne diffèrent que par des détails de construction destinés à les adapter au mieux aux fonctions qu'ils sont chargés de remplir.

Dans un pick-up (fig. 63), la palette qui oscille autour de son extrémité fixe F se prolonge par l'aiguille destinée à suivre les sillons du disque phonographique.

Les tensions B.F. qui sont engendrées aux bornes a et b de la bobine du pick-up sont appliquées entre grille et masse de la lampe amplificatrice.

Ces tensions sont amplifiées et transmises à l'étage push-pull pour être amplifiées en puissance.

Le pick-up dont le principe vient d'être décrit ci-dessus s'appelle électromagnétique, mais il existe également des pick-ups qui utilisent les propriétés piézoélectriques de certains cristaux. Ces cristaux engendrent des tensions proportionnelles aux déformations mécaniques qu'ils subissent : torsion ou compression.

Dans un pick-up à cristal (on dit aussi pick-up "piézo") l'aiguille qui suit les sillons d'un disque imprime des mouvements de torsion au système piézoélectrique.

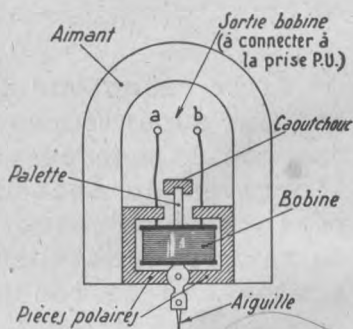


Fig. 63

QUESTIONNAIRE

1. Quel est l'intérêt des lampes à pente variable ?
2. Que se passerait-il si, dans le récepteur E.P.S. 8 T décrit dans la dernière leçon, on intervertissait les lampes H.F. et détectrice entre elles.
3. Expliquez comment, dans le récepteur E.P.S. 9 T, est réglée l'amplification de l'amplificatrice H.F.
4. En quoi consiste le montage push-pull ?
5. Quels sont les avantages de ce montage ?
6. Expliquez comment une lampe permet de créer une tension déphasée de même amplitude.

DIXIÈME LEÇON

ALIMENTATION PAR LE SECTEUR ALTERNATIF

Lorsque le récepteur n'est pas destiné à fonctionner éventuellement sur courant continu, comme les récepteurs universels étudiés au cours des leçons précédentes, nous pouvons nous affranchir de certaines contraintes et profiter des avantages que nous procure le courant alternatif.

En particulier, nous avons dû, avec nos récepteurs E.P.S. 8 T et E.P.S. 9 T nous contenter d'une tension anodique réduite : 100 volts environ; il est bien évident que les performances des lampes ne peuvent être les mêmes avec 100 volts de tension anodique et avec 250 volts.

Si le récepteur est destiné à fonctionner exclusivement sur le secteur alternatif, nous pourrons réaliser son alimentation dans les meilleures conditions requises pour un fonctionnement parfait des lampes et cela avec le meilleur rendement, c'est-à-dire de la façon la plus économique.

L'organe essentiel de la partie "alimentation" d'un tel récepteur sera un transformateur. Nous avons déjà eu l'occasion d'en parler au cours de notre deuxième leçon et connaissons les enroulements divers du transformateur d'alimentation.

Voyons comment nous allons nous en servir :

I. - CHAUFFAGE DES FILAMENTS DES LAMPES.

L'alternatif pouvant être transformé avec facilité en courant de toutes tensions, il nous sera facile de prévoir le secondaire donnant la tension de chauffage des lampes. Celles-ci chauffées sous même tension auront leurs filaments groupés en parallèle; leur intensité d'alimentation peut, contrairement au groupement en série, être très différente. Cette considération d'intensité ne joue que dans le choix du diamètre du fil à employer au secondaire de chauffage, celui-ci étant parcouru par l'intensité totale.

Supposons, par exemple, que nous ayons à chauf-

tensité bien entendu). La figure 65 nous montre un secondaire fournissant 101,2 volts et alimentant quatre filaments en série, la tension de chaque filament étant indiquée sur le schéma.

Dans les récepteurs ordinaires, où tous les filaments sont à la même tension et alimentés en parallèle, la solution classique consiste à réunir à la masse l'un des côtés du circuit de chauffage (fig. 66), mais il est alors beaucoup plus économique de réunir à la masse l'une des extrémités du secondaire de chauffage et l'une des extrémités de chaque filament (fig. 67).

Ce n'est que dans certains montages spéciaux ou amplificateurs puissants que l'on réalise le circuit de chauffage suivant le schéma de la figure 67a: le secondaire comporte un point milieu que l'on connecte à la masse, tandis que les deux fils du circuit sont isolés.

Fig. 66

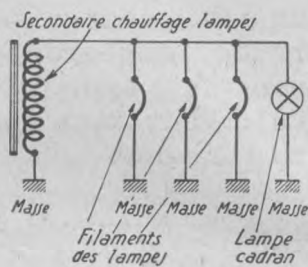
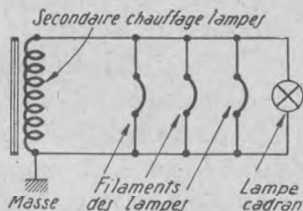


Fig. 67

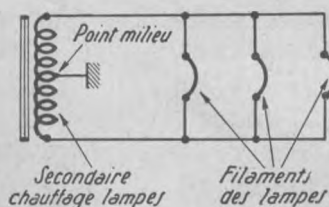


Fig. 67 a

II. - ALIMENTATION EN HAUTE TENSION.

La plupart des lampes de réception sont construites pour travailler sous 250 volts de tension anodique. Il nous est, certes, facile, au moyen d'un secondaire approprié de fournir cette tension; mais il ne faut pas oublier qu'elle le sera sous forme

alternative et que nous ne pouvons pas songer à l'appliquer telle quelle à l'alimentation anodique. Nous savons, en effet, que les circuits anodiques exigent un courant parfaitement continu.

Alors que l'alimentation des filaments peut se faire en alternatif brut grâce au chauffage indirect des cathodes, le problème de l'alimentation anodique comporte d'abord le redressement du courant alternatif haute tension et, ensuite, son filtrage.

Dans l'alimentation des récepteurs E.P.S. 8 T et E.P.S. 9 T, nous avons déjà étudié le redressement du courant alternatif, mais nous n'avons redressé qu'une alternance du courant. Un récepteur prévu pour l'alternatif possède un transformateur qui va nous permettre facilement de redresser les deux alternances. Cette opération a pour avantage de donner un courant pulsé de fréquence double, par conséquent plus facile à filtrer, et de délivrer une tension redressée moyenne plus élevée.

Un secondaire haute tension simple ne nous permettrait de redresser qu'une seule alternance; il nous faut un deuxième secondaire semblable, mais travaillant en opposition avec le premier afin que nous puissions redresser les deux alternances. C'est, en somme, un secondaire donnant une H.T. double, mais avec prise médiane (fig. 68). La valve redresseuse sera biplaque; chaque extrémité du secondaire H.T. est connectée à l'une des pla-

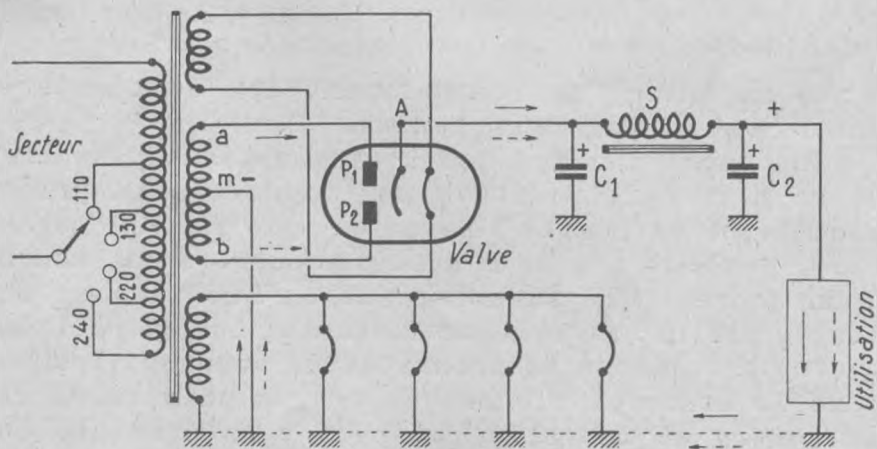


Fig. 68

ques. Le filament de la valve est chauffé par un secondaire différent de celui des lampes.

La haute tension redressée est prélevée différemment suivant le type de la valve utilisée. Dans le cas le plus général, et avec les valves modernes à isolement cathode-filament élevé, la haute tension redressée est prélevée sur la cathode de la valve, le filament étant complètement séparé du circuit H.T. (fig. 68).

Lorsqu'il s'agit d'une valve ancienne, à chauffage direct, la haute tension redressée est prélevée sur l'une des extrémités du filament (point A, fig. 69).

Enfin, lorsqu'il s'agit d'une valve à chauffage indirect et cathode accessible extérieurement, et que le constructeur ne spécifie pas l'isolement cathode-filament, il est prudent de relier la cathode à l'une des extrémités du filament et de prélever la haute tension redressée en ce point commun (A, fig. 70). D'ailleurs, dans cette catégorie de valves, la connexion cathode-filament est souvent établie à l'intérieur de l'ampoule.

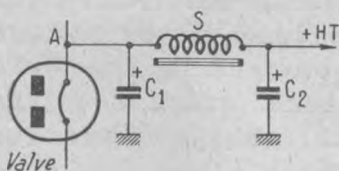


Fig. 69

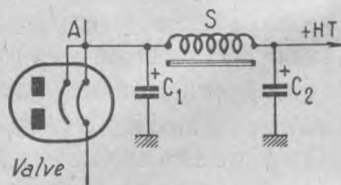


Fig. 70

Le mécanisme du redressement des deux alternances est simple à comprendre.

Supposons d'abord que l'extrémité a du secondaire H.T. soit positive par rapport à la prise médiane, l'extrémité b sera, au même instant négative. Seule la plaque P_1 positive donnera naissance à un courant qui circulera selon les flèches en traits pleins. Alternance suivante, les extrémités a et b ont changé de polarité. Le courant circule dans le sens des flèches en traits pointillés. A la sortie de la valve, on peut constater que le courant est unidirectionnel; les deux alternances sont redressées. C'est le point A (cathode de la

valve) qui est le pôle positif de notre source H.T. continu; m le milieu de l'enroulement H.T. en est le pôle négatif.

Le courant redressé doit maintenant être filtré. La cellule de filtrage est composée de l'inductance S et des condensateurs C₁ et C₂. Ceux-ci ont une capacité de 8 à 32 microfarads; ce sont des condensateurs électrochimiques. Quant à l'inductance S, elle peut être constituée par la bobine d'excitation du haut-parleur (bien que cette solution soit de plus en plus abandonnée) et son coefficient de self-induction est alors très élevé : 15 à 30 henrys. Sa résistance ohmique est de l'ordre de 1.500 à 2.000 ohms pour les récepteurs de 5 à 7 lampes (2.500 ohms dans certains récepteurs anciens), et de 1.000 à 1.200 ohms pour les récepteurs à plus grand nombre de lampes.

Actuellement, on utilise de plus en plus souvent des haut-parleurs à aimant permanent et l'inductance S est simplement constituée par une bobine de filtrage de 5 à 10 henrys, et quelquefois même par une résistance de 1.000 à 2.000 ohms, lorsque la plaque de la lampe finale est alimentée par la haute tension prise avant le filtrage.

Il faut remarquer que, d'une façon générale, l'efficacité du filtre dépend du produit du coefficient de self-induction de la bobine S par la capacité des condensateurs de filtrage. Par conséquent, si S est constitué par la bobine d'excitation du haut-parleur (self élevée) les deux condensateurs C₁ et C₂ peuvent être de valeur plus faible (8 microfarads), tandis que si S est une bobine de 5 à 10 henrys seulement, la valeur de C₁ et de C₂ devra être augmentée jusqu'à 16 et même 32 microfarads. Quoi qu'il en soit, la résistance ohmique assez élevée d'une bobine d'excitation éventuelle provoque une chute de tension importante (une bobine de 1.800 ohms traversée par 60 milliampères provoquera une chute de tension de $1.800 \times 0,06 = 108$ volts). Si donc nous avons besoin de 250 volts pour nos circuits anodiques, nous devons bobiner le nombre de tours de fil suffisant au secondaire H.T. pour que nous ayons à la sortie de la valve (donc, à l'entrée du filtre) $250 + 108 = 358$ volts.

LE SUPERHÉTÉRODYNE.

Les récepteurs que nous avons étudiés jusqu'ici sont dits à amplification directe. On les appelle ainsi parce que les ondes incidentes sont directement amplifiées avant leur détection. Ce sont des récepteurs aux possibilités limitées qu'il faudrait compliquer d'une façon extrême si on désirait obtenir d'eux une sensibilité poussée, une sélectivité suffisante et si on leur demandait la réception aisée des ondes courtes.

Le récepteur à changement de fréquence qu'on appelle le superhétérodyne et qu'on serait à priori tenté de trouver plus compliqué, permet, au contraire, de réaliser d'une façon relativement simple les conditions ci-dessus.

PRINCIPE DU CHANGEMENT DE FRÉQUENCE.

Nous avons tous observé un accordeur de pianos au travail. La plupart des notes d'un piano nécessitent 2 et 3 cordes qui sont attaquées simultanément par un marteau de feutre et vibrent à la même fréquence. L'accordeur doit réaliser, entre les 2 ou 3 cordes d'une même note, un accord extrêmement précis; pour cela, il fait appel au phénomène des battements. Lorsque deux cordes vibrent à une fréquence très voisine, notre oreille ne perçoit qu'un son plus ou moins pur qui varie d'intensité d'une façon périodique. Le son passe successivement par une série de renforcements dont la fréquence est d'autant plus basse que la différence entre les fréquences est petite, c'est-à-dire que l'accord est plus précis. Au moyen de sa clé, l'accordeur agit sur une corde et observe les battements (c'est ainsi que l'on nomme ces renforcements successifs et plus ou moins rapides du son). Si les battements deviennent plus rapides, c'est qu'il a tourné sa clé dans le mauvais sens; l'accord des deux cordes devient plus mauvais. Si, au contraire, les battements s'espacent, l'accord s'améliore. L'accord est rigoureux lorsque les battements ont complètement disparu.

Si l'une des cordes vibre sur la fréquence f_1 ,

l'autre sur la fréquence voisine f_2 , la fréquence f_0 des battements est :

$$f_0 = f_1 - f_2 \text{ si } f_1 \text{ est plus élevé que } f_2$$

$$\text{ou } f_0 = f_2 - f_1 \text{ si } f_2 \text{ est plus élevé que } f_1$$

La figure 71 représente graphiquement le phénomène.

La fréquence des battements B_1, B_2, B_3 , etc..., est $f_1 - f_2$.

Ce phénomène des battements produit par l'interférence de deux mouvements vibratoires dont les fréquences sont très voisines l'une de l'autre, est tout à fait général. Il se produit aussi avec les ondes lumineuses; il prend naissance également avec les ondes hertziennes et c'est lui que l'on met en application de la façon que nous allons étudier dans les récepteurs à changement de fréquence, ou superhétérodyne.

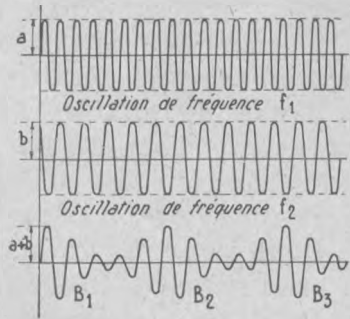


Fig. 71

Soit f_1 la fréquence d'une onde incidente que nous voulons recevoir.

Nous nous proposons de faire interférer une onde locale de fréquence f_1 voisine de la fréquence f_1 de telle façon que les battements aient lieu à une fréquence M.F. (moyenne fréquence) fixée d'avance et qui sera la même quelle que soit la fréquence incidente. Il faudra, pour cela, que la fréquence locale créée par notre récepteur soit telle que la différence $f_1 - f_1$ soit constante et égale à la M.F. fixée.

$$f_1 - f_1 = \text{M.F. que l'on peut écrire } f_1 = f_1 + \text{M.F.}$$

La fréquence locale que nous créons est, en général, supérieure à la fréquence incidente. D'où le mot superhétérodyne.

Mais nous pourrions aussi bien créer une fréquence locale inférieure à la fréquence incidente et nous aurions :

$$f_1 - f_1 = \text{M.F. que l'on peut écrire } f_1 = f_1 - \text{M.F.}$$

Illustrons par un exemple numérique le mécanisme du changement de fréquence.

Supposons que la moyenne fréquence choisie soit

455 kilocycles et que nous désirions recevoir une onde incidente de 400 mètres, c'est-à-dire, de fréquence :

$$f_1 = \frac{300.000.000}{400} = 750 \text{ kilocycles.}$$

Nous devons faire interférer avec l'onde f_1 une onde locale f_2 , telle que :

$$f_2 = 750 + 455 = 1.205 \text{ kc/s.}$$

A une onde incidente de 800 kc/s, il faudrait superposer une onde locale de $800 + 455 = 1.255$ kc/s et ainsi de suite. Nous voyons que notre circuit oscillant local (le circuit oscillant d'hétérodyne) doit être constamment décalé de 455 kc/s par rapport au circuit oscillant d'accord.

Nous verrons, dans une prochaine leçon, comment on réalise pratiquement ce décalage constant.

Mais nous sommes déjà en mesure de comprendre ce qui se passe dans un récepteur superhétérodyne.

On trouve, dans un superhétérodyne un circuit d'accord semblable à ceux que nous avons déjà étudiés; circuit d'accord simple, couplé au circuit antenne-terre; circuit d'accord complexe comprenant un présélecteur ou même un étage d'amplification H.F. par lampe à pente variable, cela ne change rien au principe. Une oscillation incidente, plus ou moins sélectionnée, parvient à l'étage changeur de fréquence qui la convertit, quelle qu'elle soit, en une oscillation de fréquence 455 kc/s. Un amplificateur accordé, une fois pour toutes, sur 455 kc/s amplifie cette oscillation. Et l'on conçoit que cet amplificateur puisse réaliser les conditions optima puisque réglé à l'avance : le couplage des circuits n'étant pas susceptible de varier (la fréquence de travail étant fixe) est ajusté au degré précis qui donne l'effet de filtre de bande; en outre, on réalise les circuits oscillants avec de fortes inductances et de faibles capacités, ce qui a pour effet de leur donner la plus grande impédance et, par suite, de charger au mieux les lampes, autrement dit, de bénéficier d'un gain d'étage élevé.

Les oscillations moyenne fréquence convenablement amplifiées sont ensuite détectées et le résultat de la détection amplifié en basse fréquence.

L'AMPLIFICATION MOYENNE FRÉQUENCE.

Un superhétérodyne comprend donc toujours un étage changeur de fréquence précédé ou non d'un étage amplificateur haute fréquence et suivi d'un amplificateur moyenne fréquence généralement à un seul étage, mais qui peut, dans les récepteurs de luxe ou professionnels, en comporter deux.

La lampe amplificatrice M.F. est montée exactement comme une amplificatrice H.F., car la moyenne fréquence, malgré sa dénomination, est encore de la haute fréquence. Et cela est tellement vrai qu'avec la moyenne fréquence de 455 kc/s, les grandes ondes (150 à 300 kc/s) sont de fréquence inférieure à la moyenne fréquence. La terminologie "moyenne fréquence" ne doit donc être entendue que pour différencier l'amplificateur haute fréquence précédant le changement de fréquence, et qui est accordable sur toutes les fréquences de la Radiodiffusion, de l'amplificateur haute fréquence suivant le changement de fréquence, et qui est accordé, une fois pour toutes, sur une haute fréquence fixe dite moyenne fréquence.

Ci-dessous, nous représentons (fig. 72) le schéma de l'amplificateur moyenne fréquence à un étage suivi de la lampe détectrice qui est presque toujours une diode.

L'amplificateur M.F. comporte, on le voit, deux transformateurs M.F., T_1 et T_2 accordés sur 455 kc/s.

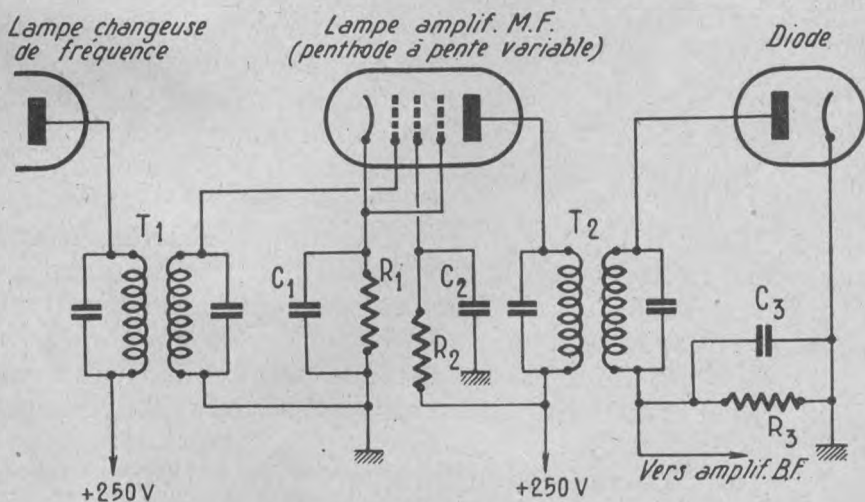


Fig. 72

On donne, généralement, aux deux circuits oscillants du transformateur T_1 un couplage un peu plus lâche qu'au transformateur T_2 afin d'accroître la sélectivité, mais tout en conservant l'effet du filtre de bande.

Les bobinages des transformateurs M.F. actuels sont à noyau de fer et présentent sur les bobinages à air de sérieux avantages en amplification et en sélectivité.

Le fer employé en haute fréquence est un fer divisé à l'extrême et réduit à l'état pulvérulent. Cette poudre est agglomérée sous de très hautes pressions à une substance isolante spéciale.

La moyenne fréquence standard adoptée à l'heure actuelle est de 455 kc/s.

Cette valeur a été choisie parce qu'elle se situe dans le trou qui sépare les grandes ondes (150 à 300 kc/s) des petites ondes (500 à 1.600 kc/s).

Mais pourquoi entre grandes et petites ondes ? Théoriquement, on a intérêt à choisir une moyenne fréquence aussi basse que possible, car la sélection est d'autant plus facile qu'elle s'opère sur des fréquences moins élevées.

C'est la raison pour laquelle les premiers super-hétérodynes avaient une moyenne fréquence très basse : 55 kilocycles.

Mais cette valeur présente un inconvénient très grave lorsque les émetteurs devinrent quelque peu nombreux. En effet, il y a deux fréquences locales qui produisent, en interférant avec une fréquence incidente, la moyenne fréquence choisie. En d'autres termes, il y a deux positions du condensateur variable d'hétérodyne qui donnent cette M.F. et permettent, par conséquent, la réception du signal donné. Comme le condensateur d'hétérodyne est solidaire de l'aiguille du cadran, cela signifie que nous recevrons chaque émetteur sur deux positions de l'aiguille sur le cadran. On démontre (cette théorie est exposée complètement dans nos cours de chef-monteur et de sous-ingénieur) que ces deux positions sont d'autant plus voisines que la M.F. choisie est plus petite. La position correspondant à la fréquence locale inférieure à la fréquence incidente s'appelle la fréquence image. Il est bien évident qu'elle peut se situer sur la position

correspondant à la réception d'un autre émetteur. Elle est donc une gêne d'autant plus marquée que le nombre d'émetteurs est élevé.

Afin de rejeter le plus loin possible la fréquence image, on porta d'abord la M.F. à 135 kc/s, chiffre qui s'avéra rapidement, lui aussi, trop bas.

Mais l'augmenter sembla impossible, car à 150 kc/s commence la gamme des grandes ondes. Il aurait fallu franchir celle-ci et choisir la M.F. dans le "trou" qui sépare grandes et petites ondes, c'est-à-dire entre 400 et 500 kc/s. Et l'on tombait alors dans l'inconvénient d'une M.F. relativement élevée, c'est-à-dire d'une sélectivité médiocre.

C'est la mise au point des bobinages à noyau magnétique en fer pulvérulent qui, par leur excellente sélectivité, apporta la solution définitive au problème.

La grande sélectivité des récepteurs superhétérodynes provient surtout du fait que l'amplification moyenne fréquence se fait sur une fréquence relativement basse, plus basse, en tous cas, que les fréquences des petites ondes et des ondes courtes, et que nous pouvons multiplier, sans grande complication, les circuits accordés fixes, à surtension élevée.

C'est ainsi qu'il y en a quatre dans un amplificateur M.F. à un seul étage (fig. 72). Il y en aurait six s'il y avait deux étages M.F. Il faut ajouter à ces circuits à accord fixe les circuits oscillants d'accord : un seul généralement, deux s'il y a un étage d'amplification H.F. avant le changement de fréquence; 3, si cet étage possède un présélecteur.

La valeur des différents éléments du schéma de la figure 72 est la suivante :

C ₁ (Condensateur découplant la cathode)	0,05 à 0,1 μ F
C ₂ (Condensateur découplant l'écran)	0,05 à 0,1 μ F
C ₃ (Condensateur de détection)	100 à 200 pF
R ₁ (Polarisation)	150 à 400 ohms
R ₂ (Résistance donnant la tension d'écran)	100.000 ohms
R ₃ (Résistance de détection) ..	500.000 ohms

Nous allons voir maintenant comment, dans un superhétérodyne, on crée la fréquence locale et comment on la mélange à la fréquence incidente pour produire la moyenne fréquence.

LA LAMPE OSCILLATRICE.

La lampe radio se prête à des fonctions fort diverses, nous avons déjà appris comment elle se comporte en amplificatrice, comment elle peut être détectrice, comment elle est déphaseuse. Nous allons voir, maintenant, qu'elle peut aussi être génératrice d'oscillations entretenues.

Un pendule écarté de sa position d'équilibre puis abandonné à lui-même exécute une série d'oscillations amorties. Si un mécanisme quelconque transmet au pendule une petite impulsion à chaque oscillation afin de lui restituer l'énergie perdue par les frottements, les oscillations du pendule garderont la même amplitude (comme cela se passe avec le balancier d'une horloge); elles seront entretenues.

Il en est exactement de même avec un circuit oscillant.

Une impulsion (une tension incidente quelconque) le fera osciller, mais au bout d'un temps très court, le circuit aura repris sa situation d'équilibre, car ses oscillations sont amorties du fait de la résistance des circuits et des pertes diverses.

Considérons le circuit oscillant CL_g inséré dans le circuit de grille d'une triode (fig. 73). Si dans le circuit de plaque se trouve une inductance L_p couplée avec l'inductance de grille L_g ; si, d'autre part, le couplage est dans un sens tel que les oscillations présentes dans L_p soient en phase avec celles présentes dans L_g , il y aura apport d'énergie de L_p vers L_g et cette énergie aura pour effet d'entretenir les oscillations du circuit oscillant CL_g .

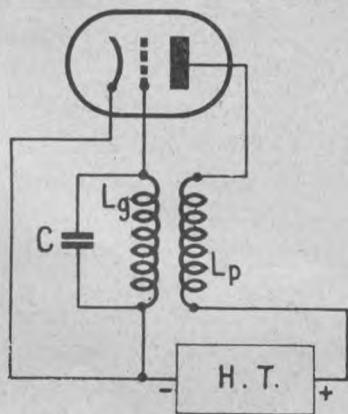


Fig. 73

Lorsque nous avons étudié la détectrice à réaction, nous avons signalé que lorsqu'on augmentait le couplage entre l'inductance de plaque et l'inductance de grille, on ne pouvait aller au delà d'une certaine limite pour laquelle la lampe cessait d'amplifier et devenait génératrice d'oscillations entretenues. Les oscillations incidentes n'avaient aucun rôle dans ce phénomène.

Il existe toujours, dans une lampe, des causes créant la première impulsion; ne serait-ce, par exemple, que les minuscules variations du débit électronique de la cathode.

Un couplage suffisant et dans le sens convenable, entre les inductances de grille et de plaque, suffit pour mettre spontanément la lampe en oscillation.

Dans la pratique, on complète le montage de la lampe oscillatrice comme le montre la figure 74.

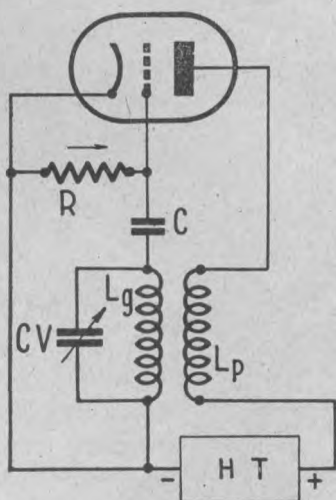


Fig. 74

La grille est réunie au pôle négatif par une résistance de valeur assez élevée et au circuit oscillant par un condensateur C.

Sans entrer dans les détails théoriques des conditions d'oscillation de la lampe, notons que l'état oscillatoire se caractérise par l'existence d'un courant de grille, circulant (sens conventionnel) dans le sens de la flèche à travers la résistance R (fig. 74), de sorte que la grille devient

négative par rapport à la cathode. Cette polarisation, en quelque sorte automatique lorsque la lampe oscille, limite à une valeur admissible l'intensité anodique de la lampe.

La résistance R de la figure 74 doit toujours être réunie à la cathode de la lampe, aussi bien lorsque cette cathode est polarisée (fig. 75 a) que lorsqu'elle est réunie directement à la masse (fig. 75 b).

Au repos, la polarisation de la grille est nulle; cela favorise l'amorçage des oscillations. Celles-ci atteignent en un temps très court un régime régulier auquel correspond une polarisation de grille stable. Les tensions de la grille oscillent autour de cette tension de polarisation.

Si le condensateur du circuit oscillant est un condensateur variable (CV), nous pourrions faire varier la fréquence d'oscillation.

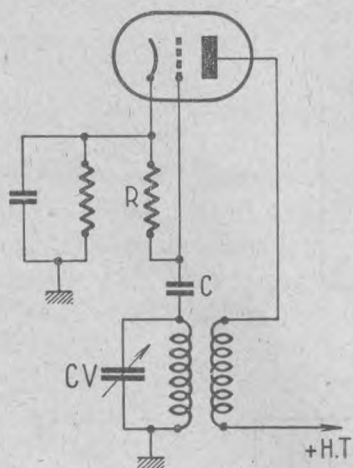


Fig. 75 a

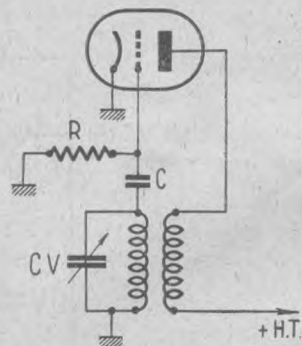


Fig. 75 b

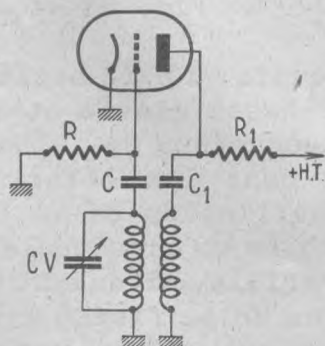


Fig. 75 c

Il y a d'autres montages qui permettent de faire osciller une lampe, mais le principe reste le même. On peut non seulement faire osciller les triodes, mais les tétrodes et les pentodes suivant le même principe.

En dehors des deux montages (figures 75 a et 75 b) indiqués ci-dessus, nous rencontrerons très souvent les variantes suivantes. Tout d'abord, il y a ce que l'on appelle l'alimentation parallèle de l'anode (fig. 75 c) par une résistance R_1 , de 10.000 à 30.000 ohms, et un condensateur de liaison C_1 de 500 pF généralement.

Puis, nous pouvons également avoir le schéma de la figure 75 d où le bobinage accordé par le condensateur variable (CV) est celui d'anode. La valeur des éléments R_1 et C_1 est la même que dans le cas de la figure 75 c. Les deux montages que nous venons de voir (fig. 75 c et 75 d) sont employés plus souvent que les précédents dans les récepteurs modernes.

Enfin, nous rencontrons très souvent, avec certains types de lampes changeuses de fréquence, l'oscillateur dit ECO (Electrons Coupled Oscillator), dont la figure 75e indique le principe. Le bobinage accordé par CV comporte une prise intermédiaire, située à 1/5 en-

Fig. 75 d

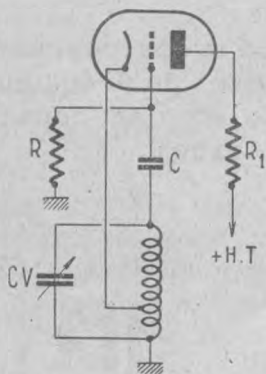
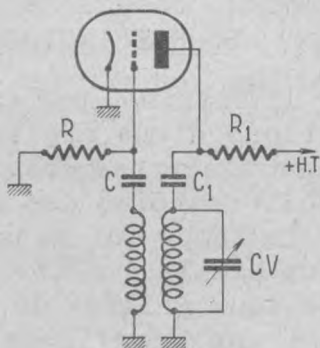


Fig. 75 e

viron du nombre de spires total, côté masse. La cathode de la lampe est réunie à cette prise, tandis que l'anode est connectée, à travers une résistance de charge R_1 , à la haute tension.

Dans tous les schémas ci-dessus; la résistance de fuite de grille R est de 20.000 à 50.000 ohms et le condensateur de liaison C est de 50 pF généralement. Le courant d'oscillation traversant la résistance R varie un peu suivant les gammes, mais reste compris entre 150 et 500 microampères (0,15 à 0,5 mA) le plus souvent.

COMMENT FAIRE INTERFÉRER L'ONDE LOCALE AVEC L'ONDE INCIDENTE.

Il suffira, par exemple, d'appliquer les oscillations d'une électrode de la lampe oscillatrice à une électrode convenablement choisie d'une lampe amplificatrice des ondes incidentes.

La lampe qui se prête le mieux et de la façon la plus simple à cette opération, est l'heptode avec ses deux grilles de commande.

L'une des grilles de commande recevra les oscillations incidentes; l'autre, les oscillations locales.

Nous avons représenté (fig. 76) le schéma d'un changement de fréquence utilisant une triode oscillatrice et une heptode mélangeuse (on dit aussi modulatrice).

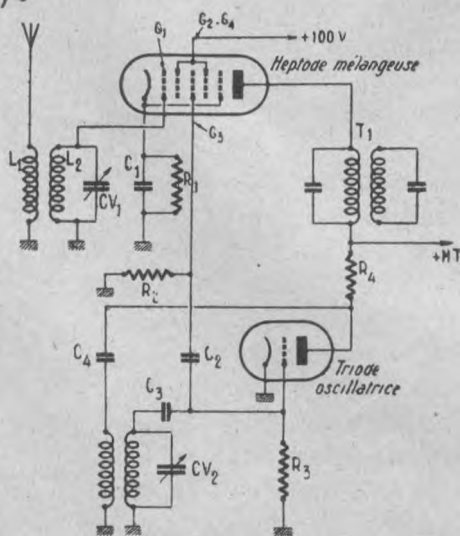


Fig. 76

Le montage de la triode est, en tous points, conforme au schéma de la figure 75 c.

La modulatrice reçoit, sur sa grille de commande principale G_1 , les oscillations incidentes sélectionnées par le circuit oscillant CV_1-L_2 . La bobine L_1 est insérée dans le circuit antenne-terre. Si l'étage changeur de fréquence est précédé d'un étage H.F., la bobine L_1 sera l'inductance du circuit anodique de l'amplificatrice H.F.

Les oscillations locales sont transmises par le condensateur C_2 à la grille de commande auxiliaire G_2 qui, en agissant sur le débit électronique, module les oscillations incidentes, faisant apparaître, dans le circuit-plaque le résultat de l'interférence : les battements à la fréquence de 455 kc/s. Les deux circuits oscillants du transformateur moyenne fréquence T_1 sont accordés sur cette fréquence 455 kc/s.

La valeur des différents éléments du schéma de la figure 76 est :

R_1 - 150 à 250 ohms, suivant la lampe;

R_2 - 50.000 à 100.000 ohms;

R_3 - 20.000 à 50.000 ohms;

R_4 - 20.000 à 30.000 ohms;

C_1 - 0,1 μ F;

C_2 - 50 à 100 pF;

C_3 - 50 pF;

C_4 - 500 pF.

Il est à remarquer que le montage de la figure 76, appelé "changement de fréquence à deux lampes", n'est plus guère utilisé de nos jours; ses avantages, précieux il y a quelques années, se trouvant fortement réduits par l'apparition des lampes multiples spécialement étudiées pour le changement de fréquence.

CHANGEMENT DE FRÉQUENCE PAR HEPTODES ET OCTODES.

Nous représentons, figure 77, le montage d'une octode en changeuse de fréquence.

Les oscillations incidentes, sélectionnées par le circuit oscillant L_2-CV_1 dont l'inductance est couplée à la bobine d'antenne ou à l'inductance de plaque de l'étage H.F. (L_1) sont appliquées à la

grille de commande G_4 . L'oscillateur local est constitué par les deux enroulements L_3 et L_4 . Les électrodes G_1 et G_2 jouent le rôle de la grille et de la plaque d'une triode oscillatrice dont la cathode C, commune avec l'élément amplificateur penthode de la lampe, est polarisée par la résistance R_1 shuntée par le condensateur C_1 .

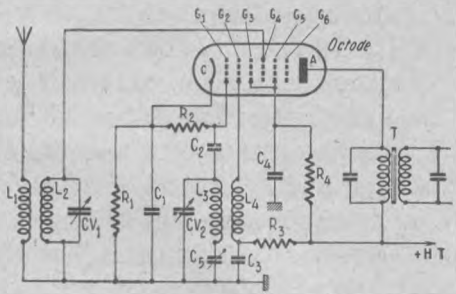


Fig. 77

La résistance R_3 chute une cinquantaine de volts afin que la tension appliquée sur G_2 soit voisine de 200 volts. La résistance R_4 permet d'alimenter les écrans G_3 et G_5 à la tension convenable. Le primaire d'un transformateur moyenne fréquence T est inséré dans le circuit de plaque. Le condensateur ajustable C_5 (Padding) en série avec l'inductance L_3 a un rôle que nous expliquerons plus tard.

La valeur des différents éléments du schéma de la figure 77 est :

- R_1 - 150 à 300 ohms, suivant la lampe;
- R_2 - 50.000 ohms;
- R_3 - 10.000 à 25.000 ohms;
- R_4 - 50.000 à 100.000 ohms;
- C_1 - 0,1 μ F;
- C_2 - 50 à 100 pF;
- C_3 - 0,1 μ F;
- C_4 - 0,1 μ F;
- C_5 - Variable, suivant la gamme et la valeur de la M.F.

Lorsqu'il s'agit d'une heptode changeuse de fréquence, le schéma reste exactement le même, ainsi que l'ordre de grandeur de la valeur des différents éléments.

REMARQUES.

Le circuit accordé L_3 - CV_2 de l'oscillateur local pourrait être monté dans l'anode G_2 au lieu de l'être dans la grille G_1 . L'inductance L_4 serait alors dans le circuit de G_1 au lieu de G_2 . Cette disposition,

de plus en plus employée, permet un meilleur fonctionnement de la lampe en ondes courtes.

CHANGEMENT DE FRÉQUENCE PAR TRIODE-HEXODE OU TRIODE-HEPTODE.

Nous donnons (fig. 78) le schéma d'utilisation d'une triode-hexode. Le schéma de montage d'une triode-heptode serait le même.

Nous avons, dans ce schéma, disposé dans le circuit d'anode oscillatrice, l'inductance accordée d'oscillateur local (L_3).

La valeur des différents éléments du schéma de la figure 78 est :

R_1 - 150 à 250 ohms;	C_1 - 0,1 μ F;
R_2 - 20.000 à 50.000 ohms;	C_2 - 50 pF;
R_3 - 10.000 à 30.000 ohms;	C_3 - 500 pF;
R_4 - 50.000 ohms;	C_4 - 0,1 μ F.

Le changement de fréquence par triode-hexode ou triode-heptode a pratiquement supplanté celui par octode ou par heptode.

CHANGEMENT DE FRÉQUENCE ECO PAR HEPTODE.

Actuellement on effectue très souvent le changement de fréquence par heptodes, spécialement prévues pour le montage en oscillateur ECO. Le schéma de la fig. 79 nous montre un étage changeur de fréquence équipé d'une telle lampe.

La valeur des différents éléments de ce schéma est :

R_1 - 20.000 à 30.000 ohms;
R_2 - 25.000 à 50.000 ohms;
C_1 - 50 pF;
C_2 - 0,1 μ F.

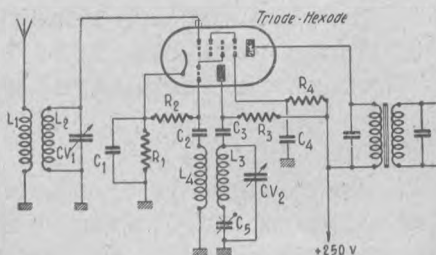


Fig. 78

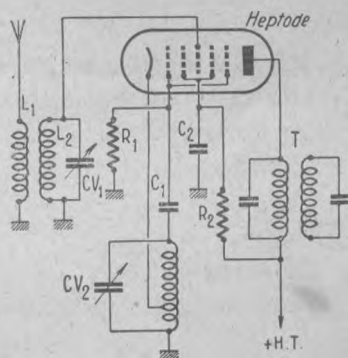


Fig. 79

QUESTIONNAIRE

1. Faites-nous comprendre les raisons pour lesquelles sur les récepteurs universels les filaments sont chauffés en série et sur les récepteurs "alternatifs" en parallèle.
2. Un récepteur "alternatif" comporte 4 lampes consommant 0,2 amp.; 2 lampes consommant 0,5 amp. et 2 lampes cadran 0,3 amp.
La valve consomme 1 amp.
L'intensité, dans le secondaire H.T., est de 120 milliampères.
Quelle section de fil emploiera-t-on pour bobiner les trois secondaires : chauffage des lampes, chauffage de la valve et alimentation anodique, si on admet une densité de courant de 3 ampères par millimètre carré ?
3. Un récepteur, dont les circuits anodiques consomment 100 milliampères, possède une inductance de filtrage dont la résistance est de 1.500 ohms. Quelle tension redressée devons-nous avoir à la sortie du redresseur pour que nos circuits anodiques soient alimentés sous 250 volts ?
4. Quelle devra être la fréquence de l'oscillateur local d'un superhétérodyne réglé sur 328 mètres de longueur d'onde ? La moyenne fréquence est de 455 kc.
5. D'où provient la grande sélectivité qui caractérise le superhétérodyne ?

IMPRIMERIE
SPÉCIALE
DE L'ÉCOLE

