

A. KIRILOFF

Ingénieur radio E. S. E.

THÉORIE ET PRATIQUE DES LAMPES DE T.S.F.

PREMIÈRE PARTIE

ÉTUDE GÉNÉRALE

DEUXIÈME PARTIE

L'ÉMISSION

LES LAMPES DE RÉCEPTION

LEUR UTILISATION PRATIQUE

LE REDRESSEMENT

LES LAMPES SPÉCIALES

**LES DERNIERS MODÈLES
DE LAMPES DE RÉCEPTION**

PARIS

Etienne CHIRON, éditeur

40, rue de Seine

G. TEYSSIER
Ingénieur-Electricien

LES LAMPES A PLUSIEURS ELECTRODES ET LEURS APPLICATIONS

**EMISSIONS D'ÉLECTRONS
PAR LES CORPS INCANDESCENTS**

LA LAMPE CATHODE A DEUX ÉLECTRODES

**LA LAMPE CATHODE A TROIS ÉLECTRODES
FONCTION DÉTECTRICE DE LA LAMPE
FONCTION AMPLIFICATRICE DE LA LAMPE
FONCTION GÉNÉRATRICE DE LA LAMPE**

**MONTAGES DIVERS ET DIFFÉRENTS TYPES
DE LAMPES CATHODES**

Un volume de 350 pages, illustré de 210 figures
Prix : **40** francs (Franco : **43** francs)

Étienne CHIRON, éditeur, 40, rue de Seine, PARIS

THÉORIE & PRATIQUE
DES
LAMPES DE T. S. F.



Alexandre KIRILOFF

INGÉNIEUR RADIO E. S. E.

THÉORIE & PRATIQUE DES LAMPES DE T. S. F.



Etienne CHIRON, Éditeur
40, rue de Seine
PARIS



PRÉFACE

Nous traversons sans aucun doute une époque de crise et d'effervescence. Cette effervescence se fait sentir dans tous les domaines de notre vie sociale, philosophique et scientifique. L'homme cherche en tout des horizons nouveaux. Le philosophe allemand Nietzsche aurait qualifié notre temps d'époque de « revalorisation des valeurs », de recherche de nouvelles croyances, de nouvelles idées sur l'univers. Cette effervescence, celle dynamique est de grande utilité, puisqu'elle permet de trouver de nouvelles voies, de mieux s'expliquer l'univers et soi-même. Ce phénomène nous prouve surtout que l'humanité recèle encore de grandes forces neuves qui la poussent vers la vie, le travail, l'initiative.

Cette impulsion mondiale vers les recherches n'est pas passée inaperçue pour la science et la technique qui se sont fortement développées ces temps derniers. Les résultats les plus frappants ont été obtenus par la physique et la science radio-électrique : la réception, l'émission, la télévision, la télé mécanique, etc., etc. Parmi les dernières découvertes de ce domaine, une place spéciale doit être réservée à la lampe de T. S. F., qui nous a permis de plonger plus profondément notre regard dans la structure de la matière et d'y découvrir de nouveaux phénomènes physiques jusqu'alors inconnus. D'autre part, la lampe T. S. F. nous a ouvert des grandes possibilités pour l'application pratique de la radiotechnique et des domaines connexes. Chose étonnante, cet appareil simple qu'est la lampe à 3 électrodes, la lampe de T. S. F., est devenu notre aide et collaborateur fidèle dans toutes les recherches scientifiques, en nous expliquant les choses incomprises jusqu'à présent, en éliminant les difficultés. Dans les travaux remarquables des savants Milikan et de Broglie qui cherchaient à l'expliquer l'univers et se le représentaient comme étant une gamme complexe de différentes vibrations et radiations, la lampe de T. S. F. s'est trouvée être le puissant moyen d'expériences qui a permis à ces savants d'étudier les électrons, les ions et les différentes vibrations.

Cette découverte a permis de vérifier la théorie atomique de la structure de la matière et motiva la formation de la théorie de Bohr, qui définit l'atome comme un système planétaire de protons et d'électrons, ainsi que de la théorie de quanta, qui définit le rayonnement de l'énergie non comme un phénomène permanent et continu, mais comme un procédé discontinu, opérant par saccades (quanta).

L'approfondissement philosophique des procédés qui ont lieu dans les

lampes à 3 électrodes, ainsi que dans différentes installations et expériences techniques et scientifiques, oblige les savants à méditer sur le temps, l'espace, la vitesse, la masse et le mouvement. N'est-il pas surprenant que la théorie de la relativité d'Einstein ait été formulée de nos jours ? Ne sommes-nous pas là en présence d'une coïncidence qui pourrait s'expliquer par la surprenante poussée créatrice de la pensée scientifique moderne, attentive à l'étude des radiations et du domaine des différentes ondes et qui nous force à méditer sur le cosmos.

Notre but, en écrivant ce livre, n'était pas d'approfondir toutes ces questions techniques et scientifiques ni d'étudier les théories nouvelles. Nous ne nous proposons guère d'établir la théorie des lampes à 3 électrodes (cela ayant déjà été fait par les éminents savants français Jouaust, Mesny, Gutton, etc.). Notre but est plus modeste : nous voulons faire connaître d'une manière élémentaire et compréhensive la lampe à plusieurs électrodes et définir les modes de son application dans les différents cas de la pratique.

Les nombreuses brochures parues ces temps derniers sur la lampe de T. S. F. ne suivent souvent pas, ou plutôt n'arrivent pas à suivre le progrès rapide qui s'accuse dans la technique de la lampe de T. S. F. et par conséquent perdent beaucoup de leur intérêt. Nous nous proposons donc de faire mieux connaître la lampe de T. S. F. moderne et ses derniers progrès. Et pour que ce livre conserve toujours son intérêt d'actualité, nous lui adjoindrons périodiquement de petits appendices contenant les renseignements sur les nouvelles lampes.

A. K.

THÉORIE ET PRATIQUE DES LAMPES DE T. S. F.

PREMIÈRE PARTIE

ÉTUDE GÉNÉRALE

« La vérité est toujours simple » ; cette sage sentence a été utile à Edison lors des expériences classiques qui lui ont permis de découvrir le principe de la lampe de T. S. F.

En 1883, en poursuivant ses travaux sur l'électricité et, en particulier, sur les lampes à incandescence, Edison s'est intéressé à un phénomène qui l'avait surpris. Le fait est qu'en plaçant dans une lampe

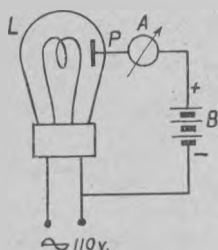


FIG. 1

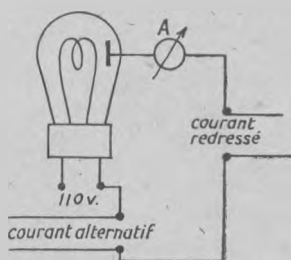


FIG. 2

électrique ordinaire une petite plaque métallique et en mettant un filament chauffé par le courant en connexion avec cette plaque par l'intermédiaire d'un accumulateur (courant continu), on constate dans le circuit la formation d'un courant dont l'existence est prouvée par un appareil spécial de mesure très sensible : le milliampèremètre.

Le schéma 1 montre cette intéressante expérience d'Edison.

Nous devons toutefois parler ici d'un phénomène très important noté par Edison : le courant ne se forme (la flèche de l'appareil de

mesure A ne dévie) que dans le cas où le pôle positif de la batterie B est mis en contact avec la plaque métallique (P). Lorsque la plaque métallique est mise en contact avec le pôle négatif de la batterie B, aucun courant ne se produit.

En 1905, Fleming, continuant l'étude de cette nouvelle expérience d'Edison, qui n'a pu trouver d'application pratique immédiate, remarqua que le courant alternatif traversant la lampe, comme cela est indiqué sur le schéma 2, se modifie et se transforme en un courant toujours de même sens, mais d'intensité variable, auquel on donna le nom de « courant pulsatoire » ou « courant redressé ».

Pour que le lecteur puisse se faire une idée plus exacte de ce courant, nous publions un petit tableau graphique (fig.3) :

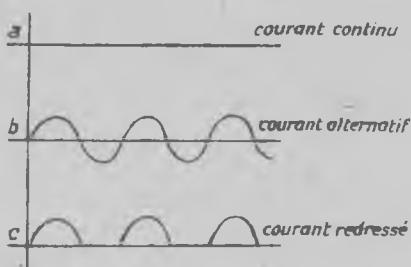


Fig. 3

Ainsi que le montre le schéma 3 :

- a) Le courant continu n'a toujours qu'un sens et conserve toujours la même intensité ;
- b) Le courant alternatif modifie son sens et son intensité ;
- c) Le courant redressé modifie son intensité, mais conserve son sens.

Cette découverte de Fleming prouva que la lampe d'Edison peut servir à transformer le courant alternatif en courant continu (ou plus exactement en courant redressé), c'est-à-dire de *b* en *c* :

En 1907, de Forest, profitant des expériences d'Edison et de Fleming, et modifiant la construction première de la lampe, l'utilisa dans un but pratique de T. S. F. Il y introduisit un élément nouveau, la grille métallique, qu'il plaça entre le filament et la plaque. Les expériences de de Forest ont démontré que la grille peut modifier l'intensité du courant dans la lampe même si la grille est chargée d'un potentiel (de valeur voulue) pris à la source du courant continu (par exemple, la batterie des éléments) placée entre le fil et cette grille. La figure 4 montre le schéma général de de Forest.

L'influence de la grille G peut facilement être contrôlée à l'aide de

l'ampèremètre A, qui montre le changement d'intensité du courant, suivant les modifications de la tension du courant sur la grille (en changeant, par exemple, le nombre d'éléments de la batterie B_1).

Ces expériences ont permis à de Forest de donner à la lampe une construction favorable à des buts pratiques. De l'extérieur, cette lampe représente une ampoule de verre de formes et dimensions différentes, et un culot, dans lequel la lampe est enchâssée. La figure 5 donne l'aspect extérieur, bien connu à présent, du montage de la lampe.

Quant au montage intérieur de la lampe, il est déterminé par trois électrodes : le filament, la grille et la plaque, dont la forme et la disposition sont des plus variées, suivant les buts qu'on leur assigne.

Nous examinerons, par exemple, la lampe classique de la télégraphie militaire (T. M.)

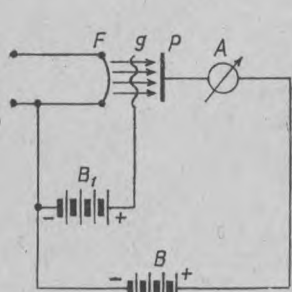


FIG. 4

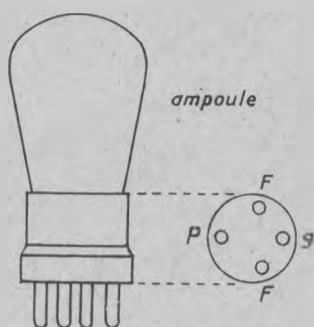


FIG. 5

Comme nous le voyons sur la figure 6 : F représente le fil tendu entre deux supports métalliques ; G représente la grille en forme d'hélice, dans le centre de laquelle est placé le filament F ; P représente un cylindre métallique, placé autour de la grille.

Utilisons maintenant le schéma de de Forest, indiqué sur la figure 4 et étudions les principales propriétés de la lampe. Premièrement, que se produit-il dans la lampe même ?

Il paraît que le courant indiqué par l'ampèremètre A ne se produit que :

1° si l'air est évacué de la lampe (cette raréfaction se fait à l'aide de pompes spéciales et atteint l'importance de 1 / 1.000.000 de mm. de pression mercure) ;

2° si le filament (F) est chauffé et si l'incandescence atteint une certaine température (pour le filament tungstène elle doit atteindre 2.500°) ;

3° si la batterie d'éléments B entre la plaque et le fil est mise en contact avec la plaque par le pôle positif.

Ces facteurs fondamentaux indiquent que le filament émet dans le vide de la lampe certaines parcelles de matière qui transforment l'espace entre le filament et la plaque dans la lampe. Ces parcelles de matière, chargées négativement et qui portent le nom d'électrons, se déplacent avec une grande vitesse dans le sens du filament à la plaque (ainsi que le montrent les flèches sur la fig. 4).

La découverte et l'étude de ces parcelles élémentaires a permis de créer toute une théorie des électrons. Elle a révisé la construction de la

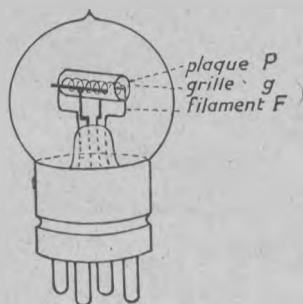


FIG. 6

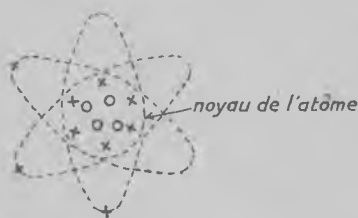


FIG. 7

matière et trouvé que l'atome n'était pas une quantité indivise et que chaque atome peut être considéré comme une quantité de parcelles de la matière, chargées positivement — les protons (o), autour desquelles se meuvent, comme des planètes, les parcelles chargées négativement — les électrons (voir la fig. 7). La masse de ces parcelles est infime et est définie par $= 9 \times 10^{-28}$ grammes.

Le flux de ces électrons dans la lampe et, par conséquent, l'intensité du courant indiqué par l'ampèremètre A dépend, ainsi que l'ont démontré les expériences, de la tension de la plaque (c'est-à-dire du nombre d'éléments de la batterie B), du degré d'incandescence du filament (t°), de la nature du filament même, du degré du vide dans la lampe, de la forme et de la disposition des électrodes (plaque, grille, fil) et enfin de la tension de la grille (batterie B₁) qui, ainsi que nous l'avons déjà indiqué, permet de modifier l'intensité du flux des électrons et modifier par celà même l'intensité du courant.

Il serait intéressant de faire aboutir ces différentes observations à quelque déduction, d'y mettre ordre et de le faire d'une manière simple et explicite.

Essayons de le faire au moyen du même schéma de de Forest indiqué à la fig. 4, mais joignons-y tous les appareils de mesure nécessaires. La fig. 8 donne le schéma complet avec les appareils de mesure.

Nous pouvons maintenant procéder aux essais fondamentaux et établir certaines dépendances.

En effet, occupons-nous d'abord du filament et trouvons la tension du filament (à l'aide du voltmètre V_F) et l'intensité du courant du filament (à l'aide de l'ampèremètre A_F). Trouvons ensuite la tension de la

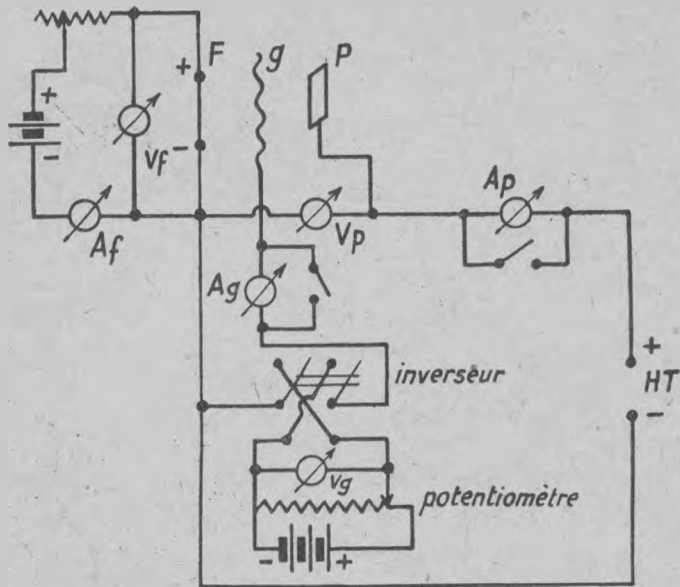


FIG. 8

plaque (à l'aide du voltmètre V_p), ainsi que l'intensité du courant dans le circuit P (à l'aide de l'ampèremètre A_p).

En modifiant, à l'aide de la batterie, la tension de la grille, il nous est possible, comme nous le savons, de modifier l'intensité du courant dans le circuit P (le mieux est de le faire à l'aide du potentiomètre, comme indiqué à la fig. 8). Nous pouvons donc déterminer une certaine dépendance entre la tension de la grille et l'intensité du courant de plaque, ce que nous représenterons d'une manière plus explicite par une courbe (voir la fig. 9). Sur la ligne AB nous indiquons l'intensité du courant I_p (en $\text{mA} = 1/1.000 \text{ A}$) et, sur CAO, nous indiquons la tension grille (en volts.). A remarquer que de A vers la droite nous mettons la tension positive de la grille et de A vers la gauche la tension négative de la grille.

La loi de dépendance indiquée sous forme de courbe porte le nom de *caractéristique statique de la lampe*. Elle définit I_p suivant E_{gr} à la condition que E_p (tension de plaque) et E_f (tension du filament) ne varient pas. En modifiant E_p nous pouvons construire toute une série de pareilles

courbes (ainsi que le montre la fig. 10). Ces courbes (ou caractéristiques) sont fondamentales et ont une importance très grande pour l'étude de la lampe. On peut toutefois les modifier et construire, par exemple, toute une série de courbes (voir la fig. 11) pour d'autres valeurs caractéristiques. Ainsi en indiquant sur la ligne horizontale vers la droite la tension de la

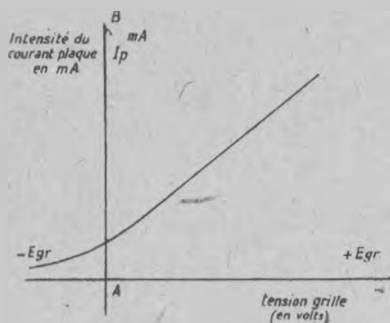


FIG. 9

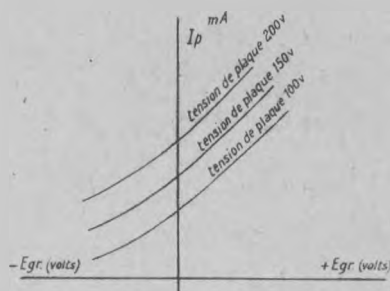


FIG. 10

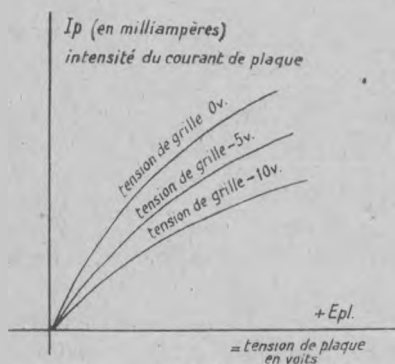


FIG. 11

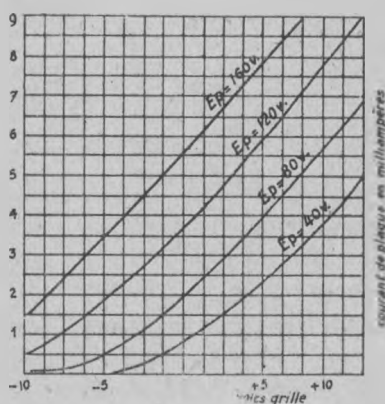


FIG. 12

plaque et sur la ligne verticale (vers le haut) l'intensité du courant I_p — nous obtiendrons pour chaque tension de la grille une courbe séparée. Ce sera le réseau de courbes : I_p en fonction de E_p .

Donnons un exemple concret de pareilles courbes pour la lampe classique T. M. « Métal » (voir la fig. 12).

En utilisant ces courbes, nous posons la question suivante : avec la tension du filament donnée ($E_f = 4$ v) et la tension de plaque = 160 v, quelle tension faut-il donner à la grille, pour obtenir $I_p = 5,5$ milliampères ?

Conformément aux courbes (fig. 12) nous trouvons facilement que la tension recherchée peut être obtenue avec une tension positive de la

grille = + 5 volts. Cet exemple montre que, grâce à ces courbes, il nous est toujours possible de trouver l'une des valeurs considérées en connaissant les autres.

Nous voyons sur ces courbes que dans la partie supérieure elles dévient en s'approchant de l'horizontale et que, malgré l'augmentation de la tension de la plaque ou de la tension de la grille, l'intensité du courant

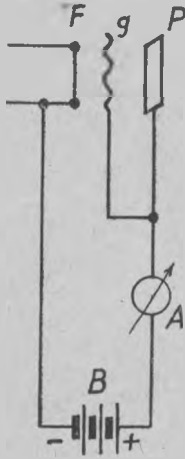


FIG. 13

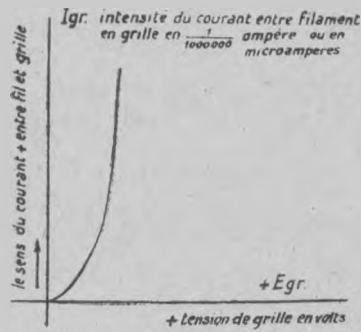


FIG. 14

n'augmente pas. Dans ce cas on dit que l'on atteint la saturation ou le courant de saturation (I_s). Pour déterminer la saturation, on réunit généralement la plaque avec la grille et on définit l'intensité du courant pour la tension donnée (comme indiqué à la fig. 13).

Il est intéressant de noter qu'en plaçant un galvanomètre très sensible dans le circuit de la grille (indiqué sur le schéma 8 comme A_g), on peut obtenir un courant très faible (généralement de la valeur de quelques microampères = $1/1.000.000$ ampère) suivant la tension du filament, de la grille et de la plaque. Les caractéristiques ont normalement pour ce cas l'aspect de la figure 14. On voit que si l'on modifie la tension de la grille, sans modifier la tension du filament et de la plaque, l'intensité du courant entre le filament et la grille se variera; au surplus, pour une tension positive de la grille, nous obtiendrons également une intensité positive de la grille (c'est-à-dire que dans ce cas il se forme entre le filament et la grille un courant d'électrons, allant du filament à la grille et à la plaque).

Toutefois, les observations ont démontré qu'avec un mauvais vide de lampe et une tension négative de la grille, le courant de la grille modifie son sens et sa courbe prend l'aspect de la figure 15.

La courbe peut donc servir de moyen fort précieux pour la définition du vide de lampe. En conservant la tension de la plaque et du filament constante et en donnant à la grille une tension négative ($-E_{gr}$) il nous est possible de voir que le galvanomètre dans le circuit de la grille fournit une valeur de courant négative. Ce courant inversé porte le nom de courant d'ionisation et sert à trouver le mauvais vide de lampe (ce courant est complètement absent dans les bonnes lampes). L'explication physique de ce phénomène est la suivante : il existe dans les lampes mal

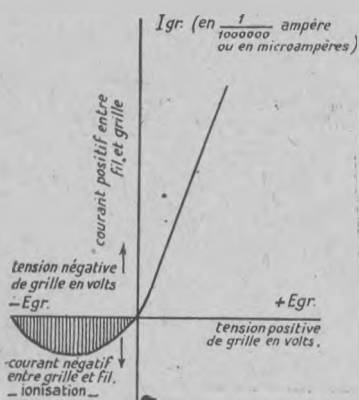


FIG. 15

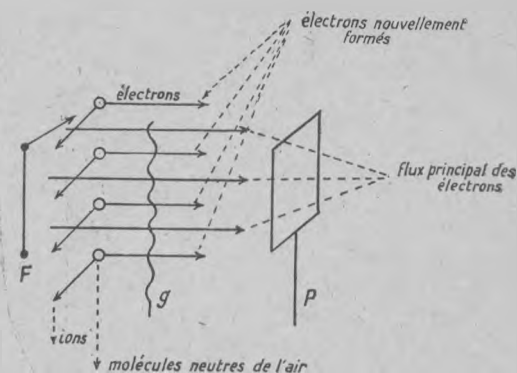


FIG. 16

vidées un certain nombre de molécules neutres de l'air. Lors de la formation du flux d'électrons (dont il a déjà été question), ces derniers frappent les molécules et les dissocient (on dit ionisation par choc) en électrons (charge négative) et en ions (charge positive). Les électrons nouvellement formés augmentent la puissance du flux d'électrons dans la lampe, ce qui augmente à son tour l'intensité du courant (I_p) et provoque la formation de lampes à I_p instable, nommées lampes instables. D'autre part, les ions nouvellement formés (chargés positivement) provoquent dans la lampe un flux d'ions se dirigeant dans le sens contraire à celui des électrons et créent le courant d'ionisation (voir la fig. 16).

Ces facteurs essentiels (courant d'ionisation, instabilité du courant de plaque) sont les signes certains de la lampe à mauvais vide.

L'allure de ces courbes est très bizarre : tout dépend de la nature du filament, de l'état du vide et d'autres phénomènes accessoires se produisant dans la lampe. Nous pouvons construire les courbes de différents types de lampes à cathode différente (voir la fig. 17).

Il est curieux d'examiner aussi la variation de ces courbes suivant E_p (tension de plaque). La majorité des lampes accuse une allure du courant grille du type de la figure 18.

Toutes ces courbes étant déterminées, nous ferons remarquer que cela suffit pour notre parfaite connaissance de la lampe de T. S. F. Grâce à ces courbes, nous pouvons essayer de trouver les valeurs constantes qui caractérisent la lampe. Mais comment arriver à définir ces constantes à l'aide des courbes ?

A) **Résistance interne de la lampe.** — Tout d'abord, ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer, l'espace se trouvant entre le filament et la

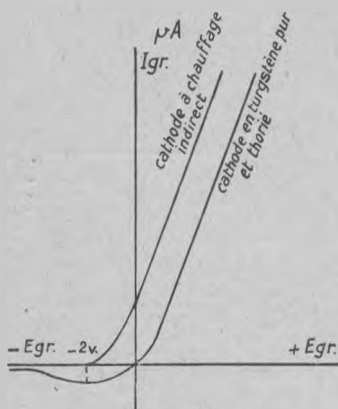


FIG. 17

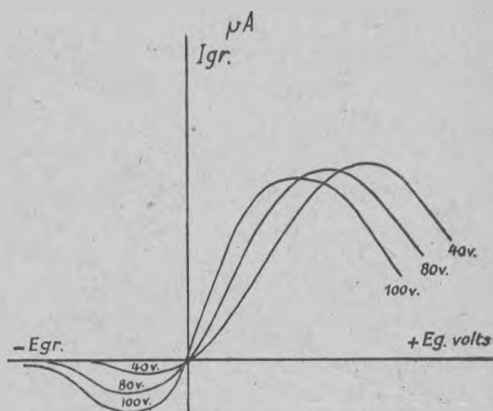


FIG. 18

plaque de la lampe possède une certaine conductibilité pour le courant. Cet espace possède donc également une certaine résistance que l'on nomme résistance interne de la lampe et que l'on définit par le rapport :

$$\text{(résistance interne)} = \frac{\text{variation de la tension plaque}}{\text{variation de l'intensité du courant plaque}}$$

Il s'agit évidemment de la variation du courant de plaque qui est provoquée par la variation de la tension plaque placée dans le nominateur de la fraction ci-dessus.

Ainsi la résistance interne est le rapport de la variation de la tension plaque à la variation du courant de plaque qui en résulte.

Conformément aux indications de la courbe 19, nous définissons la résistance interne comme :

$$r_p = \frac{E_A - E_B}{I_A - I_B}$$

Cette quantité est exprimée en ohms (unité de résistance), l'intensité en ampères et la tension en volts.

B) **Coefficient d'amplification.** — Nous trouvons une autre intéressante constante de la lampe dans la quantité K , coefficient d'amplification. Cette quantité est ainsi définie :

$$K = \frac{\text{variation de la tension plaque}}{\text{variation de la tension grille}}$$

Il s'agit là de deux variations de tension provoquant la même modification du courant de plaque.

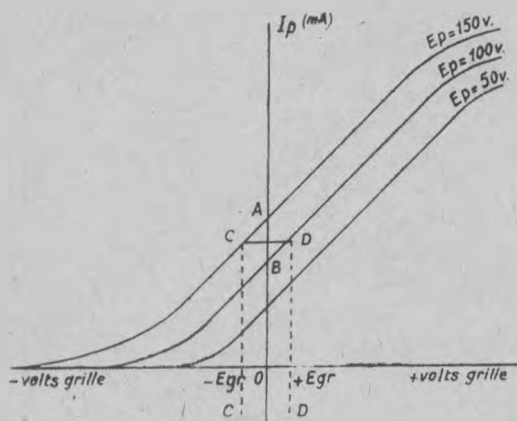


FIG. 19

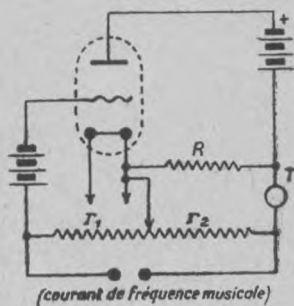


FIG. 20

Ainsi, le coefficient d'amplification montre combien de fois la variation de la tension de plaque doit être plus grande que la variation de la tension de grille produisant une modification identique du courant de plaque.

Conformément à la même courbe (fig. 19), nous marquerons

$$K = \frac{E_A - E_B}{E_C - E_D}$$

L'Allemagne a adopté une unité inverse $\left(\frac{1}{K}\right)$ nommée *Durchgriff*, généralement exprimée en % et marquée $D = \frac{1}{K}$.

C) Enfin la troisième constante de lampe est la **pente de caractéristique** de la lampe (a). Cette quantité est ainsi définie :

$$a \text{ (ou } S) = \frac{\text{variation d'intensité de plaque (en milliampères)}}{\text{variation de la tension de grille (en volts)}}$$

Autrement dit, la pente montre le rapport entre les variations du courant de plaque et les variations de la tension de grille qui en sont la cause.

Grosso modo, la pente représente la variation que le courant de plaque subit lorsque la tension de grille change de 1 volt.

Conformément à la même courbe (fig. 19) de pente (a) nous trouverons :

$$a = \frac{I_A - I_C}{E_D - E_C}.$$

Ainsi que nous l'avons déjà remarqué, cette quantité est exprimée en mA/V.

En Amérique cette unité est définie d'une manière différente, à savoir : en unités de conductibilité, mhos (inverse de résistance). Ainsi, par

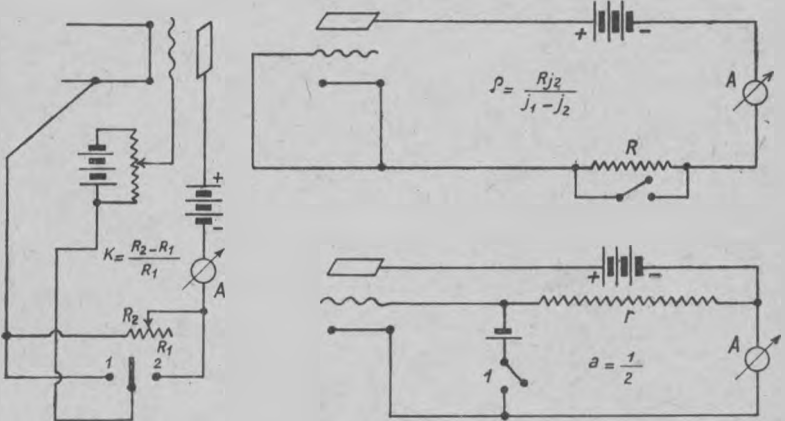


FIG. 21

exemple, $a = 2$ mA/volts, égal, conformément à la définition américaine $= 2$ millimhos $= 2.000$ micromhos.

(Micromho $= 1/1.000.000$ mho ; miliimho $= 1/1.000$ mho).

Toutes ces constantes de lampe (K , r_p , a) dont nous venons de donner ici la définition élémentaire par la caractéristique statique de la lampe, peuvent également être trouvées par d'autres moyens. Indiquons-en les principaux :

1° la méthode à courants alternatifs, dite de Miller. Le schéma en est donné à la fig. 20.

2° la méthode à courant continu d'Appleton, dont on trouve le schéma à la fig. 21.

3° la méthode de M. Jouaust qui détermine les constantes de lampes par voie mathématique, partant des caractéristiques géométriques des électrodes de la lampe (voir l'ouvrage de M. Jouaust).

L'étude de ces constantes a démontré qu'elles sont liées entre elles par une certaine dépendance que l'on peut formuler ainsi :

$$K = \rho a$$

C'est-à-dire que K , coefficient d'amplification, est égal au produit de la résistance interne par la pente ; ρ et a doivent être exprimés par des unités de même grandeur, c'est-à-dire, par exemple, ρ en ohms, et a en Amp /volt. Exemple : $\rho = 8000$ ohms ; $a = 2$ mA /volt = 0,002 A /volts.

$$K = 8000 \text{ ohms} \times 0,002 \text{ A /V.} = 16.$$

En Allemagne, cette formule est quelque peu modifiée et s'exprime (ce qui est identique) :

$$D. \rho a = 1, \text{ car } D = \frac{1}{K} \text{ (Durchgriff en \%).}$$

$$\text{Exemple : } K = 20 ; D = \frac{1}{20} = 5 \%.$$

En plus de ces constantes, il est intéressant de connaître la puissance de la lampe. La manière d'exprimer la puissance (en watts) est fort simple : la puissance est égale au produit de l'intensité du courant (en ampères) par la tension de plaque (en volts) comme le montre le schéma (fig. 22).

$$\text{Soit : } W = I_p \times V_p.$$

(porte le nom de puissance dissipée).

Toutefois ce n'est là qu'un cas élémentaire, valable lorsque nous essayons une lampe selon le schéma fondamental de de Forest indiqué à la fig. 8. En réalité, les lampes T. S. F. ne travaillent pas dans ces conditions. En pratique, on utilise généralement entre la grille et le filament le courant alternatif de grande fréquence qui doit naturellement modifier le courant dans le circuit filament-plaque, en le changeant en courant d'oscillation. Il est donc indispensable dans ce cas de connaître la puissance de ces oscillations, nommée puissance modulée.

L'expression de la puissance modulée est plus complexe et se définit comme suit :

$$W = \frac{K. S. E_g^2}{8}$$

K : coefficient d'amplification,

S : pente,

E : tension de l'oscillation entre filament et grille,

W : puissance modulée généralement exprimée en milliwatts.

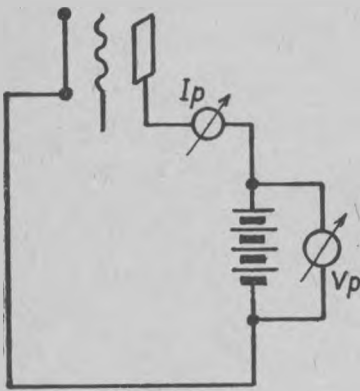


FIG. 22

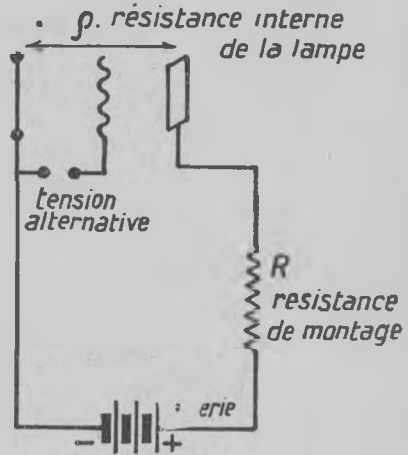


FIG. 23

Cette formule est donnée pour le cas où ρ (résistance interne) = R (résistance extérieure du montage), c'est-à-dire lorsque (voir le schéma 23)

$$\rho = R$$

Cette expression de la puissance modulée a une grande importance pour la détermination de la puissance de la lampe pendant son fonctionnement.

C'est pourquoi en pratique une grande importance aussi est attribuée à l'expression KS, c'est-à-dire au produit du coefficient d'amplification par la pente, car l'augmentation de cette quantité entraîne l'augmentation de la puissance modulée (d'après la formule ci-dessus) et, par conséquent, un meilleur fonctionnement de la lampe (avec une plus grande puissance modulée). L'expression KS porte le nom de *qualité de lampe* et a été introduite dans la technique par le savant allemand Barkhausen.

En indiquant qu'en pratique la lampe ne fonctionne pas comme cela a été spécifié par nous sur le schéma de de Forest, par lequel nous trouvons la caractéristique statique (le schéma général fig. 8), à savoir que l'on introduit dans le montage de la lampe : 1° la tension variable entre la grille et le filament, 2° la résistance extérieure du montage (R), nous en déduisons que les courbes naturelles que nous tracerons maintenant ne coïncideront pas avec les courbes statiques dont nous avons parlé jusqu'à présent.

Quels sont les changements qui surviendront ?

Nous devons premièrement noter que grâce à la présence dans le

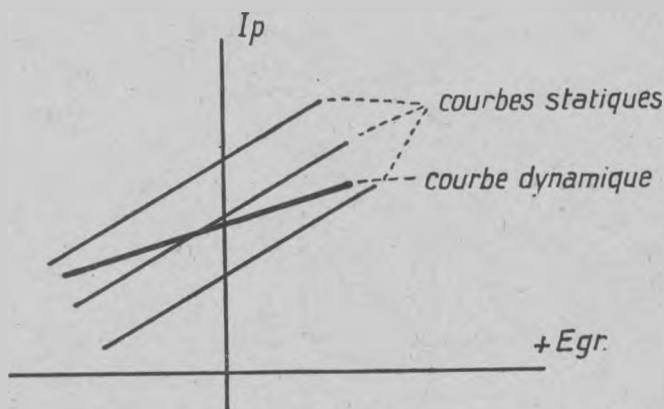


FIG. 24

circuit de R (résistance extérieure du montage) il se produira sur ses bornes une chute de tension en volts = (RI) suivant la tension de grille (E_g).

En définitive, la tension plaque (E_p) se modifie et est réduite de la quantité RI . Si nous déterminons tous les points à l'aide des courbes en partant de cette réduction de la tension de plaque, nous remarquerons que la courbe ainsi tracée ne coïncidera pas avec celles que nous avons tracées précédemment d'après le schéma général de de Forest. La figure 24 montre bien ces modifications.

Toutefois, ces courbes ne représentent pas de telles lignes si, au lieu de prendre R ohmique, nous prenons une résistance plus complexe, composée de capacité et self-induction. Dans ce cas, les courbes peuvent représenter une courbe fermée, une ellipse.

Les courbes définissant la lampe pendant son fonctionnement portent le nom de dynamiques (*caractéristique dynamique*) et sont d'une grande importance pratique. Mais, comme nous pouvons le voir, leur construction est sujette à certaines difficultés, car elles dépendent entièrement du montage (tension variable de grille, résistance extérieure du montage) qui peut varier à l'infini. C'est pourquoi on utilise d'abord les courbes statiques de lampe qui donnent une idée claire de la lampe et de ses constantes.

Il serait évidemment intéressant de suivre aussi les modifications des constantes de la lampe à la suite de différentes variations de conditions

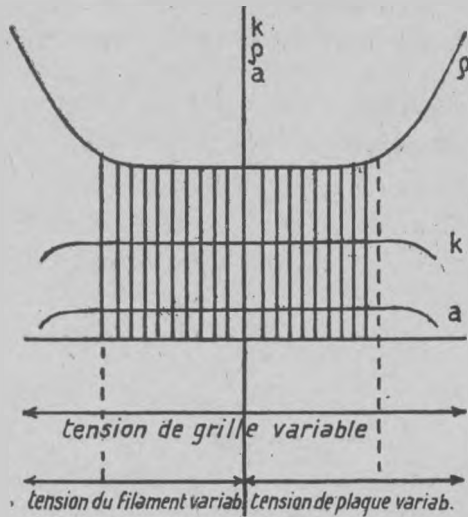


FIG. 25

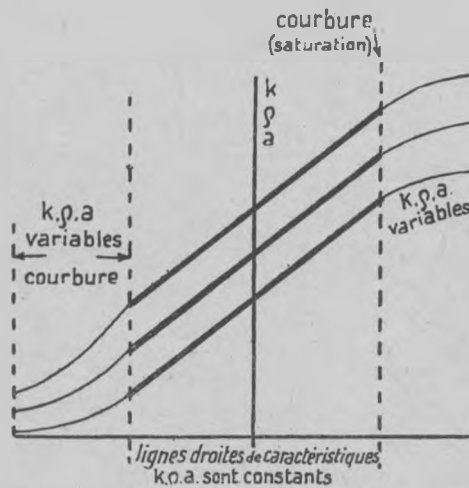


FIG. 26

d'alimentation et en particulier suivant la tension du filament, la tension de plaque, la tension de grille. Fait curieux, dans ce cas, pour les lampes triodes (à 3 électrodes), l'allure des courbes est identique et elles peuvent être ramenées à celles de la figure 25 :

Ainsi que le montre ce schéma, K , ρ , a (constantes) n'ont une valeur constante que dans la partie où la caractéristique est représentée par une droite. Dans les courbures les constantes se modifient (voir la fig. 26).

Par conséquent, nous pouvons obtenir une idée complète d'une lampe T. S. F. à la condition de posséder les données suivantes que nous venons d'étudier :

- 1° les courbes caractéristiques statiques,
- 2° les constantes de la lampe et les courbes de variation des constantes,
- 3° la puissance de la lampe : puissance dissipée et puissance modulée,
- 4° courbes caractéristiques dynamiques pour le montage donné.

Telles sont les connaissances élémentaires de la lampe de T. S. F. qui nous sont indispensables pour nous permettre de passer à la deuxième partie de cet ouvrage qui nous montrera comment les lampes doivent fonctionner en pratique.

DEUXIÈME PARTIE

LES LAMPES ET LEUR UTILISATION PRATIQUE

L'invention de la lampe T. S. F. a donné un puissant essor à la radiotechnique et a permis de nombreuses réalisations pratiques. Tout récemment encore la lampe à 3 électrodes T. M. étant une lampe universelle, pouvait servir à différents buts. A présent, dans l'état actuel de la radiotechnique, cela ne serait plus possible, car chaque branche de la radiotechnique exige maintenant une lampe spéciale, qui serve le mieux possible le but qui lui est assigné. La radiotechnique moderne exige donc l'étude et la fabrication de lampes spéciales pour chaque branche de cette industrie. Les principales branches de la radiotechnique moderne sont : 1^o l'émission, 2^o la réception et 3^o le redressement dans lesquelles sont admises de nombreuses variantes. C'est pourquoi en étudiant l'adaptation pratique des lampes T. S. F., nous passerons en revue les différentes branches susmentionnées et noterons les différents types de lampes, ainsi que les principaux montages qu'il faut employer.

CHAPITRE PREMIER

L'ÉMISSION

Dans l'électrotechnique ordinaire l'énergie électrique est obtenue, comme nous le savons, à l'aide de générateurs d'électricité de puissances différentes (les alternateurs pour le courant alternatif ; les dynamos pour

le courant continu). Toutefois la fréquence de ces courants est très faible, généralement 25-50 périodes par seconde (1).

La lampe de T. S. F. introduite d'une certaine manière dans le circuit peut, comme on le verra, également servir de générateur de courant, mais dans ce cas la fréquence du courant peut être très élevée et atteindre 3×10^9 périodes par seconde (onde de 10 cm.).

Dans la figure 27 nous avons représenté le type élémentaire de générateur de courant de haute fréquence qui porte le nom d'oscillateur, s'il sert aux recherches de laboratoire, ou poste d'émission, s'il est employé pour la radiodiffusion.

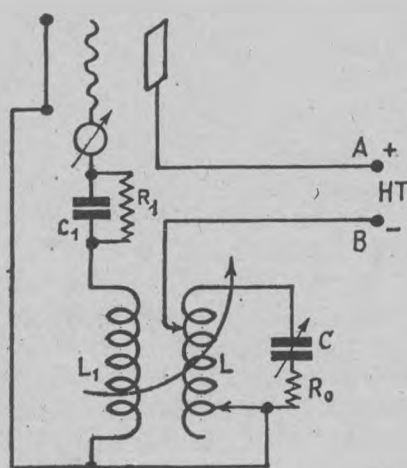


FIG. 27

En étudiant ce montage de générateur, nous remarquons les parties essentielles suivantes : Dans le circuit de plaque : la bobine de self-induction L ; le condensateur C (généralement variable) ; R_0 résistance ohmique. Dans le circuit de grille : la bobine de self-induction L_1 ; R_1 résistance ohmique ; le condensateur C_1 . L et L_1 sont placés à proximité l'un de l'autre et forment ce qui s'appelle en radiotechnique le couplage magnétique. La plaque de la lampe est alimentée par le générateur du courant élec-

(1) Nous devons noter ici les éléments importants de notions fréquemment utilisées pour les courants alternatifs :

- a) la fréquence (f) indique le nombre d'oscillations par seconde ;
- b) la période (T) indique le laps de temps nécessaire à une oscillation complète ;
- c) la longueur d'onde (λ) indique l'espace couvert par une oscillation complète ;
- d) la vitesse d'oscillation (V) égale la vitesse de la lumière $= 3 \times 10^{10}$ cm.

par sec. $= \lambda = VT = \frac{V}{f}$, parce que $T = \frac{1}{f}$.

trique (aux points A, B). Cela est un montage en série. On trouve que grâce à un certain choix du condensateur C et aussi des self-inductions L et L_1 qui doivent être placées de manière que leurs enroulements soient en sens contraire (ainsi que l'indique la figure 28) de même qu'en variant l'écartement entre L et L_1 (le couplage) on peut arriver à obtenir la formation d'oscillations électriques de très haute fréquence.

Le schéma 27 nous montre les éléments essentiels du montage du générateur, mais avant de le construire, nous devons faire certains calculs. Nous donnerons ici le calcul simplifié du générateur pour ce schéma élémentaire. Pour les cas plus complexes on peut utiliser le même calcul avec

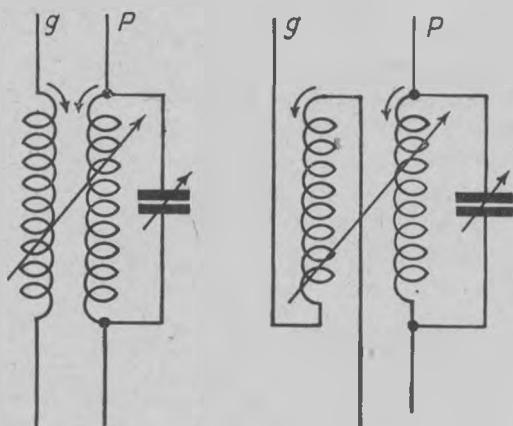


FIG. 28

quelques rectifications. Il est à remarquer toutefois que ces calculs sont très compliqués et pour obtenir des résultats exacts on applique généralement la méthode graphique de Miller ou la méthode analytique de Lwovitch.

Calcul du générateur élémentaire

1° Voyons d'abord quelle est la puissance du générateur que nous désirerions avoir. Cette puissance est définie par RI^2 . De plus, nous chercherons la puissance de courant maximum qu'il soit possible d'obtenir à la

condition que $R = \frac{2V}{I}$.

I : intensité du courant dans le circuit oscillant,

I_s : courant saturation,

V : tension d'alimentation,

R : résistance générale du circuit oscillant qui se compose de la résistance du condensateur (R_c) plus la résistance ohmique (R_o), plus la résistance de self (R_L)

$$R = R_c + R_o + R_L$$

Cette R du circuit oscillant est généralement déterminée par trois méthodes, à savoir :

a) *La méthode Jouaust (pyrométrique)*. — On fait osciller la lampe et l'on trouve que la puissance d'alimentation $VI = RI^2$ (puissance d'oscillation) + $V' I'$ (la puissance absorbée par la lampe). On détermine en même temps le degré de l'incandescence de la plaque (t^o) à l'aide du pyromètre. On supprime ensuite l'oscillation (par exemple en mettant en court-circuit le condensateur C). A cet instant $RI^2 = 0$, et toute l'énergie d'alimentation est absorbée par la lampe ($V' I'$). Il est clair que dans ce cas la lampe absorbera une plus grande énergie et que, pour en diminuer l'importance, il sera nécessaire de diminuer le chauffage de la lampe. On le fait de manière à obtenir l'ancienne t^o (mesurée au pyromètre) de plaque et on détermine ainsi $V' I'$. Une fois VI , $V' I'$ et I^2 déterminés, il est facile de trouver R , d'après la formule

$$R = \frac{VI - V' I'}{I^2}$$

(résistance du circuit oscillant).

b) *Méthode Mesny (par calcul)*. — Cette méthode très exacte exige des calculs mathématiques. Nous ne nous arrêtons pas aux détails de cette méthode, mais ferons seulement remarquer qu'elle consiste à trouver R du circuit oscillant comme total.

R (du circuit oscillant) = R ohmique + R (de condensateur) + R (self-induction).

c) *Méthode de résistance additionnelle*. — Dans ce cas nous introduisons dans le circuit oscillant une résistance additionnelle (p) dont nous connaissons la valeur. Nous déterminons alors l'intensité du courant dans le circuit oscillant pour deux valeurs : I (intensité du courant) pour R (résistance du circuit oscillant), I' (intensité du courant) pour $R + p$ (quand nous avons introduit la résistance additionnelle).

Nous avons dans ce cas la formule : $\frac{I'}{I} = \frac{R}{R + p}$.

$$\text{d'où } R = \frac{I' \cdot p}{I - I'}$$

Cette méthode est très simple et commode.

Connaissant la puissance d'oscillation de l'émetteur et supposant qu'il

fonctionne dans des conditions normales avec le rendement $m = 0,7-0,8$, nous pouvons déterminer la puissance d'alimentation,

$$\text{c'est-à-dire : } VI = \frac{RI^2}{m},$$

c'est la puissance dissipée de la lampe qui est généralement spécifiée par les usines des lampes et dont nous avons déjà parlé au chapitre 1^{er} (page 18). Nous choisissons, conformément au tableau, une lampe de puissance voulue (en Amérique on indique généralement pour la lampe d'émission la puissance d'oscillation, au lieu de la puissance dissipée, indiquée en France par les usines des lampes).

2^o Nous trouvons *la longueur d'onde* de la station (λ). Cela nécessite un léger calcul d'après la formule Thomson.

$$\lambda = 60 \sqrt{L \cdot C}$$

λ : en mètres.

L : self-induction en unités pratiques microhenry (1/1.000.000 Hy)

C : capacité (condensateur) en unités pratiques, millimicrofarad (1/1.000.000.000 de farad).

On peut encore déterminer la longueur d'onde à l'aide d'instruments spéciaux, les ondemètres, que nous n'étudierons pas ici en détail. Dans le cas où la longueur d'onde ne convient pas aux buts poursuivis, il est possible de la modifier en faisant varier L , L_1 et C . C'est pourquoi il est bon que ces valeurs soient variables et modifiables dans certaines limites.

3^o Pour trouver la capacité C_1 shuntée par résistance dans le circuit de grille ($C_1 R_1$) nous ferons le petit calcul suivant : Généralement, en pratique $I_g = 0,05 I_p$ à $0,1 I_p$. Connaissant E_g (tension grille), nous déterminons la résistance

$$\text{c'est-à-dire } R = \frac{E_g}{I_g}$$

Pour trouver la capacité C_1 nous utilisons la formule empirique suivante :

$$C_1 = \frac{C_{1g}}{0,02 \text{ à } 0,05}$$

où C_{1g} (capacité de la lampe entre grille et filament) est habituellement de $20 \mu\mu F$ (1/1.000.000.000.000 de farad).

4^o *Le rendement*. — Cette question a une grande importance pour les postes d'émission et nous indiquerons ici quelques méthodes d'étude.

Il a été remarqué que l'amélioration du rendement est obtenue avec les conditions suivantes :

- 1° Diminution de la puissance d'alimentation (VI),
- 2° Diminution des harmoniques du poste (en particulier, amélioration du redressement avec le filtre),
- 3° Diminution des pertes dans le circuit grille (augmentation de la résistance shuntée R),
- 4° Amélioration du filtrage (protection contre les pertes de H. F. dans les enroulements de machine) et amélioration d'isolement (pertes H. F. par isolement),
- 5° Augmentation de la résistance interne de la lampe (nombre de spires de grille plus grand),
- 6° Déplacement du fil « — H. T. » sur la bobine du circuit oscillant (voir la fig. 29).

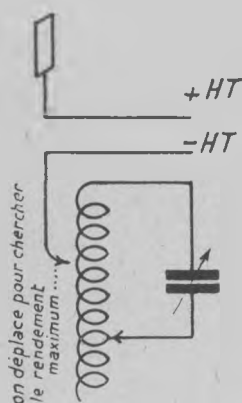


FIG. 29

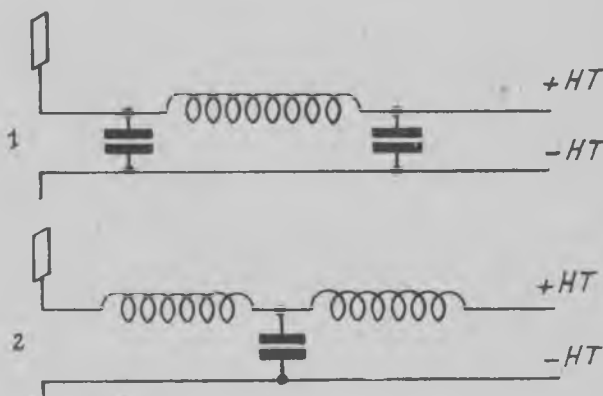
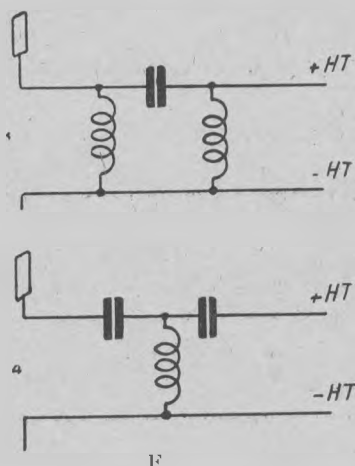


FIG. 30

7° Le filtrage. Si le poste d'émission est alimenté par le courant redressé, il est indispensable de filtrer ce dernier, afin de le rapprocher davantage de la forme idéale du courant continu. Le filtre le plus répandu est le filtre électromagnétique. On emploie deux modèles : le type passe-bas II et T (fig. 30) ; et le type passe-haut II et T (fig. 31). Dans le premier cas, le filtre arrête toutes les fréquences supérieures à la limite indiquée et laisse passer toutes celles qui lui sont inférieures. Dans le second cas, le filtre laisse passer toutes les fréquences supérieures à la limite indiquée et arrête toutes celles qui lui sont inférieures. Pour les générateurs, les meilleurs résultats sont fournis par le filtre II du type passe-bas. L'installation de ces filtres améliore le redressement (constance de tension pour les cas de courant redressé), garantit les machines contre la haute fréquence (pour le cas de dynamo) et préserve le générateur contre la perte des courants de haute fréquence.

En parlant des filtres, il est important de noter les intéressants travaux de Fromy qui propose un filtre thermo-ionique basé sur le courant de saturation de la lampe, ainsi que les travaux du professeur Nodon qui développe la théorie des filtres acoustiques. Ces types de filtres n'ont pas encore trouvé leur application industrielle.

Mais quelles sont les exigences auxquelles doit satisfaire, pour ces installations, la lampe d'émission ? Premièrement, les générateurs servant à la transmission doivent posséder une énergie suffisante pour transmettre cette dernière à la distance voulue. Il est donc évident que cela exige des lampes très puissantes. On emploie donc pour l'émission des lampes de puissance, depuis 50-100 watts. Nous avons ici en vue les ondes longues et petites (entre 100 m. — 3.000 m.). En ce qui concerne les ondes courtes, on peut se contenter de puissances sensiblement inférieures (près de 20 fois



moindres). Les électrodes de ces lampes d'émission devant supporter une puissance supérieure, il est naturel que ces lampes aient une plus grande dimension. Il est donc important que leur ampoule soit plus réfractaire et ne se modifie pas au chauffage, ce dernier pouvant atteindre un degré très élevé, pour le courant d'alimentation à haute tension 500 à 10.000 volts. Cela, pour l'extérieur.

En ce qui concerne les propriétés intérieures, la lampe doit fournir une bonne stabilisation du courant (sa continuité), elle doit posséder une grande durée de fonctionnement (généralement pas moins de 1.000 heures de chauffage) et un bon vide de lampe. De plus, il est important que la lampe puisse facilement osciller. Cela est obtenu par un grand K (ainsi, par exemple, dans la lampe d'émission, K s'élève jusqu'à 200 pour $E_p > 3000$ v.).

En pratique, il faut faire quelques restrictions pour certains cas

particuliers d'émission. Ainsi, par exemple, pour la modulation il est important d'avoir une lampe à faible résistance interne (un faible nombre de spires grille) ; pour la lampe-maitre oscillateur commandée par quartz, il est important d'avoir une très petite lampe (puissance = 10-20 watts) à régime très stable ; et pour le multiplicateur de fréquence, une lampe à faible résistance interne, de puissance suffisante et à faible capacité interne. Pour l'étude de la lampe d'émission, nous construisons généralement les courbes indiquées au chapitre 1^{er} et trouvons leurs constantes (K , ρ , a).

Il est de même important de déterminer la puissance : la puissance dissipée = VI (voir le schéma fig. 22), la puissance oscillante = RI^2 , ou R , résistance du circuit oscillant (ces déterminations ont déjà été indiquées à la page 26). Nous devons également connaître le rendement : Le rapport

$$\eta = \frac{\text{puissance d'oscillation } (RI^2)}{\text{puissance d'alimentation } (VI)}$$

qui est généralement défini en %.

Pour avoir une idée claire des lampes d'émission et de leurs quantités de mesure fondamentales on peut, par exemple, construire un tableau qui ferait ressortir la différence entre les lampes par la puissance, la tension d'alimentation, la tension et l'intensité du filament, les constantes de lampes (K , ρ , a) etc. Les lampes de la série standard ont un filament en tungstène pur et thorié. Ces temps derniers, les lampes d'émissions ont marqué un très grand progrès. Il faut noter certains perfectionnements réalisés suivant les buts qui leur sont assignés. Examinons ces conquêtes de la technique.

1° *Lampes d'émission à grande puissance.* Une telle lampe (par exemple à partir de 4 kilowatts) possède une construction spéciale, différant de celle des autres lampes. Le fait est que cette lampe exige une très grande tension sur la plaque (de 5.000 à 10.000 v. et plus) et une grande puissance du filament (12 v. ; 34-40 ampères). Les ampoules ordinaires en verre ne la supportent pas. On a donc été obligé de fabriquer des plaques métalliques (généralement en cuivre) et de refroidir la lampe à l'aide de montages spéciaux (refroidissement artificiel). Le montage d'une pareille lampe de grande puissance à refroidissement est montré dans la figure 32. Actuellement, ces lampes atteignent une puissance énorme. En Amérique, par exemple, la puissance de ces ampoules atteint 1000 kW. ; elles ont la taille d'un homme.

2° *Lampes à grande puissance électronique de la cathode.* Les lampes à très haute tension anodique coûtent cher et elles exigent de com-

plexes et coûteuses installations de transformateur et de redressement. C'est pourquoi les techniciens cherchent à augmenter la puissance de la lampe sans modifier la tension anodique, mais en augmentant la puissance électronique de la cathode. Dans ce sens, des résultats très intéressants ont été obtenus par les lampes d'émission Métal E 1.000 B de 1 kW. à filament thorié carburé. Cette lampe donne facilement 1 kW. avec $E_p =$ seulement 1.000 à 1.500 volts (au lieu de 10.000 volts) ; c'est dire que pour son alimentation on peut facilement utiliser des dynamos ordinaires du courant continu, en évitant les énormes et coûteuses installations de transformateurs et de redressement.

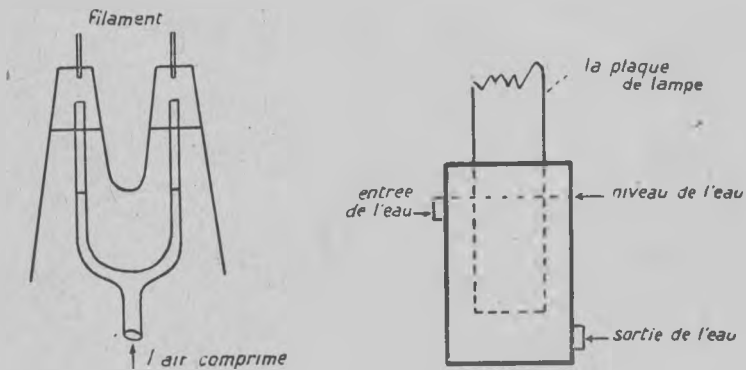


FIG. 32

Les caractéristiques de cette intéressante lampe sont les suivantes :

Filament : 11 volts ; 15 5 ampères.
 Tension de plaque : 1.500-2.000 volts.
 Puissance dissipée de la plaque : 750 watts.
 Résistance interne (ρ) : 850 ohms.
 Courant de saturation : 20 ampères.

3° Le développement de la technique d'émission des ondes courtes a également posé ses exigences à la lampe d'émission. Les exigences principales sont :

a) La capacité interne de la lampe doit être très faible. On y parvient des manières suivantes : introduction de la plaque du côté opposé à celui de la grille (voir la fig. 33, la lampe E 6 M Métal).

C'est le montage ordinaire des grandes lampes ; l'introduction de la grille et de la plaque est faite à l'aide de cornes (lampe classique Métal T M C, ou E 4 Métal) (voir la figure 34) ; l'introduction entre la grille et la

plaque d'une grille spéciale qui supprime la capacité interne (le principe de lampe à écran).

. b) Le vide de lampe doit être très perfectionné. Le fait est que, ainsi que l'ont démontré les recherches de Chireix, les lampes à ondes courtes sont très sensibles au vide et exigent un vide plus accentué. Les lampes à très bon vide fonctionnent bien sur les grandes ondes et ne donnent

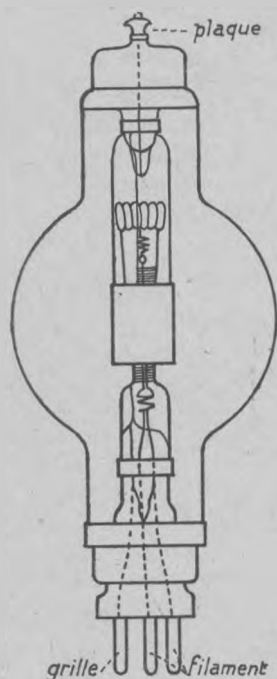


FIG. 33

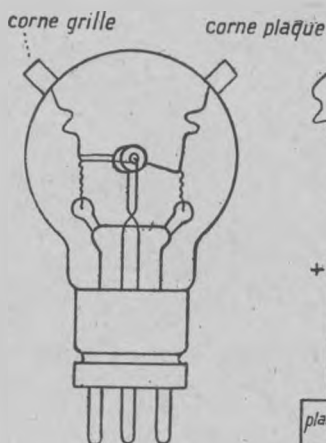


FIG. 34

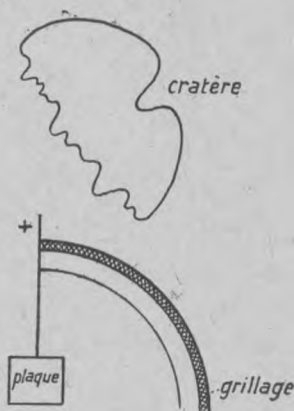


FIG. 35

parfois pas satisfaction pour les ondes courtes, exigeant un vide plus perfectionné.

c) L'ampoule de la lampe doit toujours posséder un faible hystérésis diélectrique. En effet, pour les ondes courtes (très haute fréquence $\lambda < 30$ mètres) le verre ordinaire donne de très grandes pertes de H. F. et fond sous l'effet de l'échauffement dû au très grand hystérésis diélectrique. On observe dans ce cas une déformation du pied de lampe et l'apparition caractéristique d'un cratère (voir la fig. 35) que l'on peut toutefois supprimer en enveloppant la lampe d'une grille, et en la connectant avec la tension de plaque. Il est donc indispensable d'utiliser pour les lampes à

ondes courtes une qualité spéciale de verre (par exemple le pyrex, ou le verre borosilicate) à faible hystérésis diélectrique, à bon brasement au molybdène, à faibles pertes en H. F. et très réfractaire aux températures élevées.

d) L'isolement doit être très perfectionné. Nous savons que l'augmentation de fréquence entraîne la modification des propriétés de certaines diélectriques. C'est pourquoi il est parfois important de remplacer le verre cristal par différentes qualités de quartz (voir, par exemple, le montage de la lampe Métal E 1.000 F. 1 kw montée avec cornes et quartz, fig. 36)

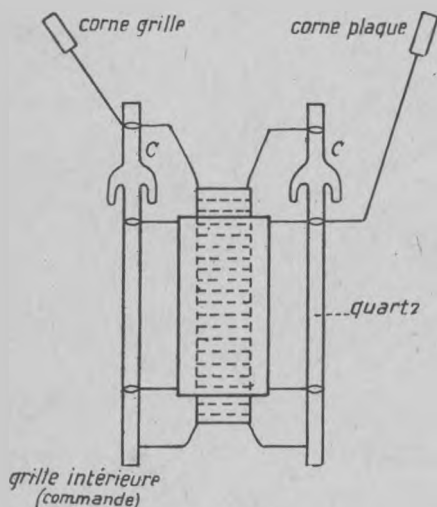


FIG. 36

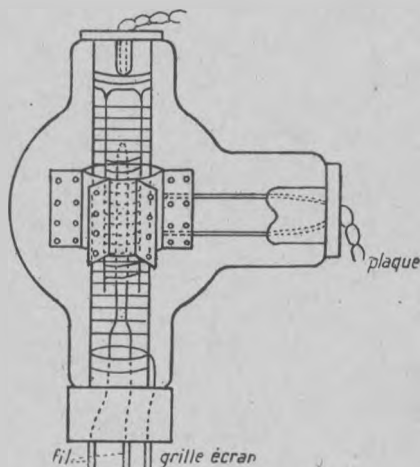


FIG. 37

4° *Les lampes d'émission à écran.* Dernièrement ont paru en Amérique les lampes d'émission à écran dont la plus caractéristique est la lampe G. E. C. Nous montrons dans la figure 37 les caractéristiques et le montage d'une de ces lampes — UX 861 (Américaine).

Comme nous le voyons, la principale particularité de ces lampes est l'introduction d'une grille supplémentaire entre la grille et la plaque (écran ou *screen grid*). Le but principal de cette grille est de diminuer la capacité entre la grille intérieure et la plaque (nous étudierons cela en détail dans la lampe de réception à écran). Ces lampes à faible capacité interne (ainsi, par exemple, pour une lampe UX 861 la capacité est entre grille et plaque de $0,5 \mu\mu\text{F}$) servent parfaitement pour les ondes très courtes et pour différents étages du poste d'émission ; elles n'exigent pas la neutralisation de la capacité interne, ainsi que cela se produit parfois pour les

lampes ordinaires. Ces lampes sont maintenant très connues et fabriquées en Europe.

5° Pour terminer, nous noterons certaines tendances à utiliser pour *la lampe d'émission la cathode à oxyde*. Toutefois, on n'emploie pas la cathode à oxyde au-dessus de 100 watts de puissance (E_p 1.000 volts), craignant la destruction de l'oxyde du fait d'une grande tension de la plaque et l'instabilité de l'émission que cela entraînerait. Chapochnikof-Soukhodsky (Russie) a préparé une cathode à oxyde d'une manière spéciale et a construit une lampe de 250 watts qui demeure stable avec 2.000-3.000 volts à la plaque.

CHAPITRE II

LES LAMPES DE RÉCEPTION

La technique de réception s'est très propagée ces temps derniers, surtout parmi les amateurs. A côté des recherches sérieuses qui ont établi une série de montages de réception fondamentaux, a paru un nombre incalculable de récepteurs les plus variés qui, au point de vue constructif, ne diffèrent pas sensiblement les uns des autres. De même, de nombreux et différents modèles de lampes de réception ont été lancés sur le marché mondial. On devrait se préoccuper de l'établissement de la nomenclature et de la standardisation des lampes de T. S. F. en Europe, ainsi que cela se pratique déjà depuis longtemps en Amérique. Cette standardisation complète faciliterait le travail de l'amateur de T. S. F. et aiderait le technicien à suivre les progrès réels de la technique des lampes de T. S. F. en lui fournissant des indications vraiment utiles et précieuses.

En abordant l'étude de l'énorme quantité de modèles de lampes de réception, il est indispensable de passer en revue les principales étapes du développement de la technique des lampes de réception.

En France, ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer, la lampe historique T. M. (Télégraphie Militaire) doit être considérée comme le pionnier de la lampe de réception. Nous en indiquons les caractéristiques dans la figure 12. La cathode de cette lampe est en tungstène pur, fonctionnant à $t_0 = 2.300$ v. (max.) ; puissance du fil. = 2,8 W. avec tension fil. = 4 v. intensité du courant = 0,7 A, maximum de tension sur l'anode = près de 500 volts.

Cette lampe qui utilise une grande tension sur l'anode, une énergie considérable pour le filament (2,8 W.) et ne fournit qu'une faible émission (saturation = près de 10 mA) n'est évidemment pas économique. Les constructeurs ont donc cherché à obtenir des conditions meilleures en obtenant une cathode filament capable d'une émission plus puissante. Les expériences ont démontré qu'en enduisant le tungstène d'une légère couche d'oxyde de thorium (Th O_2) on voit dans certains cas se former une couche de thorium pur autour du filament et l'émission augmenter sensiblement de ce fait. A noter que la lampe peut alors fonctionner à basse tension de plaque et le filament à une température suffisamment basse (près de 1.700°), ce qui abaisse sensiblement la consommation. C'est ainsi

que parut la célèbre lampe « Micro ». Elle a pour le fil. 4 v. ; 0,06 A. (c'est-à-dire puissance de fil. 0,24 W. ; presque 10 fois inférieure à la puissance de la lampe T. M.).

Se prêtant aux exigences techniques de différents montages, les constructeurs ont lancé plusieurs modèles de lampes à filament thorié.

La lampe « Micro » fut universellement connue et régna pendant toute une époque. Cependant les savants et les constructeurs s'aperçurent, en continuant leurs études de la cathode, que la préparation de filaments aux oxydes de terres rares, tels que l'oxyde de calcium, de baryum, de strontium, de magnésium, de zinc, etc., peut également être largement utilisée. Le fait est que ces expériences sur l'utilisation de différents oxydes pour le filament ont été commencées en Allemagne dès 1903, par le célèbre physicien Wehnelt, auquel la technique doit la cathode de son nom (cathode Wehnelt). Par la suite, ces cathodes Wehnelt furent modifiées et améliorées de la manière suivante :

1° Au lieu de tungstène pur on utilisa en qualité de base non-active le platine avec 6 % d'irridium (pour la constance d'émission) ; enfin, ces temps derniers on emploie le nickel et le molybdène. L'élasticité de ces derniers étant inférieure à celle du tungstène, ils fournissent un effet microphonique moindre, ce qui est particulièrement important pour les lampes de réception.

2° Les oxydes ont été remplacés par différents mélanges (principalement les mélanges Ba (NO₃) et Sr (NO₃).

3° On a également modifié le procédé de fabrication, en utilisant pour l'adhésion des oxydes différentes matières supplémentaires (la résine, la paraffine, le collodion, etc.).

En Amérique, ces lampes ont trouvé leur première application industrielle à la *Western Electric Company*, grâce aux travaux du savant constructeur Arnold qui est parvenu à standardiser ces lampes et à les fabriquer en série.

Il faut noter deux principales méthodes de fabrication des lampes à oxyde :

1° La première consiste à enduire la base métallique (le filament) d'une couche de matière active et à appliquer l'une des améliorations ci-dessus indiquées. Le filament est ensuite chauffé par le courant. Il se forme alors sur le métal du filament une couche d'oxyde qui donne une émission électronique.

2° Le second procédé consiste à placer par électrolyse une couche d'oxyde de cuivre ou de zinc sur le filament et du sel de baryum sur l'anode (la plaque). Lors du chauffage de la plaque à haute température le sel de baryum se décompose et le baryum métallique pur se dirige vers le filament où se produit la réaction suivante : $\text{Ba} + \text{Cu O} \rightarrow \text{Ba O} + \text{Cu}$.

Dans le cours ultérieur de la fabrication, on parvient à décomposer l'oxyde de baryum en baryum métallique et en oxygène (à l'aide de la dissociation électrolytique). Cette phase de la fabrication est particulièrement importante ; une préparation et une étude spéciales sont nécessaires pour obtenir un filament à baryum métallique très uniforme.

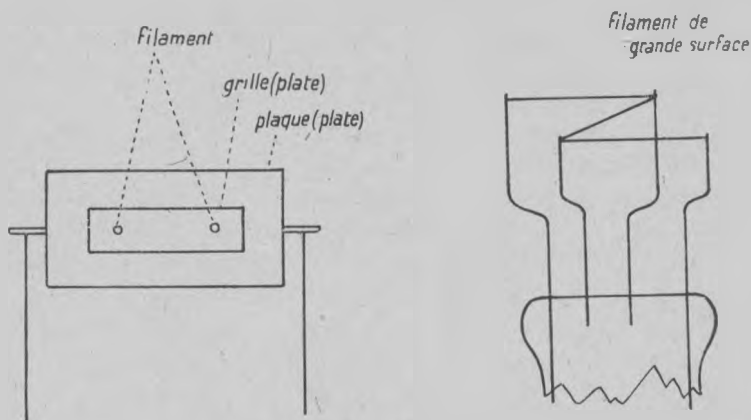


FIG. 38

Ce dernier procédé a reçu une large application dans la fabrication des lampes à oxyde (lampes à baryum métallique) et a posé les jalons des lampes à oxyde de réception modernes. (La t^o de chauffage de la lampe pendant le fonctionnement = 700-900°). Le type définitif actuel de ces lampes comporte une cathode à grande surface. La figure 38 montre l'aspect général d'un pareil montage horizontal. On emploie également les montages vertical et incliné (Tungsram, Mullard, Gécovalse, etc.).

Ces lampes à oxyde qui ont actuellement obtenu une grande extension, présentent des avantages incontestables au point de vue de la puissance d'émission électronique. Très suggestif sous ce rapport est le tableau Boussard.

TABLEAU BOUSSARD

(Émission en milliampères par watt dépensé pour le chauffage du filament)

Tungstène.....	5 mA/watt.
Tungstène thorié.....	30-40 mA/watt.
Filament thorié et carburé (d'après Jouaust)	118 mA/watt.
Filament à oxyde.....	100-150 mA/watt.

Il est très important de décrire l'histoire des recherches des lampes chauffées par le courant alternatif. Les premières expériences de la construction de lampes pour courant alternatif ont démontré qu'il se produit

dans le récepteur un bruit très gênant pour la réception. Les raisons principales en sont les suivantes :

1° Variation de la t° pendant le chauffage du filament par le courant alternatif et cela suivant les variations d'intensité du courant qui alimente le filament. La variation de t° du filament entraîne la variation du courant électronique entre filament et plaque ; de plus, la fréquence de variation de ce courant est deux fois plus grande que la période du courant alternatif alimentant le filament. Nous indiquons dans la figure 39 le schéma des variations du courant dans la lampe suivant l'intensité du courant du filament.

L'un des moyens d'affaiblir l'influence du courant alternatif du filament sur l'émission de la lampe consiste à augmenter l'inertie thermique du filament ; on y parvient en prenant un filament de grande section. Dans ce cas, les variations de t° provoquées par le courant alternatif

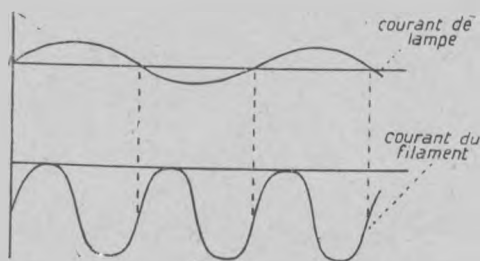


FIG. 39

n'ont, grâce à l'importance de l'inertie thermique du filament, qu'une faible valeur et se poursuivent très lentement. Partant de ce principe, on est parvenu à construire une lampe à chauffage alternatif ayant un filament 2, 3. v., 2, 2 A. (ainsi, par exemple, la lampe Métal-radiosecteur).

2° Le second défaut de la lampe à courant alternatif, défaut qui provoque la variation de l'intensité du courant dans la lampe (ce qui entraîne à son tour la formation d'un bruit dans le récepteur) peut être expliqué comme suit : en connectant comme à l'ordinaire la grille de la lampe à l'une des extrémités du filament on observe immédiatement une modification du potentiel de grille suivant la modification de l'intensité et de la tension du courant alternatif du filament. Cette modification du potentiel de grille entraîne à son tour une variation de l'intensité du courant dans la lampe et provoque la formation de bruits nuisibles. Afin de supprimer ou de diminuer tout au moins ce défaut, il est important de connecter la grille au point médian du filament, ce qui peut être réalisé à l'aide d'un potentiomètre spécial (P) indiqué dans la figure 40 ou à l'aide du point moyen du transformateur (enroulement secondaire) (voir la fig. 41).

Ce perfectionnement a été introduit par M. Barthélémy et porte le nom de montage équipotentiel. Dans ce cas, la grille se trouve toujours être au même potentiel, ce qui supprime l'influence nuisible sur le courant de la lampe. Les courbes de la figure 42 montrent clairement ce phénomène.

La courbe A montre la variation de l'intensité du courant dans la

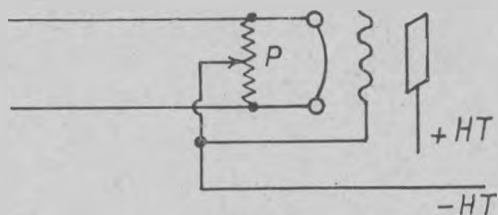


FIG. 40

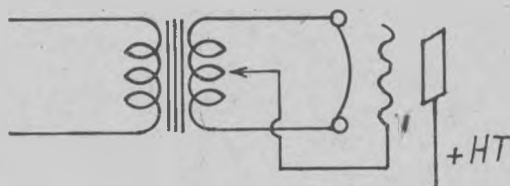


FIG. 41

lampe lorsqu'on connecte la grille à l'extrémité du filament alimenté par le courant alternatif. B montre que le courant dans la lampe ne varie guère lorsqu'on connecte la grille au point moyen du filament. Il est également

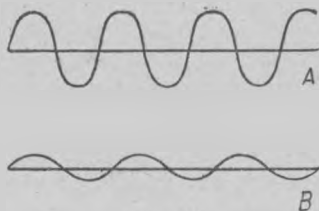


FIG. 42

très utile pour la suppression de l'influence nuisible en question de prendre le filament le plus court possible (tension du filament minime).

Telles sont les conditions dans lesquelles parut la lampe Radioréseau, dont le filament est chauffé sous 0,6 v. (très court). Dans le but d'augmenter l'inertie thermique, on y plaça plusieurs filaments en parallèle et on appliqua à l'intérieur de la lampe le montage équipotentiel. Il est également très important d'employer un filament à

moindre t^0 , ce qui explique l'utilité de l'application des filaments à oxyde. La figure 43 montre le filament des lampes Radioréseau Radiotechnique.

Dans le but de supprimer l'effet de grille modifié par la tension alternative du filament, on proposa, outre le montage Barthélemy (montage équipotentiel), le schéma (Beauvais) indiqué dans la figure 44.

Comme nous le voyons dans la figure susmentionnée, la grille est connectée non pas avec le filament, ce qui entraînerait une forte variation de tension de la grille, et par conséquent la variation du courant dans la lampe, mais avec la tension positive de la plaque (par l'intermédiaire d'une grande résistance R). Dans ce cas, les variations de la tension du

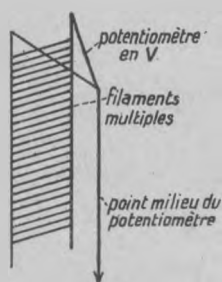


FIG. 43

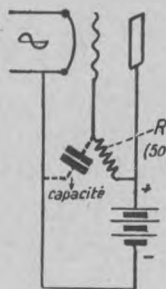


FIG. 44

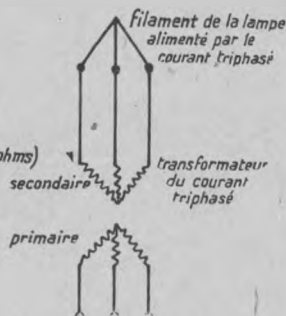


FIG. 45

filament n'influencent aucunement la grille, ni le courant de la lampe.

Originale est également la tentative de Bethenod d'alimenter le filament par un courant alternatif triphasé, ainsi que le montre la figure 45.

Néanmoins, certains constructeurs proposèrent bientôt un autre principe pour la fabrication du filament alimenté par le courant alternatif (méthode indirecte). On remarqua, en effet, que la couche émissive du filament, influencée par le courant alternatif, s'affaiblissait plus facilement. Des méthodes spéciales étaient nécessaires pour rendre la couche émissive plus résistante à l'influence du courant alternatif. On pensa donc à rendre le chauffage du filament indépendant de la matière émissive. Première étape intéressante dans ce sens est la lampe « Euréka » qui parut alors en France et dans laquelle un fil en tungstène thorié est enroulé sur le filament en tungstène pur d'assez grande section. Nous montrons un tel filament dans la figure 46.

Toutefois, le principe « Euréka » fut bientôt abandonné. Les constructeurs s'arrêtèrent au schéma suivant de la cathode pour lampes à chauffage indirect. Nous voyons dans la figure 47 le filament A qui est chauffé directement par le courant alternatif ; le filament est enfilé dans un cylindre en matière isolante (généralement en stéatite). Autour de ce cylindre isolant se trouve placé un cylindre métallique (généralement

en nickel enduit d'une couche de matière émissive (oxyde). Le chauffage du filament par le courant alternatif entraîne le chauffage du cylindre métallique et celui de l'oxyde, d'où émission électronique. (Cette cathode a servi de base pour la construction des lampes à chauffage indirect, ou lampes-secteur.)

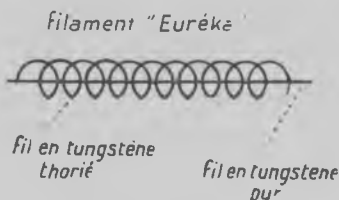


FIG. 46

Ces temps derniers, les constructeurs ont apporté quelques modifications à ce schéma du filament en remplaçant le cylindre isolateur par une bonne couche de matière isolante sur le filament. La figure 48 montre cette construction. De plus, dans le but d'augmenter la surface émissive du filament, on introduit deux cylindres métalliques mis en série.

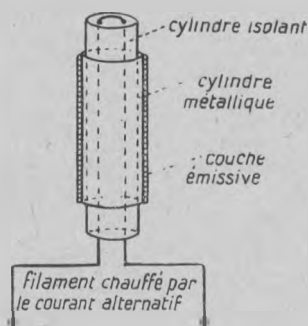


FIG. 47

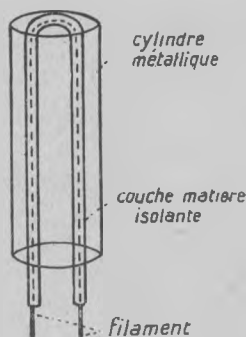


FIG. 48

Cette construction de la cathode obtint l'approbation générale ; malgré les difficultés que présente la fabrication de la couche isolante autour du filament, cette fabrication possède de grands avantages d'isolement et de stabilité par rapport aux variations de t° .

La figure 49 montre le montage de cette lampe moderne, chauffée indirectement et qui porte le nom de lampe à chauffage indirect. Dans ces montages, la plaque a souvent une forme plate et le filament possède une grande surface de chauffage (introduction de 2 filaments en série).

On adopte généralement la construction horizontale de ces montages, quoique certaines usines utilisent la construction verticale ou inclinée.

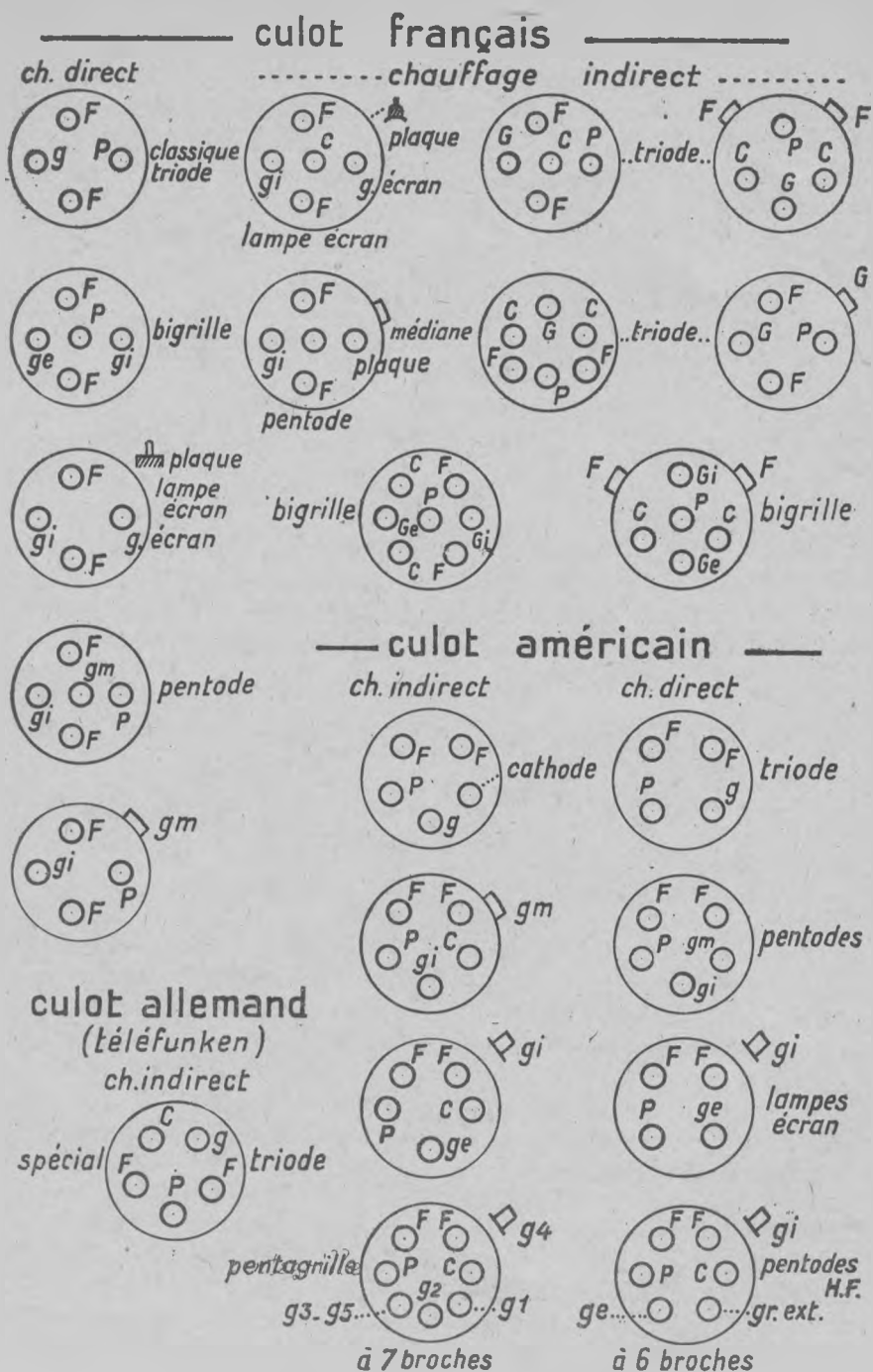


FIG. 50. — Tableau des culots usuels

Cela ne présente toutefois pas une grande différence. On remarque, ces temps derniers, une tendance à faire la plaque de ces lampes en grillage. Grâce à la grande surface de ces plaques, la lampe peut fournir une grande puissance, tout en ne chauffant que faiblement. D'autre part, l'émission secondaire de ces lampes est sensiblement moindre. Ces lampes à chauffage indirect alimentées par le courant alternatif et qui fournissent une

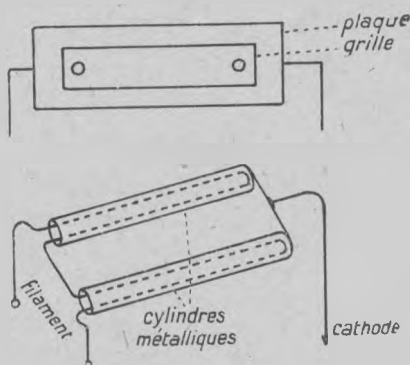


FIG. 49

émission par oxyde, ainsi que les lampes à oxyde alimentées par courant continu ou alternatif déjà mentionnées, ont marqué le début des lampes de réception modernes.

Nous ne nous arrêterons pas ici aux avantages et désavantages des lampes à chauffage direct et indirect. Les amateurs semblent préférer les lampes secteur (à chauffage indirect), car elles suppriment l'emploi des accumulateurs et offrent d'autres avantages intéressants.

Etudions maintenant les derniers perfectionnements des lampes de réception. Nous ne nous occuperons que des lampes à oxyde qui sont la dernière conquête de la technique des lampes de réception. Mais, auparavant, disons quelques mots sur le caractère général des lampes ayant une valeur pratique : a) de la dénomination des lampes, b) des principaux types de culots.

a) *Les dénominations des lampes.* — Les méthodes adoptées pour les dénominations des lampes ne sont pas uniformes dans tous les pays. En France (par exemple la fabrication Métal-Mazda), le principe de dénomination est le suivant :

Les lampes sont appelées Métal-Mazda, suivi de 2 lettres et de 3 ou 4 chiffres selon le cas.

1° La première lettre désigne la tension de chauffage :

B : 2 volts, etc...

A : 1 volt,

2° La deuxième lettre désigne la consommation du filament.

Z : des filaments consommant de 0, 06 à 0, 09 A.

Y : — — — 0, 10 à 0, 14 A.

X : — — — 0, 15 à 0, 19 A.

W : — — — 0, 20 et au delà.

3° Les 2 premiers chiffres indiquent le coefficient d'amplification.

4° Les 2 derniers chiffres indiquent la résistance interne en milliers d'ohms.

Exemple : Une lampe dont la tension de chauffage est de 4 volts, la consommation des filaments 0, 06 A., le coefficient d'amplification 15 et la résistance interne 8.000 ohms est appelée D Z 1508 Métal-Mazda.

Ce procédé est réservé aux lampes à filament à oxyde (les lampes de réception à oxyde).

En Allemagne (la fabrication Telefunken) on a adopté la méthode suivante :

EXPLICATION DES TYPES :

Les dénominations des lampes Telefunken

	Groupe de lettres supplém.		Groupe de chiffres dernier chiffre		Lettre minuscule	
Exemple	RE	S	16	4		d
	RE de réception.	N pour ch. par courant altern. S. lampe à écran de grille.	Courant du chauffage en 1/100 A (Valeur approximative)	Tension aux bornes de la source du chauffage (batterie ou transformateur)	sans d	Culot européen normal à 4 fiches ou bien culot allemand normal à 5 ou 7 fiches. Culot européen normal à 4 fiches avec borne latérale pour lampe bigrille.
	Rg. lampe redresseuse.	L pour charge d'accus. N pour alimentation de haute tension.			série Neutro	Lampe spéciale alimentée par secteur à courant continu (en série). Lampes spéciales pour H. F. ayant une capacité plaque-grille petite.

En Amérique les lampes de différentes maisons sont standardisées et sont indiquées comme suit :

Les différents types des lampes et valves américaines sont désignés par un groupe formé d'une ou deux lettres et un nombre de 3 chiffres. Les deux derniers chiffres indiquent le type. Le chiffre précédent (de deux derniers chiffres) désigne le constructeur (licence).

Les lettres X ou Y désignent le culot : X : le culot à 4 broches (chauffage direct triode), Y : le culot à 5 broches (chauffage indirect pentode ou écran).

La première lettre désigne la marque : C : Cuningham ; ER : Eveready Raytheon ; U : R. C. A ; D : Duovac ; N : Philmore ; etc., etc.

Exemple : C Y 327 : C : Cuningham ; Y : culot 5 broches ; 3 : licence ; type 27.

De sorte qu'en connaissant ces dénominations on peut immédiatement se faire une idée du caractère de la lampe donnée. Il est à désirer que toutes les lampes (sur le marché universel) soient comprises dans une seule et simple nomenclature, ce qui faciliterait et simplifierait sensiblement leur maniement.

Dans une très récente nomenclature américaine, le premier chiffre indique la tension de chauffage, une lettre l'utilisation, et un nouveau chiffre le nombre d'électrodes.

b) *Les types de culots des lampes.* — Par suite du grand nombre de modèles de lampes, il est utile de noter les principaux types de culots et la disposition des broches. La figure 50 résume les principaux types de culots qu'il faut avoir en vue lors du choix des lampes.

Abordons maintenant l'étude des principales variantes des lampes modernes de réception.

Les principales variantes des lampes de réception modernes sont les suivantes :

- 1° triodes (1 grille), (chauffage direct et indirect) ;
- 2° bigrilles (2 grilles), (chauffage direct et indirect) ;
- 3° pentodes (lampes à 3 grilles de puissance), (chauffage direct et indirect) ;
- 4° lampes à écran (chauffage direct et indirect).

1° Lampes triodes

Ce sont des lampes à trois électrodes. Le montage fondamental, très répandu actuellement, est indiqué à la figure 38. Ainsi que nous l'avons déjà indiqué, il existe des lampes pour courant continu, de même que pour

courant alternatif (direct et indirect). Généralement l'alimentation du filament se fait sous 4 v., 6 v. ou 7,5 v. Tout récemment ont paru des modèles de lampes de réception à 2 v., très intéressantes pour les postes portatifs (pour l'aviation, par exemple).

La consommation du filament est très variée, de même que la tension de plaque. Normalement, la tension de plaque approche de 150 volts. Vu les exigences variées de la technique de réception, il a été nécessaire de construire un grand nombre de modèles différents les uns des autres par les courbes statiques, la consommation et les constantes (k , ρ , a) destinés à remplir différentes fonctions dans le récepteur. Les différents pays les ont lancés sur le marché sous des appellations différentes. Voilà la raison pour laquelle il serait fort utile de classer dans un même tableau toutes les lampes fabriquées dans différents pays, afin de donner une idée claire de la concordance des différents types de lampes.

Mais de tels tableaux, étant donnés les changements rapides dans la fabrication, ne peuvent paraître que dans la presse spécialisée.

2° Lampes bigrilles

La lampe bigrille a été inventée en 1913 en Amérique par Langmuir. Cette lampe a fait son apparition en France en 1922. La différence que ces lampes présentent par rapport aux lampes de réception ordinaires (les triodes) est la grille supplémentaire, — grille intérieure — (voir la fig. 51) dont le but est le suivant :

Nous savons qu'en chauffant le filament et en appliquant la tension entre filament et plaque, nous obtenons la formation d'un courant d'électrons entre le filament et la plaque. Les électrons se déplacent du filament vers la plaque et forment un courant. Mais lors du chauffage du filament il se forme également un flux d'électrons qui tournent autour du filament. Ces électrons tournants ont été étudiés par Helmgoltz et ont reçu le nom de champ de Helmgoltz (voir la fig. 52).

Il est bien compréhensible que ces électrons tournants sont une gêne pour la formation du courant filament-plaque, c'est-à-dire qu'ils empêchent les électrons d'abandonner le filament. Pour vaincre les électrons tournants, on est obligé de donner une tension suffisante sur l'anode (plaque).

Si l'on parvenait à supprimer d'une manière quelconque le courant des électrons tournants autour du filament, on faciliterait par cela même la formation du flux des électrons entre filament et plaque et on pourrait donc obtenir un courant d'une intensité considérable avec une assez faible tension sur la plaque. Cette suppression du champ des électrons

tournants est obtenue à l'aide de la grille supplémentaire (grille intérieure) qui se trouve sous une certaine tension positive neutralisant le champ des électrons tournants en le détruisant, ce qui permet d'obtenir un courant plus grand avec une faible tension plaque. Tel est le principe fondamental de la lampe bigrille qui fonctionne habituellement sous 20 à 40 v. plaque, tandis que les lampes ordinaires exigent une tension plaque de 80 à 150 v. (et plus).

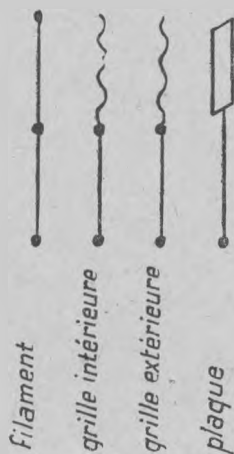


FIG. 51

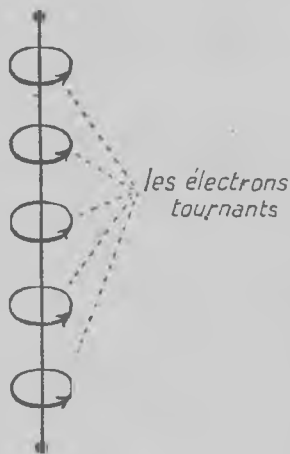


FIG. 52

En France, les premiers modèles de lampes bigrilles furent les lampes à filament thorié et, parmi elles, la célèbre lampe Micro Métal RM (radio-modulateur). Nous publions dans la figure 53 la caractéristique et les courbes de cette lampe, ces courbes sont caractéristiques pour les lampes bigrilles de ce genre.

Les principales variantes de ces lampes RM (filament thorié) sont les suivantes :

a) *Lampe à grille mixte* (lampe GM Métal pour montage symétrique, reflex, push-pull, etc.). — Ces lampes ont les grilles originales que nous montrons dans la figure 54 ; elles viennent d'être présentées en Amérique sous le nom de Wunderlich.

Cette construction modifie les courbes fondamentales ; aussi les courbes des lampes GM ont-elles l'aspect suivant (voir la fig. 55).

b) *Lampes CI Métal*. — Ces lampes sont intéressantes pour les montages (cryptadyne-isodyne (voir fig. 56). Les courbes caractéristiques de ces lampes sont les suivantes (voir fig. 57).

c) *Bigrille Micro-Métal D G*. — Ces lampes sont intéressantes pour

les montages détecteurs et amplificateurs. Les constantes et les courbes de ces lampes sont les suivantes (voir fig. 58).

Par la suite, après l'apparition des lampes à oxyde à chauffage direct et indirect, différents constructeurs de lampes ont lancé une série de lampes avec filament à oxyde.

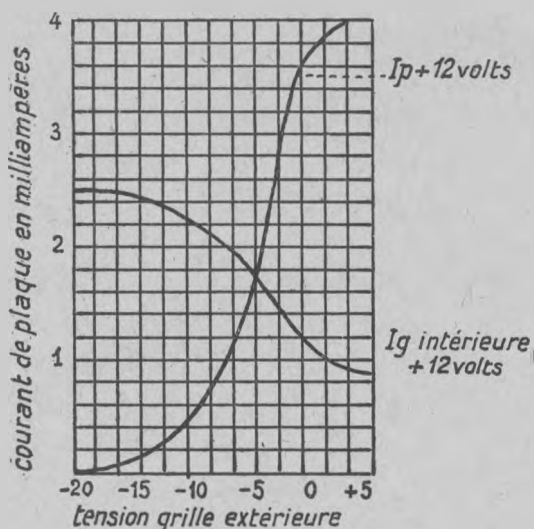


FIG. 53

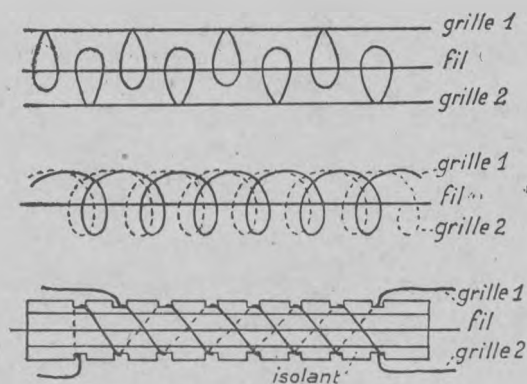


FIG. 54

3° Lampes pentodes

Ces lampes ont trois grilles et la grille extérieure (la plus rapprochée de la plaque) est connectée à l'intérieur de la lampe avec le filament

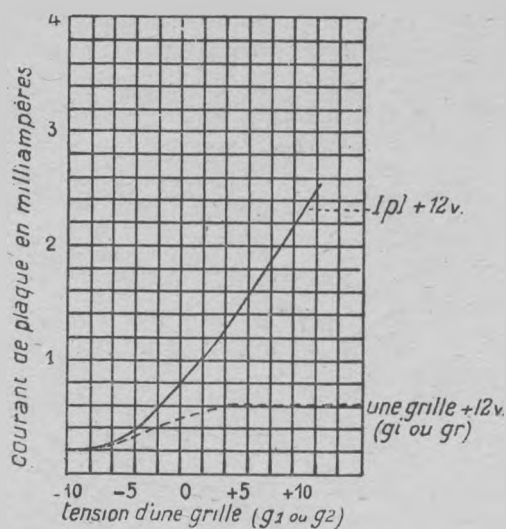


FIG. 55

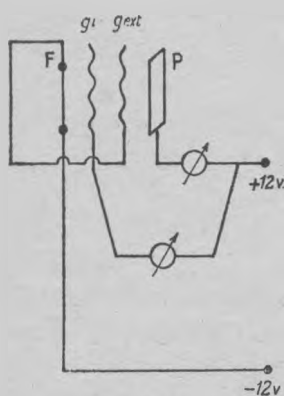


FIG. 56

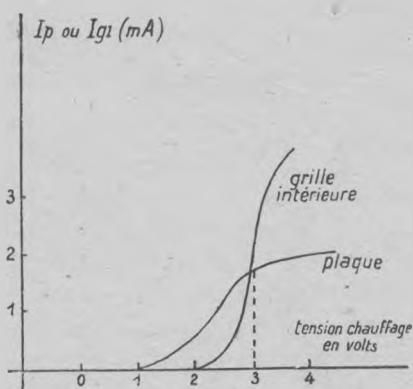


FIG. 57

tension plaque et grille intérieure +20v

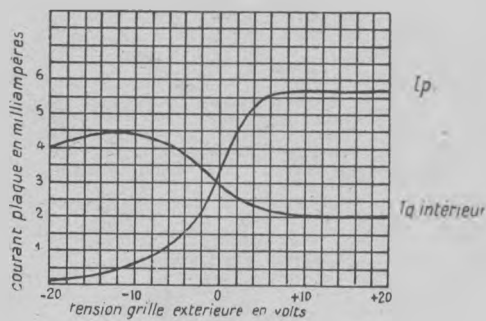


FIG. 58

(généralement avec le milieu du filament). La figure 59 montre la disposition des électrodes de cette lampe, qui porte le nom de pentode ou lampe de puissance à 3 grilles.

Le rôle de la grille médiane est le même que celui de la grille intérieure dans la lampe bigrille — c'est-à-dire d'augmenter l'intensité du courant dans la lampe. C'est pourquoi la grille médiane est habituellement connectée au pôle positif de la tension de plaque et possède la même tension que la plaque. La grille intérieure sert comme la grille ordinaire de triode (grille de commande). La grille extérieure, comme nous l'avons déjà fait remarquer, est connectée à l'intérieur de la lampe avec le filament et sert à la suppression de la nuisible émission secondaire. Le fait est que, parfois,

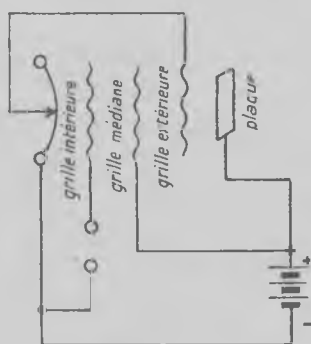


FIG. 59

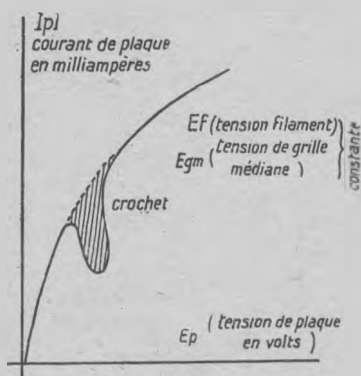


FIG. 60

la tension de plaque du récepteur baisse fortement pendant le fonctionnement de la lampe, par suite de la chute dans le circuit extérieur, et devient inférieure à la tension de la grille médiane. Il se forme, dans ce cas, de la plaque au filament un flux d'électrons secondaires qui diminue le flux principal des électrons (et, par conséquent, son rendement et sa puissance). Nous avons généralement pour les lampes pentodes sans grille extérieure les courbes de la figure 60. Le courant I_p varie suivant la tension de plaque E_p , mais la tension du filament et la tension de la grille médiane demeurent constantes.

Fait remarquable : à une certaine valeur de la tension de plaque se rapprochant de la tension E_m de la grille médiane, on remarque un phénomène caractéristique de diminution de I_p . Ce phénomène de diminution de I_p qui forme un crochet sur les courbes, s'explique par la formation de l'émission secondaire. Si nous réunissons maintenant la grille extérieure avec le filament, le crochet disparaîtra et la courbe prendra l'aspect indiqué à la figure 60. La grille extérieure sert donc à régler l'émission secondaire, en la diminuant ou même en la supprimant complètement. Dans les lampes pentodes, la grille extérieure est d'habitude connectée

avec le filament à l'intérieur de la lampe (le plus souvent à son point médian). Il est permis de supposer qu'il serait utile de connecter la grille extérieure pendant le travail, alors que la caractéristique dynamique varie, non pas avec la tension toujours constante du filament (milieu du filament, par exemple), mais bien avec une tension que l'on puisse modifier. Cela donnerait une grande souplesse dans la régularisation de l'émission secondaire. Nous avons donc proposé pour la connexion de la grille extérieure le schéma des figures 61 et 62.

Dans le premier montage, la connexion est constante et se trouve réalisée à l'aide de la résistance à l'intérieur du culot de lampe. Dans le

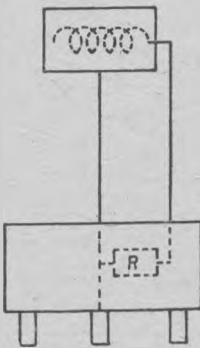


FIG. 61

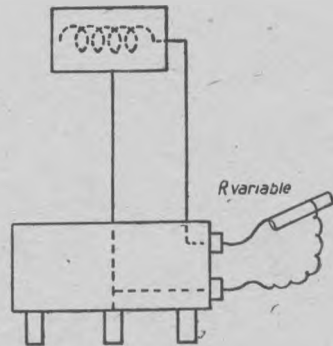


FIG. 62

second montage, cette connexion peut être modifiée à l'aide de la résistance variable.

En étudiant les lampes pentodes, nous pouvons noter leurs propriétés principales suivantes (comparativement aux lampes triodes) :

1° Leur courbe caractéristique ne ressemble pas aux courbes des triodes. Nous reproduisons dans les figures 63 et 64 les caractéristiques des lampes triodes et pentodes, en indiquant leurs différences.

2° Les pentodes possèdent une très grande résistance interne, de l'ordre de 50.000, ce qui permet d'obtenir un coefficient d'amplification plus important (K de l'ordre de 100).

3° Le principe de fonctionnement des pentodes et des triodes ordinaires est quelque peu différent. Nous avons déjà indiqué (voir la page 19) qu'il était nécessaire, pour l'obtention d'une puissance modulée maximum que $R = r$ (résistance extérieure = résistance intérieure), ce qui n'est vraisemblablement pas réalisable pour les pentodes, car $r = 50.000$ alors que R du haut-parleur est habituellement de 2.000 ohms. Toutefois, une série d'expériences démontre que :

a) Malgré la différence entre la résistance interne de la lampe et la

résistance extérieure du circuit, on peut noter que la puissance de la lampe pentode est quatre fois supérieure à la puissance des triodes (à des conditions d'expérience égales). Pour la pentode, la puissance $= \frac{V^2}{4\rho}$, pour la triode $\frac{V^2}{16\rho}$ (V : tension de plaque, ρ : résistance interne de lampe). Pour la pentode la tension de plaque = la tension de la grille médiane,

b) On atteint pendant le fonctionnement une grande stabilité de son. Le fait est que l'on remarque pendant le fonctionnement de la lampe triode ordinaire une augmentation du courant et du son dans le haut-

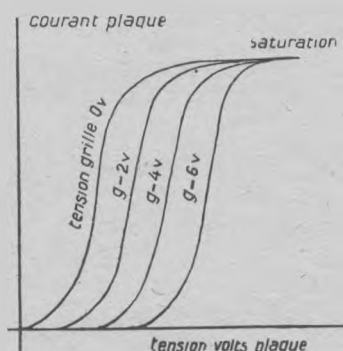


FIG. 63

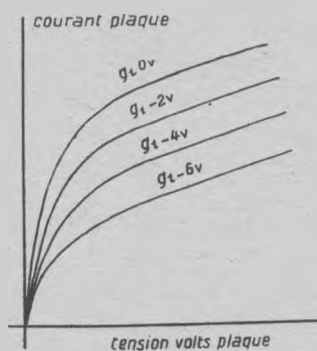


FIG. 64

parleur pour les notes graves (fréquence basse) et une diminution de courant et du son pour les notes aiguës. Cela s'explique par le fait que la résistance du haut-parleur, ou plus exactement l'inductance $= L \omega$ (L : le coefficient de self-induction ; $\omega = 2 \pi f$: pulsation ; f : la fréquence), varie selon la fréquence du son, comme nous pouvons le voir ici. Pour les aiguës (fréquences élevées) l'impédance du diffuseur augmente et l'intensité du courant et du son est, par conséquent, moindre. Dans les pentodes, grâce à une grande résistance interne, ces variations peuvent être négligées et le son aura donc la même intensité.

Mais quelles sont les dernières nouveautés dans la technique des pentodes ? On tend actuellement à augmenter encore la puissance modulée de lampe qui dépend de K et S (voir la formule page 19). C'est pourquoi on cherche actuellement à diminuer la résistance interne des pentodes en conservant leur K et en augmentant S . Très intéressantes à ce point de vue sont les pentodes Philips du tableau ci-après :

PENTODES PHILIPS

	E 443 N (12 watts)	F 443 25 (watts)
Tension chauffage	4 v.	4 v.
Courant chauffage	1 A.	2 A.
Tension anodique	300-400 v.	400-500 v.
Tension grille médiane	150-175 v.	150-175 v.
Coefficient amplif. (k).....	60	60
Pente (s).....	3	4
Résistance (ρ) interne	20.000 ohms	15.000 ohms

Une autre tendance se dessine ces temps derniers pour modifier la disposition des grilles dans les lampes pentodes.

De l'avis, parfois contradictoire, de certains constructeurs, la réunion classique de la grille extérieure, telle que nous l'avons indiquée dans la figure 59, donne naissance à des oscillations harmoniques parasites qui modifient la pureté du son dans le diffuseur. La maison Tungram proposa dernièrement un autre mode de connexion de la grille extérieure, indiqué dans la figure 65. La grille contre l'émission secondaire (grille extérieure) y est connectée avec la grille intérieure (grille de commande). La maison Tungram lança une série de ces lampes (série P.P.) dont nous reproduisons les caractéristiques dans le tableau ci-dessous.

PENTODES SÉRIE P. P. TUNGGRAM

	PP 415	PP 430	PP 230
Tension chauffage	4 v.	4 v.	2 v.
Courant chauffage	0,15 A	0,3 A	0,3 A
Tension plaque	150-200 v.	150-300 v.	100-200 v.
Tension grille médiane.....	150-150 v.	150-200 v.	100-150 v.
Polarisation grille.....	6-12 v.	15-20 v.	5-16 v.
Pente	1,8 mA./v.	2,5 mA./v.	1,5 mA./v.
Résistance interne.....	33.000 ohms	24.000 ohms	33.000 ohms
Coefficient d'amplification	60	60	50

Le constructeur américain Pidgeon proposa de résoudre ce problème d'une autre manière. Il place la grille extérieure et les grilles intérieure et médiane de telle façon que leurs fils alternent dans le même plan (voir la figure 66). Certains constructeurs se contentent de la méthode classique pour la connexion des grilles (grille extérieure au milieu du filament), mais la plaque se fait en grille fine ; ces lampes supportent habituellement une grande puissance, car elles se refroidissent plus facilement. On emploie

ordinairement les montages les plus variés : vertical, incliné, horizontal, à plaque plate et cylindrique. Parmi les lampes pentodes à chauffage direct, notons les lampes Métal-Mazda DX3 et Philips B 443.

Parmi les modèles intéressants de pentodes à chauffage indirect, notons la lampe Mazda (anglaise) AC. /Pen (voir les fig. 67 et 68).

Parmi les lampes pentodes à chauffage direct par alternatif nous indiquons la pentode américaine 47 et la lampe Métal-Mazda DW3 dont nous donnons les montages dans la figure 69.

En résumant la technique des pentodes, nous parvenons aux conclusions suivantes :

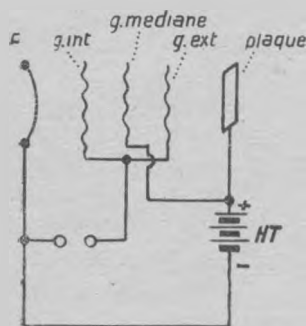


FIG. 65

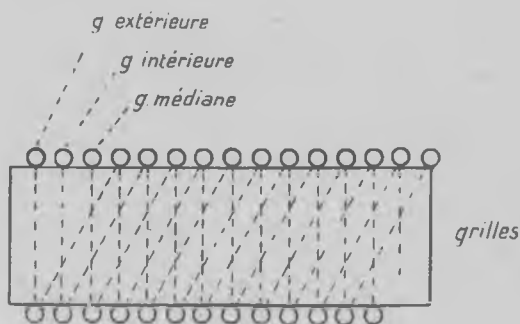


FIG. 66

1° La pentode la plus répandue est sans aucun doute la pentode à chauffage direct et continu avec dispositif de la grille extérieure classique (au milieu du filament) (DX3 Métal, B443 Philips, etc.) ;

2° La pentode à chauffage indirect, sauf des cas spéciaux, n'est pas encore très répandue ;

3° On remarque un certain intérêt pour les pentodes à chauffage direct par alternatif. Les modèles nouveaux dans ce sens sont : la pentode à chauffage direct par courant alternatif, comme par exemple la pentode DW3 Métal-Mazda (4 v. ; 0,25 A. ; E_p max. 300 v. ; G_m 200 v. ; $\rho = 40-60.000$ ohms ; S 2,0 mA/v (moyenne) et la pentode américaine 47 : 2,5 v. ; 1,5 A. ; E_p 250 v. ; G 250 v. ; S 2 mA/v ; $\rho = 30/40.000$ ohms. Il y a lieu de croire que l'on poursuivra les travaux nécessaires pour la création d'une pentode à pente et K maxima, $E_p =$ faible et ρ minimum pour une faible consommation du filament.

4° Lampes à écran

La lampe à écran fut inventée par Schottky en Allemagne en 1916, mais n'a reçu une large extension qu'en 1926 après les expériences de Hull en Amérique. La lampe à écran possède deux grilles comme la lampe bigrille, mais la destination des grilles est différente. Alors que dans la bigrille, la grille extérieure sert habituellement à la mise en circuit du montage (grille de commande), dans la lampe à écran cette grille extérieure a

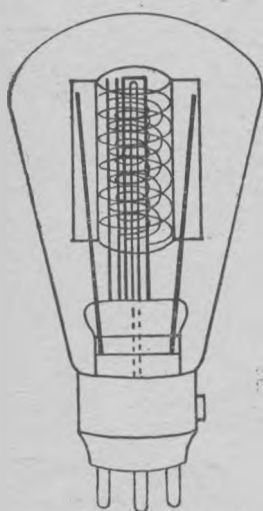


FIG. 67

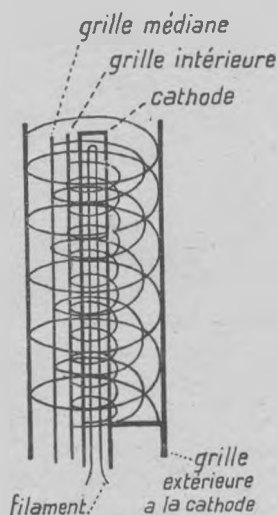


FIG. 68

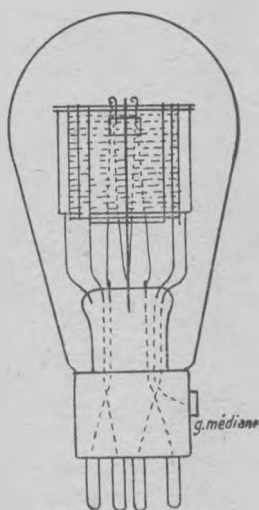


FIG. 69

un rôle indépendant spécial : elle sert d'écran entre la grille intérieure et la plaque et supprime la capacité parasite entre la grille intérieure et la plaque. Quant à la grille intérieure, elle sert de grille de commande comme la grille ordinaire de triode.

Mais comment parvient-on à supprimer la capacité parasite entre la grille intérieure et la plaque à l'aide de la grille extérieure (écran) ? Le rôle de l'écran fut étudié par le directeur du laboratoire G. E. C. Hull qui a réalisé l'expérience classique suivante : ayant pris un alternateur (source de courant alternatif), il plaça un condensateur sur ses bornes et l'introduisit dans le circuit des appareils de mesure (voltmètre et ampèremètre) ainsi que nous l'indiquons dans le schéma 70. Il se forme dans le circuit un courant (I) défini par la formule suivante :

$$I = C\omega V ;$$

C : capacité ; $\omega : 2 \pi f$; f : fréquence ;
 V : tension aux bornes de l'alternateur.

Si nous plaçons maintenant dans l'espace qui se trouve entre les armatures du condensateur une petite grille connectée avec un pôle quelconque de l'alternateur, nous verrons que le courant tombe jusqu'à zéro. Quelle est l'explication de ce fait ? C'est, vraisemblablement, que, dans ce cas, la capacité $= 0$, car toutes les autres quantités conservent leurs valeurs (f et tension). Il est donc possible à l'aide d'un tel écran de supprimer la capacité entre grille intérieure et plaque de la lampe. Cette expérience sert de base à la construction d'écrans dans les lampes à écran. L'écran y est généralement porté à la moitié de la

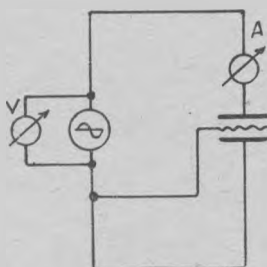


FIG. 70

tension positive de la plaque, ce qui permet d'obtenir en même temps une augmentation de l'intensité du courant dans la lampe (la grille-écran remplit le même rôle que la grille médiane dans la lampe pentode). Nous indiquons dans la figure 71 le schéma fondamental des connexions de la lampe à écran, de même que les caractéristiques principales et fondamentales de ces lampes.

En étudiant les caractéristiques des lampes à écran nous constatons la diminution d'intensité du courant de plaque I_p lorsque la tension de plaque approche de la tension d'écran. La diminution de I_p est pareille à celle que nous avons observée pour les lampes pentodes. Ce phénomène prouve que, dans ce cas, il se produit dans la lampe une émission secondaire. La profondeur de ce crochet nous permet de juger de l'importance de l'émission secondaire.

Les savants et les techniciens parlent beaucoup actuellement de l'émission secondaire, il doit donc être intéressant pour tous de trouver ici la définition de ce phénomène, avec l'indication de ses principales caractéristiques. Ainsi que nous l'avons déjà maintes fois indiqué, il se forme dans les lampes de T. S. F. un courant d'électrons allant du filament à la plaque. Cette émission qui fournit le courant dans la lampe est fondamentale. Toutefois, dans certains cas, lors d'une certaine tension sur les élec-

trodes, des électrons secondaires peuvent se former, rayonnés par les électrodes susmentionnés, par suite de leur bombardement par les électrons primaires. Quels sont donc les facteurs fondamentaux de ce phénomène ?

1° D'abord, plus la tension entre les électrodes est élevée, plus la formation du flux d'électrons secondaires est importante. Les flux d'émission secondaire les plus importants sont : a) le flux d'électrons de la grille vers le filament ; b) le flux des électrons de la grille vers la plaque et, enfin, c) le flux des électrons de la plaque vers la grille. La figure 72 montre ces flux de l'émission secondaire.

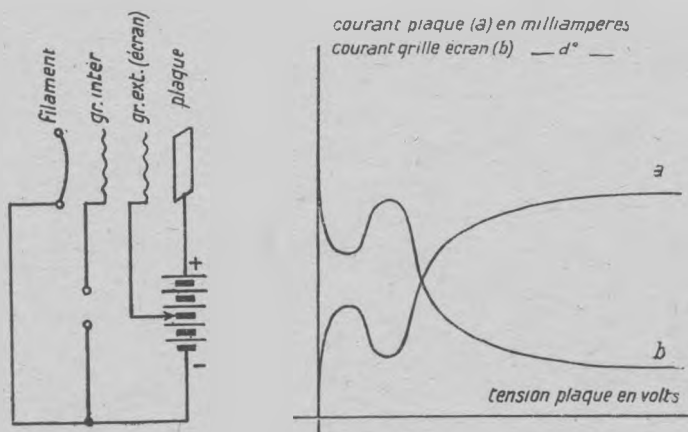


FIG. 71

2° Dans les lampes insuffisamment vidées, l'émission secondaire se forme plus facilement et devient plus puissante.

3° L'émission secondaire dépend également de la nature des électrodes. Ainsi, par exemple, le nickel fournit une émission secondaire sensiblement plus élevée que le tungstène ou le molybdène.

4° L'émission secondaire varie également en fonction de certains procédés liés à la manière spéciale de traiter les électrodes. Ainsi, selon Hull, on peut diminuer l'émission secondaire en couvrant les électrodes d'une couche de platine traitée par un procédé spécial. Par contre, l'oxydation des électrodes augmente fortement l'émission secondaire. L'émission diminue sensiblement lorsqu'on couvre les électrodes de nickel colloïdal ou de chrome. Un procédé intéressant pour la diminution de l'émission secondaire consiste à compenser cette dernière par une émission supplémentaire de kenotron (lampe à 2 électrodes). Dans ce cas, les kenotrons sont introduits dans le circuit où nous désirons combattre l'émission secondaire. Cette méthode a été proposée par M. Zousmanovsky. Nous

proposons un schéma se rapprochant de celui de Zousmanovsky indiqué dans la figure 73.

5° L'émission secondaire peut également être modifiée, si l'on introduit certains gaz dans la lampe. A notre avis, les gaz qui possèdent un grand potentiel d'ionisation diminuent l'émission secondaire, par exemple l'hélium (potentiel d'ionisation = 24,05). Les gaz : l'oxygène, l'azote, l'hydrogène, dont le potentiel d'ionisation = presque 16, produisent un effet moins grand.

Quelles sont les propriétés fondamentales et les constantes des lampes à écran ?

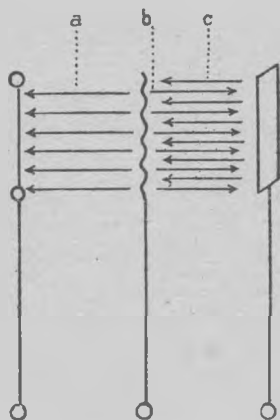


FIG. 72

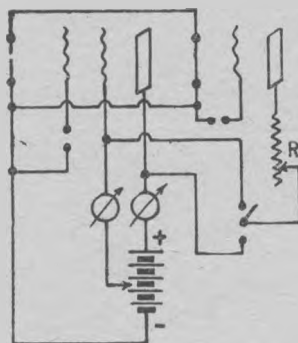


FIG. 73

1° Comme nous venons de le voir, les lampes à écran ont une curieuse courbe caractéristique (fig. 71). De plus on constate dans ces lampes une émission secondaire plus ou moins importante.

2° Les lampes à écran possèdent une très faible capacité interne entre les électrodes. Cela s'obtient par l'adjonction d'une électrode-écran supplémentaire. La capacité de ces lampes est généralement définie par 0,01 $\mu\mu$ F, tandis que dans les lampes ordinaires elle atteint les valeurs suivantes :

Capacité gr.-pl. lampe Micro avec culot 10 $\mu\mu$ F ; sans culot 3-6 $\mu\mu$ F.

3° Par suite de l'influence de l'écran, les lampes à écran possèdent une très grande résistance interne (ρ), généralement 200.000 ohms à 1 mégohm. Il est donc évident que K (coefficient d'amplification) de ces lampes est très élevé (il atteint 100 à 1.000 et même davantage).

Une grande quantité de modèles de lampes à écran a été lancée ces temps derniers sur le marché et il serait intéressant de suivre les lignes principales du perfectionnement de ces modèles.

La tendance des lampes pentodes n'est pas abandonnée dans les lampes à écran, à savoir augmentation de la pente et diminution de la résistance interne en conservant ou en augmentant K . Nous constatons, de plus, une tendance à perfectionner le montage de l'écran. Comme nous l'avons déjà dit, le rôle de l'écran est de supprimer la capacité entre les électrodes (la grille intérieure et la plaque). On y parvient en supprimant à l'aide de l'écran le champ électrostatique qui donne naissance à la capacité. Ce but serait évidemment mieux atteint si la plaque et la grille intérieure étaient

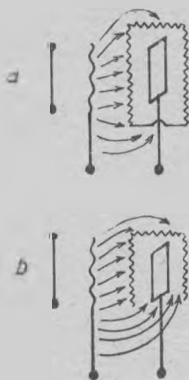


FIG. 74

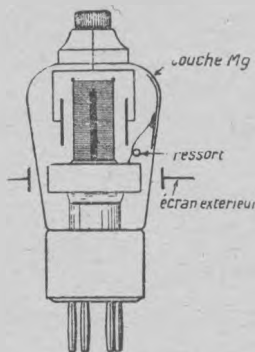


FIG. 75

complètement séparées l'une de l'autre (écran fermé et complet). Nous donnons dans la figure 74 deux exemples de montages écran : a) écran complet et b) écran incomplet.

Dans le second cas, les lignes du champ électrostatique parviennent jusqu'à la plaque et forment une certaine capacité parasite (capacité gr-pl).

Certains constructeurs cherchaient à compléter l'écran intérieur à l'aide des écrans extérieurs supplémentaires. Notons ces principales tendances dans la technique des lampes à écran, tendances qui ont reçu le nom de blindage :

1° *Blindage Philips-Mazda-Métal*. — Pour ce cas, l'écran intérieur est indiqué dans la figure 75 (écran de la lampe DZ2 Métal-Mazda). Dans le but de perfectionner cet écran, on a installé un ressort spécial. Ce dernier connecte l'écran avec la couche conductrice Mg (magnésium) qui se précipite sur les parois intérieures de la lampe. De plus, on ajoute à la lampe un écran extérieur qui sert de prolongement à l'écran intérieur. On sépare à l'aide de ce blindage toutes les parties du montage qui se trouvent dans le circuit de grille et dans le circuit de plaque. Ce montage extérieur est montré en détail dans la figure 75.

2° *Blindage Telefunken Orion.* — Dans ce cas, le mode de blindage est quelque peu différent : l'écran intérieur est pareil à celui des lampes Philips-Métal-Mazda, mais on néglige de le connecter avec la couche de Mg : la partie extérieure de la lampe est couverte d'un coffret métallique spécial (ou métallisée) et est habituellement connectée avec la cathode ou avec le filament. Les charges qui se forment sur la partie intérieure de la lampe (sur la couche de magnésium) induisent dans la couver-



FIG. 76

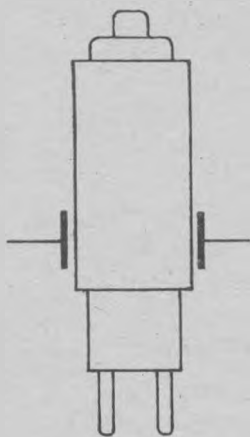


FIG. 77

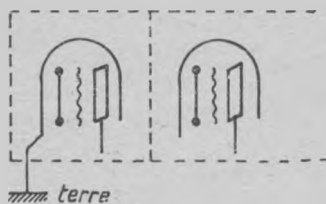


FIG. 78

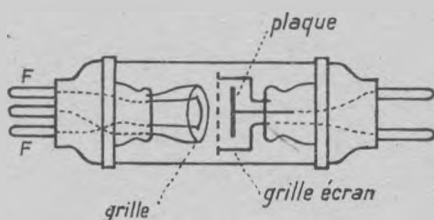


FIG. 79

ture métallique des charges de signe contraire qui peuvent être détournées vers le sol. Nous indiquons un exemple de ces lampes dans la figure 76.

De plus, la couche métallique protège la lampe à l'extérieur contre toute influence d'induction parasite. Ce montage exige également des blindages spéciaux entre les circuits de grille et de plaque (comme cela est indiqué dans la figure 77). Ce montage soulève actuellement une grande polémique ; son utilité est contestée par certains constructeurs.

Telefunken déconseille la construction de blindage pour séparer le circuit de grille du circuit de plaque, mais recommande d'augmenter simplement la distance entre les lampes et leurs circuits, afin d'éviter le couplage et la réaction. Il recommande pourtant de placer le montage de chaque lampe dans un coffret métallique. La figure 78 représente ce montage blindé Telefunken.

Notons maintenant les plus intéressants montages de lampes à écran, où nous pourrions également prendre connaissance de quelques particularités constructives de l'écran.

1° La figure 79 montre le montage de la lampe à écran Marconi

(S. 625) (Angleterre) dont l'idée appartient au Capitaine Round. C'est une des premières lampes à écran réalisées en Europe.

2° La figure 75 montre le montage des lampes à écran Philips et Mazda-Métal (chauffage direct et indirect).

3° Nous publions dans la figure 80 un intéressant montage Mazda (anglais) ; lampe à écran (chauffage indirect).

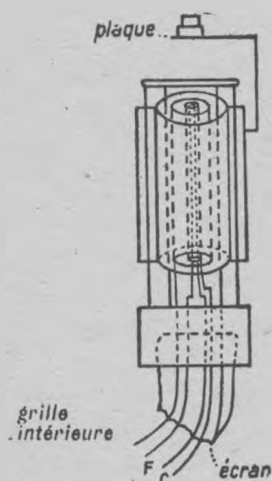


FIG. 80

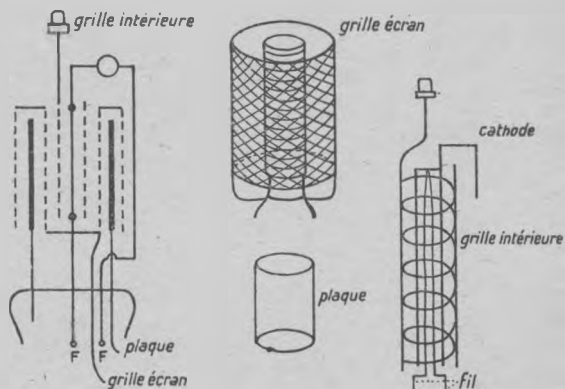


FIG. 81

4° Enfin dans la figure 81 nous indiquons deux montages de lampes à écran G. E. C. (Amérique) — UX 222 et UY 224. Ce sont là des premières lampes à écran parues en Amérique.

Les travaux de recherche poursuivis dans le domaine des lampes à écran, malgré les difficultés considérables que présente leur montage, travaux dont nous voyons les preuves dans le nombre important de modèles parus, sont vraiment remarquables.



CHAPITRE III

UTILISATION PRATIQUE DES LAMPES DE RÉCEPTION

Comment choisir et utiliser les lampes de réception pour un poste de T. S. F. — Ayant passé en revue les principaux types de lampes de réception, voyons à présent comment choisir et utiliser les lampes de réception pour un poste T. S. F., quelles sont les lampes qui nous donneront les meilleurs résultats et quelles sont les conditions nécessaires à leur parfait fonctionnement.

Dans l'état actuel de la technique de réception, alors que les problèmes se sont prodigieusement multipliés et que le nombre des modèles de lampes s'est considérablement accru, ce n'est pas là chose facile. Dans les principaux cas, ce problème est élucidé en pratique par une série d'expériences dont on tire certaines conclusions.

Il arrive souvent que les lampes de différentes maisons, mais de modèles correspondants, ne fournissent pas les mêmes résultats. Nous ne nous proposons guère d'indiquer ici tous les cas de l'application pratique des lampes de réception et leurs nombreux montages, ni de fournir l'analyse mathématique des différents cas de cette application. Notre but est plus restreint et très net : nous voulons donner au lecteur une brève idée des applications les plus caractéristiques des lampes de réception avec l'indication des conditions optima d'utilisation. Connaissant le fonctionnement des lampes dans les cas susmentionnés, il nous est toujours possible d'en tirer les conclusions utiles pour tel ou tel autre cas concret. Comme cas caractéristiques pour l'étude du fonctionnement des lampes de réception, nous nous arrêterons à l'étude du montage du changeur de fréquence.

Celui que nous choisirons pour notre étude appartient à la catégorie des montages les plus simples et, pratiquement, n'est plus utilisé depuis plusieurs années.

Dans la figure 82 nous reproduisons le schéma d'un montage à changement de fréquence.

Les principaux étages de ce montage à changement de fréquence sont les suivants :

- 1° changement de fréquence,
- 2° moyenne fréquence (M. F.),
- 3° détection (D),
- 4° basse fréquence (B. F.).

Etudions ce montage dans tous ses détails, en examinant tous ses éléments. En énonçant les principes théoriques de ce montage, nous pour-

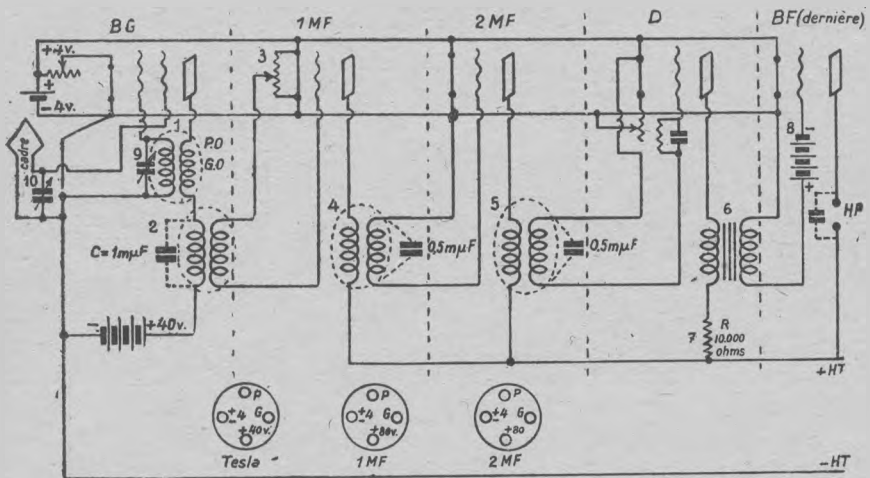


FIG. 82. — Schéma d'un récepteur à changement de fréquence par lampe bigrille. 1, oscillatrice P. O., G. O. ; 2, Tesla ; 3, potentiomètre ; 4-5, transformateurs M. F. ; 6, transformateur B. F. ; 7, résistance 10.000 ohms ; 8, polarisation (4 à 15 volts) ; 9, condensateur d'hétérodyne ; 10, condensateur d'accord.

rons établir les conditions de fonctionnement pratique de la lampe et déterminer le modèle de la lampe à employer ainsi que les meilleures conditions de son fonctionnement.

1° *Changement de fréquence par la lampe bigrille.* — Le montage de Mare est indiqué dans la figure 83. Le but principal du montage bigrille est de diminuer la fréquence de manière à obtenir les meilleures conditions pour l'amplification. Le fait est qu'il se produit, pour des fréquences élevées, des phénomènes nuisibles qui entraînent l'abaissement de l'amplification. Pour améliorer l'amplification, il est donc nécessaire de diminuer la fréquence des courants à amplifier. Nous pouvons le faire à l'aide de l'interférence artificiellement créée. Nous savons que lorsque l'on place deux géné-

rateurs de haute fréquence (H. F.) possédant les fréquences f_1 et f_2 , le résultat de l'interférence de ces fréquences donne une fréquence $F = f_1 - f_2$. En superposant les deux f différentes, nous obtiendrons pour la lampe bigrille les mêmes résultats. Nous introduisons le circuit oscillant dans le circuit de la grille extérieure et l'accordons sur une fréquence f_1 (pour l'émission donnée). Si nous introduisons maintenant dans le circuit de la

FIG. 83. — Changement de fréquence par lampe bigrille.

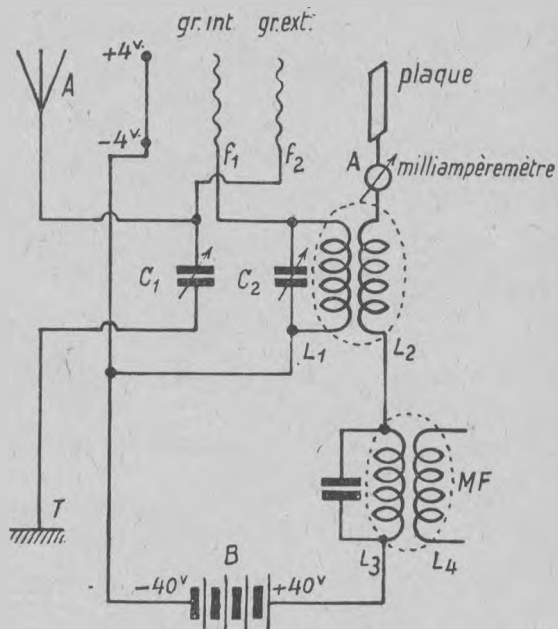
C_1 C_2 condensateurs variables.

L_1 L_2 oscillatrice P. O.-G. O.

L_3 L_4 tesla.

B, batterie (40 volts).

A, antenne; T, terre.



grille intérieure un autre circuit oscillant ayant la fréquence f_1 , le résultat de la triple action d'amplification, de détection et de modulation nous donnera dans le circuit de plaque les oscillations indiquées dans la figure 84, courbe 4. Ayant obtenu un courant pulsatoire où $F = f_1 - f_2$, c'est-à-dire où la fréquence est sensiblement abaissée, nous pouvons le diriger maintenant vers une amplification ultérieure (dans le circuit M. F., comme nous le voyons dans le schéma fondamental 82). Nous ferons remarquer ici que la formation des oscillations dans la lampe bigrille exige certaines conditions préalables. Deux facteurs y jouent un rôle prépondérant :

1° Il est important que les bobines L_1 et L_2 soient assorties de manière à fournir les oscillations pour grandes et petites ondes. L'ensemble des bobines L_1 L_2 porte chez les constructeurs le nom d'oscillatrice pour petites et grandes ondes (oscillatrice Po. Go.).

2° La lampe bigrille doit posséder des constantes qui permettent de

réaliser facilement l'oscillation de la lampe bigrille. Les résultats les meilleurs sont obtenus avec les lampes bigrilles suivantes :

a) chauffage indirect à oxyde 4 v. ; 1 A.

$\rho = 4.500 - 7.500$ ohms.

$K = 6$ et plus.

(par exemple : le Métal-Mazda DWIB et les lampes correspondantes des autres marques).

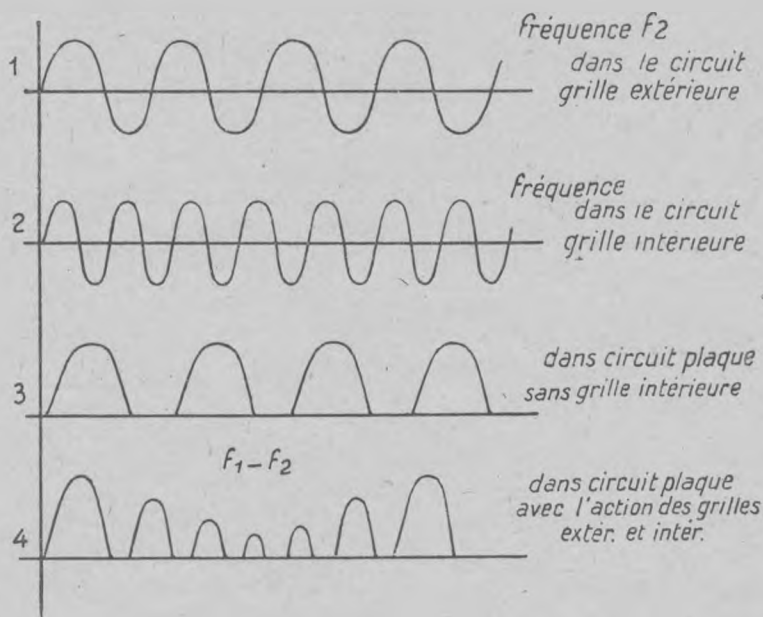


FIG. 84. — Représentation graphique du changement de fréquence.

b) chauffage direct à oxyde F 4 v. ; 0,06 A.

(DZ I Métal-Mazda) $\rho = 4.500 - 7.000$ ohms.

$K = 2,5$.

c) La lampe Micro RM Métal (spécialement destinée au radiomoduleur) chauffage direct (fil thorié) :

Tension chauffage : 3, 8 à 4 v.

Intensité du chauffage : 0, 06 A.

Tension de plaque : 10 à 40 v.

Courant de saturation : 8 milliampères.

Coefficient d'amplification : 3.

Résistance interne : 4.000 ohms,

Avec ce changeur de fréquence on se heurte parfois à quelques diffi-

cultés pour la réception des ondes courtes. Les lampes bigrilles provoquent dans ce cas le blocage des oscillations. C'est pourquoi il est quelquefois intéressant de faire des expériences de contrôle en montant le schéma de Mare et en y apportant certaines modifications. Il est tout d'abord nécessaire d'obtenir que la lampe oscille : — nous tournons donc les condensateurs variables C_1 et C_2 et notons sur le milliampèremètre les changements d'intensité du courant (I_p). Lorsqu'il n'y a pas d'oscillation, I_p demeure constant, malgré les variations de la capacité des condensateurs C_1 et C_2 . Nous pouvons réaliser ces expériences pour les grandes et les petites ondes en tâchant de déterminer les oscillations pour les ondes de différente grandeur.

A part le montage de Mare, nous pouvons également construire certains autres montages, mais ces derniers exigent l'emploi de bigrilles spéciales. En voici les variantes principales :

1° Lampe CI (Métal) destinée au montage Barthélemy (cryptadyne et isodyne). Le montage isodyne est indiqué dans la figure 85.

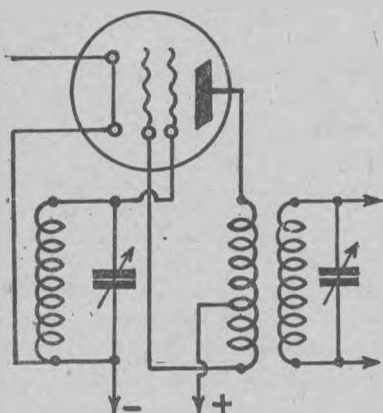


FIG. 85. — L'isodyne.

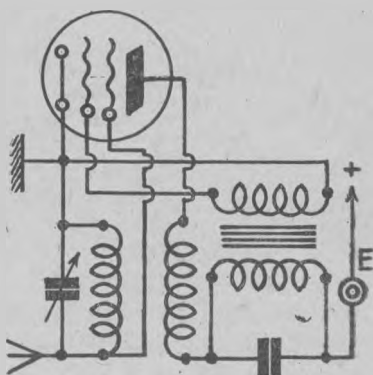


FIG. 86. — Montage reflex. La lampe est à la fois détectrice et amplificatrice basse fréquence.

2° La lampe GM (Métal) (grille mixte), destinée aux montages réflexes, montage symétrique (voir la figure 86).

3° La lampe DG (Métal) (double grille), spécialement étudiée pour l'amplification et la détection.

Son montage est indiqué à la figure 87. Les caractéristiques et les courbes de ces lampes sont données à la figure 53-58.

Ayant ces principaux types de lampes bigrilles, nous pouvons réaliser un montage à notre choix, faire les expériences fondamentales pour le

contrôle de l'oscillation et poursuivre l'installation du poste en choisissant les lampes qui nous sont nécessaires (1)

2° *L'amplification M. F.* — La bonne et exacte construction du transformateur M. F. nous permet d'obtenir le bon rendement de l'installation entière. Une série d'expériences a démontré que la meilleure lampe pour M. F., à la condition d'accorder les transformateurs sur 3.000 à 6.000 mètres, est définie comme suit :

Les lampes M. F. doivent posséder K et ρ assez élevés $K = 22$ à 35 , $\rho = 22.000$ — 29.000 ohms (pour le courant direct). Pour le chauffage

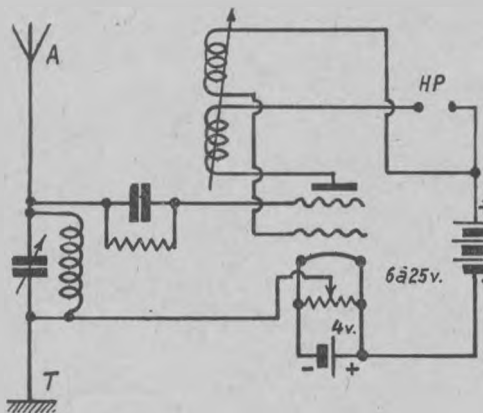


FIG. 87. — Détectrice à réaction

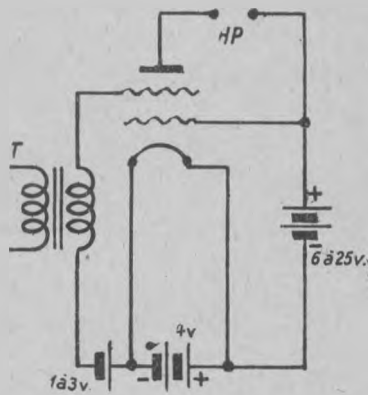


FIG. 88. — Amplificatrice.

indirect : $\rho = 20.000$ à 60.000 ohms, $K = 20$ à 60 . Pour les lampes à écran (ch. direct et indirect) K et ρ doivent être plus élevés : $K = 200$ à 1.000 et plus ; $\rho = 150.000$ ohms à 1 mégohm et plus. Ces lampes à écran exigent un transformateur de M. F. spécial (grande impédance), exécuté par des maisons spécialisées. Cependant nous pouvons choisir une autre voie : diminuer la résistance interne de la lampe à écran, comme le fait Barthélemy qui est parvenu à obtenir $\rho = 35.000$ ohms et $K = 50$ à l'aide d'une grille supplémentaire intérieure (voir la figure 89).

Mais en général, il est plus avantageux d'employer pour M. F. et H. F. des lampes à grands K et ρ , car K fournit une sensible augmentation d'amplification et ρ augmente considérablement la sélectivité de l'installation. Une amplification considérable est obtenue en M. F. par la mise en

(1) En plus de ces montages avec lampe bigrille, on peut réaliser un changement de fréquence : a) à l'aide d'une lampe séparée (montage superhétérodyne classique), b) avec 2 lampes ordinaires en parallèle (montage ultradyne), c) avec 1 lampe ordinaire — montage tropadyne, superhotodyne, montage de la double harmonique, montage strobodine. Pour l'étude de ces montages, nous renvoyons le lecteur au fascicule : « Les superhétérodynes » et à l'ouvrage de P. Hemardinquer : *Le superhétérodyne et la superréaction* (E. Chiron, éditeur).

cascade de plusieurs étages. Toutefois, un nombre trop élevé d'étages (plus de 3) ne donne pas de résultats pratiques, car : 1° le rendement n'augmente pas sensiblement et 2° on peut s'attendre à des déformations et à des accrochages spontanés. Comme règle générale, il est à souhaiter que nous ayons pour la M. F. des lampes bien standardisées possédant des constantes identiques, surtout K et ρ . De plus, selon l'opinion de certains construc-

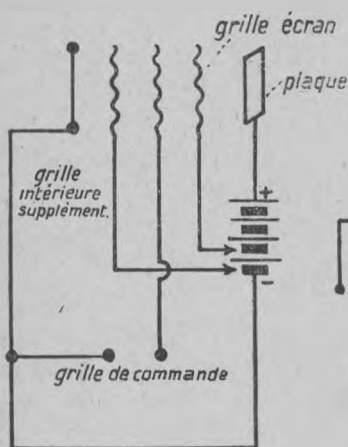


FIG. 89.

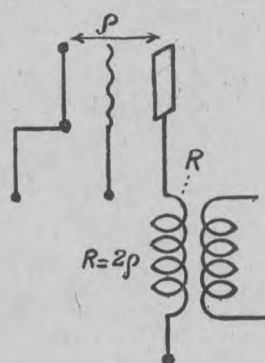


FIG. 90.

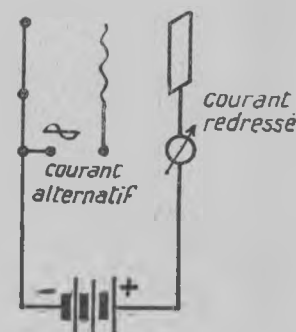


FIG. 91

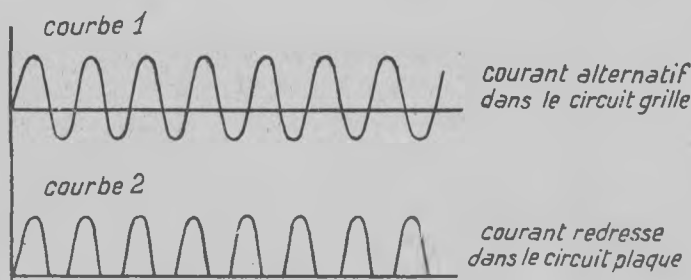


FIG. 92. — La détection.

teurs, il vaut mieux conserver $R = 2\rho$, c'est-à-dire que la résistance du montage doit être égale au double de la résistance de la lampe, condition à laquelle on évite la distorsion. L'amplificateur M. F. fonctionne avec maximum de puissance et sans distorsion (voir fig. 90).

3° *Détection*. — L'étage suivant est la détection. Cet organe a une importance particulière dans le récepteur. Etudions trois méthodes principales de détection : a) détection par la grille, b) détection par la plaque, c) détection de puissance. Mais, premièrement, quelle est la nature

de la détection que nous obtenons par la lampe ? Le fait est qu'en appliquant le courant alternatif (de haute fréquence (H. F.), en particulier) entre grille et filament de la lampe, nous obtenons dans le circuit de plaque un courant redressé, c'est la détection. Dans les figures 91 et 92 ce phénomène de détection est clairement indiqué (courbes 1 et 2).

Le fonctionnement d'une détectrice peut être graphiquement représenté en portant en abscisses les tensions alternatives appliquées à la grille, et en ordonnées les intensités du courant de plaque.

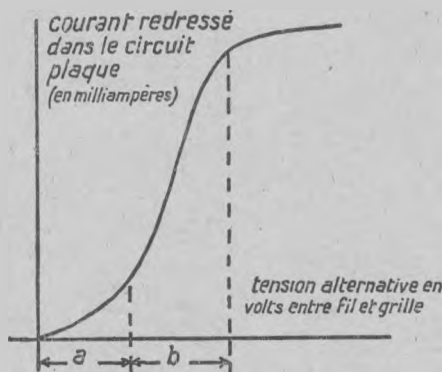


FIG. 93. — Caractéristique de détection.

Cette courbe a l'aspect indiqué dans la figure 93 et porte le nom de courbe de détection. Au commencement, elle a l'aspect d'une courbe, elle se transforme ensuite en ligne droite qui se transforme à son tour en courbe (saturation). Les expériences ont démontré que pour les petites amplitudes du courant alternatif (indiquées par a), l'intensité du courant redressé est proportionnelle au carré de la tension alternative appliquée. Il n'y a donc pas de concordance complète entre le courant redressé et la tension alternative et cela entraîne une certaine distorsion du son, après la détection (sa déformation). Pour éviter ce phénomène, il est important de travailler dans la partie de la courbe où la proportionnalité entre l'intensité du courant redressé et la tension alternative appliquée est complète — dans le cas présent ce sera au point (b) où la courbe se transforme en ligne droite. Nous avons évidemment besoin d'appliquer dans ce but une considérable tension alternative entre filament et grille, c'est dire que nous devons posséder avant la détection une amplification considérable. Nous avons donc encore une fois raison d'utiliser un bon amplificateur M. F. qui nous fournit une bonne amplification.

Pour vérifier le bon fonctionnement de l'amplificateur M. F. qui doit fournir une amplification considérable afin que la détection puisse à son

tour donner de bons résultats, il faut, selon David, faire l'expérience de contrôle suivante : on introduit un milliampèremètre dans le circuit de plaque du détecteur et on détermine l'intensité du courant dans le circuit sans le fonctionnement de l'émetteur. Nous trouvons ensuite l'intensité du courant pendant le fonctionnement d'un émetteur quelconque. Nous remarquerons à ce moment une diminution de l'intensité du courant dans le cir-

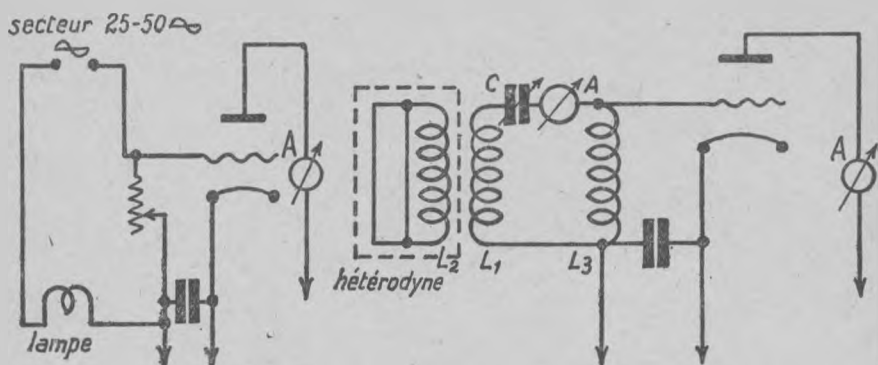


FIG. 94. — Deux méthodes de relevé de la caractéristique de détection. En B. F. (fréquence du secteur). En H. F. (fréquence de l'hétérodyne).

cuit de plaque. Si cette diminution est égale au $1/3$ ou $1/4$ de la valeur initiale, nous pourrions dire que le détecteur fonctionne bien (sans distorsion, dans la partie *b* de la courbe).

En étudiant différentes lampes détectrices, il est en général utile de posséder les courbes de contrôle de détection (qui ne dépendent aucunement de la fréquence). Dans ce cas on peut utiliser pour la construction graphique de ces courbes la méthode très simple indiquée dans la figure 94. Cette figure montre deux modèles de ces installations pour la construction des courbes de détection.

Cette installation nous permet de déterminer la loi de fonctionnement des lampes de détection, les avantages de ces dernières et leurs défauts et, par conséquent, d'établir l'amplification qui nous est nécessaire pour M. F. (ou H. F.).

Voyons maintenant les principaux cas de détection appliqués en pratique.

a) *Détection par la grille.* — Le schéma fondamental de cette détection est donné dans la figure 95. Le mécanisme de cette détection est le suivant : on utilise premièrement le courant alternatif de haute fréquence dans le circuit grille-filament où se produit la détection. Le courant redressé est alors dirigé vers le circuit de plaque où il est amplifié. Il est donc intéres-

sant d'étudier le courant redressé I_{gr} (dans le circuit grille-filament) en fonction de la tension alternative du circuit Gr-fil (voir la fig. 96).

Ce courant est habituellement très petit et s'exprime en microampères ($1/1.000.000$ d'ampères).

Lorsque la grille est connectée directement avec le circuit oscillant et ensuite avec l'extrémité positive du filament, il se forme entre le filament

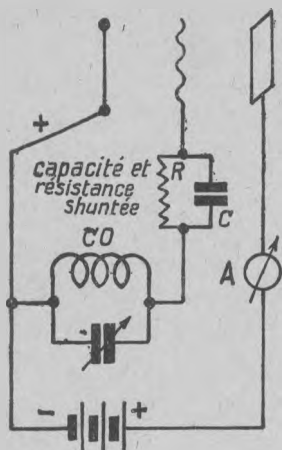


FIG. 95.

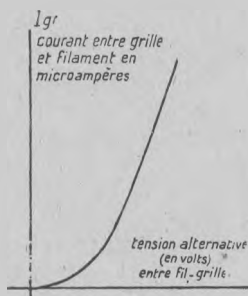
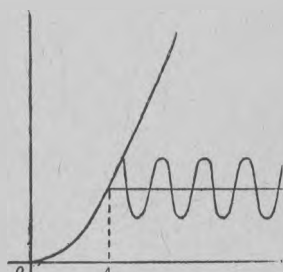
FIG. 96.
Caractéristique de grille.

FIG. 97. — Courant de grille.

et la grille un courant qui pour $+4$ (prenons la lampe à 4 volts) aura, par exemple, la valeur A (voir la courbe 97).

Dans ce cas, en appliquant une tension alternative entre la grille et le filament, nous n'obtiendrons pas de détection. Il est donc important de faire fonctionner la lampe à $E_g = 0$. On y parvient en mettant en circuit une grande résistance avec une faible capacité en dérivation (généralement $R = 1$ à 3 mégohms et $C = 0,1/1.000$ à $0,25/1.000 \mu F.$) Il se forme, dans cette résistance, une grande chute de tension et il nous est possible de faire passer le point A en 0. La détection se produit alors franchement, comme nous le voyons dans la figure 99.

Dans ce mode de détection, toutes les amplitudes négatives de la tension alternative sont abolies ; quant aux amplitudes positives, elles fournissent dans le circuit de plaque un courant pulsatoire (redressé) indiqué par la courbe AB . Le tout est de parvenir à choisir C et R (capacité shuntée par résistance de valeurs convenables). David propose de prendre $C = 0,05/1.000 \mu F.$; $R = 1$ mégohm car ce cas fournit la meilleure détection.

Mais quels sont les défauts et les qualités de la détection par grille ? Premièrement, on est obligé de travailler avec une lampe qui fournit un

courant positif entre le filament et la grille (pour la tension positive des oscillations H.F.). Il est évident que ce courant absorbe une certaine quantité d'énergie et qu'il diminue, par conséquent, la puissance et le rendement de la lampe. De plus, la formation du courant dans le circuit de grille provoque une certaine déformation du son. D'autre part, en travaillant avec de petites tensions, nous nous trouvons dans le cas où le courant redressé dépend du carré de la tension alternative, ce qui donne à son tour une distorsion. La détection par grille est donc en général très sensible,

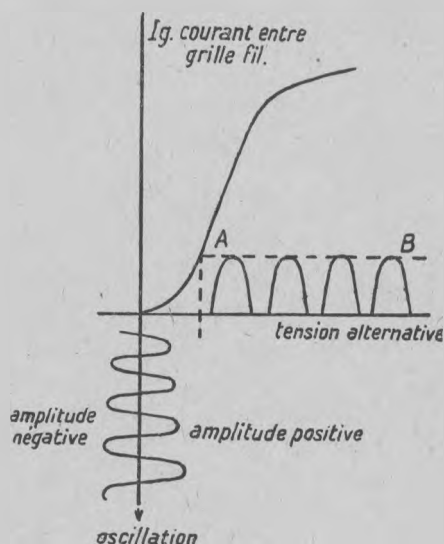


FIG. 98. — Détection par la grille.

mais elle accuse une certaine distorsion qui n'a pourtant pas d'importance en pratique. Quant aux proches et puissantes stations qui fournissent une grande tension, on est obligé d'y travailler dans la zone de saturation où la distorsion et la surtension de la lampe sont particulièrement accentuées. Dans ce cas, il est préférable d'employer le second type de détection, la détection par la plaque.

b) *Détection par la plaque.* — Le schéma de cette détection est donné figures 99 et 100.

Ici nous utilisons la courbe caractéristique du courant de plaque en fonction de la tension alternative de la grille.

Le point de fonctionnement de la lampe est choisi sur le coude inférieur de cette courbe de telle sorte que les amplitudes positives de la tension de grille donnent lieu à un courant de plaque, alors que les amplitudes négatives ne provoquent aucun courant de plaque. Pour amener le

point de fonctionnement sur le coude inférieur, nous donnons sur la grille une importante tension négative (de l'ordre de 10 à 15 v.). Le choix de cette tension doit être fait de telle manière que l'oscillation soit placée dans la partie gauche de la courbe (jusqu'à $E_{gr} = 0$) c'est-à-dire que la polarisation ne doit pas être inférieure à l'amplitude. On y parvient naturellement seulement avec une lampe qui donne naissance à la courbe loin vers la gauche (pour les grandes quantités négatives E_g .) Nous ne pouvons donc utiliser qu'une lampe à faible résistance interne (de l'ordre de 2 à 6.000 ohms). Nous donnons pour la comparaison les courbes d'intensité du courant de plaque en fonction de la tension de grille, pour deux types de lampes : à grande et à petite résistance interne (voir la fig. 101).

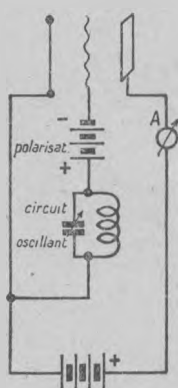


FIG. 99

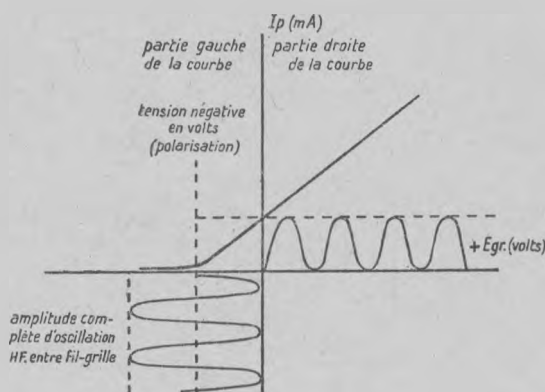


FIG. 100. — Détection par la plaque.

L'une des qualités principales de cette détection est la possibilité de recevoir de grandes oscillations, c'est-à-dire les stations locales sans surcharge, ni saturation, de même que sans distorsion. Cette détection est donc intéressante soit pour les stations rapprochées, soit à la suite d'une plus grande amplification en H. F. ou M. F. La détection par plaque a pour défaut la nécessité de régler et de surveiller la polarisation de la grille à l'aide d'un potentiomètre.

c) *Détection de puissance.* — Cette détection a été proposée pour la première fois en 1925 par l'Anglais Round. On emploie le montage de la détection par grille (voir la fig. 96) avec cette seule différence que l'on prend d'autres valeurs pour la capacité shuntée par résistance, à savoir : $C = 0,1/1.000 \mu F$ et $R = 100.000$ à 250.000 ohms. Pour la tension de plaque, les valeurs appliquées approchent de 200-250 volts ; on utilise des lampes à faible résistance interne (de l'ordre de 2.000 ohms). La qualité principale de cette détection est la même que celle de la détection par plaque, le détecteur peut fonctionner sans saturation et sans distor-

sion pour les grandes amplitudes de grille, c'est-à-dire pour les stations locales à grande puissance.

Après avoir examiné les principaux cas de détection, il serait à présent intéressant de savoir quelles sont les lampes que nous devons employer pour chaque cas donné. Comme règle générale, nous pouvons affirmer que la détection donne de bons résultats avec des lampes qui sont de bonnes lampes d'amplification et dont la pente est accentuée le plus possible. Pour la détection par grille (devant transformateur), de très bons résultats sont obtenus par la lampe dont $\rho = 4.500$ ohms ; $K = 8$ et surtout par

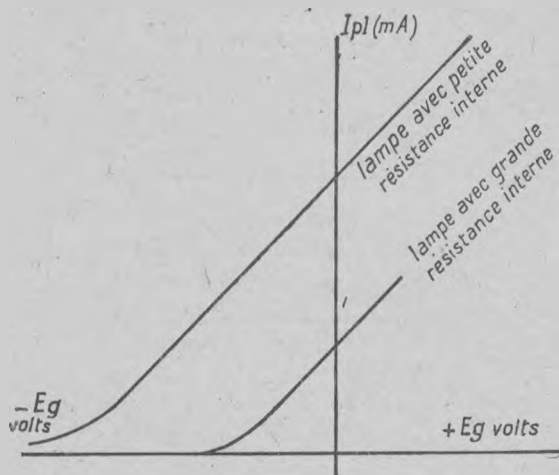


FIG. 101.

celle qui possède $\rho = 8.000$; $K = 15$. Pour la détection par grille avant liaison à résistance il est avantageux d'avoir $\rho = 20$ à 40.000 ohms. Pour la détection par la plaque, comme nous l'avons déjà indiqué, il est important d'avoir ρ infime, une polarisation considérable et E_p assez grand (de l'ordre de 150 v. et plus). C'est pourquoi il est possible d'utiliser pour la détection par plaque les lampes de B. F. (basse fréquence) dont les caractéristiques sont les suivantes :

$$\begin{aligned} \rho &= 2.000 \text{ ohms ; } K = 5-7, \\ \text{ou } \rho &= 4.000 \text{ ohms ; } K = 8-6. \end{aligned}$$

Il faut déterminer la polarisation dans chaque cas séparé, en partant du fait que la polarisation = $\frac{1}{2}$ de la tension alternative appliquée (cette tension après amplification M. F. égale généralement 6 à 10 volts) (voir la courbe 100).

Pour le détecteur de puissance, il nous faut les mêmes lampes que pour le détecteur par la plaque, quoiqu'on puisse parfois obtenir de bons résul-

tats avec les lampes destinées au détecteur par grille (par exemple, la lampe anglaise Mazda AC /HL, ou Mazda Métal DZ 1508).

En règle générale, il faut employer pour le détecteur des lampes à très bon vide, car dans le cas contraire il se produirait un sifflement d'accrochage. De plus, il faut prêter une attention spéciale à la suppression de l'effet microphonique, qui est en grande partie provoqué par les vibrations des électrodes dans la lampe et surtout par la vibration du filament (défaut mécanique). C'est pourquoi les lampes à oxyde (par exemple

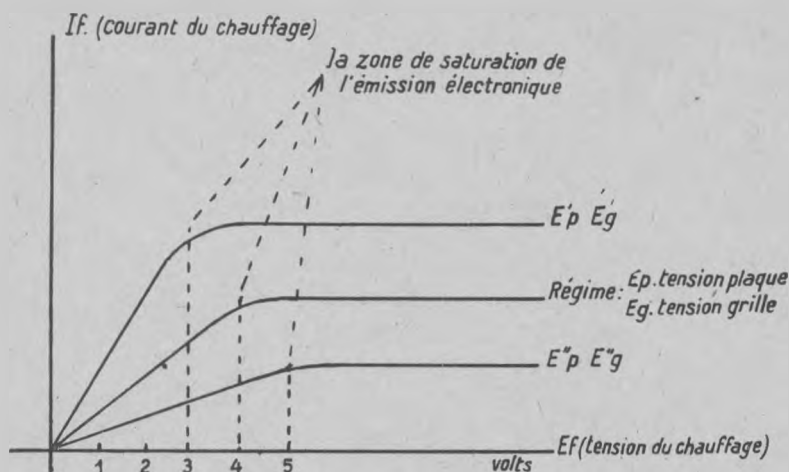


FIG. 102.— Régime optimum : tension de chauffage. 4 volts ; tension de plaque E_p ; tension de grille E_g .

filament en nickel) qui ne possèdent qu'un faible effet microphonique fournissent de meilleurs résultats.

Le sifflement peut également avoir pour raison un K trop important qui entraîne une forte oscillation de la lampe même. Il n'est donc pas recommandé d'utiliser pour la détection les lampes à grand K (généralement pas au-dessus de 15 avec liaison par transformateur et pas plus de 40 avec liaison par résistance).

Il est intéressant de noter que le phénomène étudié en Allemagne par Schottky (Schrotenneffekt) donne également des résultats défavorables à la détection, en provoquant un effet connu sous le nom de bruit de fond. La nature de ce phénomène est la suivante : par suite de l'émission irrégulière des électrons, il se forme dans la lampe un circuit oscillant d'électrons fermé (résonance des électrons), ce qui donne un bruit de fond. La meilleure manière de lutter contre ce phénomène est de choisir pour la cathode de la lampe une température (chauffage du filament) et pour le régime de la lampe (tensions de plaque et de grille) des valeurs qui permettent à la lampe de fonctionner dans la zone de saturation où l'émission électro-

nique est très régulière. L'explication de ce cas est clairement donnée dans la figure 102 où l'on constate que la lampe donne de bons résultats par exemple pour le régime : tension de plaque = E_p ; tension de grille E_{gr} . La tension du filament ne doit pas être inférieure à 4 volts. A partir de cette tension nous obtenons la stabilisation de l'émission électronique pour le régime choisi. Les constructeurs de lampes indiquent habituellement le régime optimum pour chaque type de lampe après avoir étudié ce phénomène dans les laboratoires.

L'étude du Schrotteneffekt est actuellement à l'ordre du jour, mais on n'a pas encore pu en tirer de conclusions définitives.

Pour conclure, notons certaines tentatives pour améliorer la détection : 1° de l'avis de certains constructeurs, la détection s'améliore lorsqu'on introduit un getter dans la lampe (par exemple caesium). 2° La technique a attaché également une attention spéciale à l'étude du détecteur avec détection à deux alternances. (La détection est plus puissante

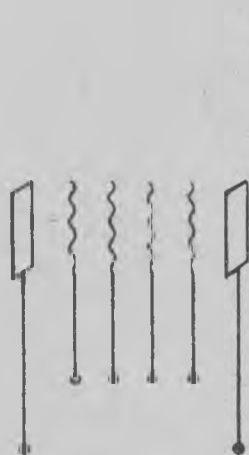


FIG. 103.

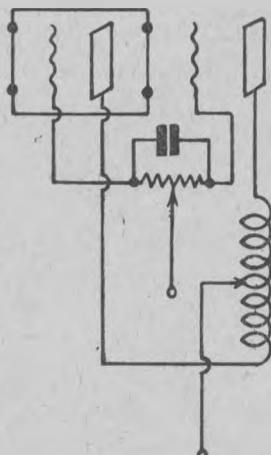


FIG. 104.

et sensible.) La tendance principale pour ces lampes est de laisser le circuit d'accord conductivement indépendant du circuit d'écoute. L'on y parvient en introduisant les grilles et plaques supplémentaires (lampe à 2 plaques et 4 et 6 grilles) (voir la fig. 103). 3° On peut améliorer la détection avec l'organe de détection spécial (genre superréaction Fromy) — le condensateur shunté de grille a une forte capacité (5 à 10 μF . au lieu de 0,1 à 0,2 m μF). La résistance shuntée — est faible (de l'ordre de 200 à 400.000 ohms au lieu de 1 à 5 mégohms). 4° On peut également mettre en circuit deux détecteurs en push-pull (détecteur en opposition) (voir le schéma 104). Dans ce cas, les bruits parasites sont sensiblement diminués et la détection devient plus pure.

4^o B. F. (basse fréquence). — Après la détection, nous arrivons à l'étude de la basse fréquence. La détectrice remplit trois fonctions : la détection, la démodulation et l'amplification ; elle transmet les oscillations de basse fréquence (fréquence acoustique) pour amplification aux lampes suivantes qui portent le nom de lampes de basse fréquence. Il est important d'amplifier ces oscillations le plus possible et d'obtenir la puissance modulée la plus grande que nous puissions et qui est définie par la formule :

$$W = \frac{K \cdot a \cdot E_g^2}{8} \quad (1) \text{ lorsque } R = \rho \text{ (voir page 22)}$$

(la résistance interne de lampe ρ = la résistance du montage R).

Cherchant à conserver l'égalité $R = \rho$ nous remarquons que nous obtiendrons la puissance la plus grande en augmentant K , a et E_g . Cependant nous sommes limités dans ce sens par certaines limites : le fait est qu'en B. F. il faut avoir ρ (résistance interne) de la lampe assez faible (de l'ordre de 1.000 à 4.000 ohms pour la dernière lampe B. F.), afin que cette résistance puisse facilement être accordée avec la résistance externe du montage (impedance) qui est définie comme suit :

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}$$

où R : résistance ohmique,

L : self-induction,

C : capacité,

ω : pulsation = $2\pi f$,

f : fréquence.

Pour f peu élevé, Z n'atteint naturellement pas une grande valeur. Etant limité par une résistance de la lampe assez faible, nous ne pouvons certainement pas fortement augmenter K qui est défini par la formule : $K = \rho a$. Toute l'attention des constructeurs a, pour cette raison, été portée sur a (pente) et ils ont actuellement atteint des résultats très appréciables, jusqu'à $8^{mA}/V$.

Il est tout naturel que l'augmentation de a (pente) et K entraîne l'augmentation de la puissance modulée. De plus, la puissance modulée atteint une importance assez considérable, due également à ce que les tensions E_g parviennent dans le circuit B. F. sensiblement amplifiées par les amplifications successives en M. F. et la détection. On emploie habituellement

(1) Certains constructeurs sont pourtant d'avis que la puissance maximum sans distorsion peut être obtenue non pas pour $R = \rho$, mais pour $R = 2\rho$ (Tellegen, Kellog) et $R = 4\rho$ (Warner, Fortsmann).

pour les circuits B. F. deux principaux montages : a) amplification à résistance et b) amplification à transformateur. Voyons les propriétés principales de chacun de ces montages :

a) Montage de l'amplificateur B. F. à résistance.

Le schéma principal est donné dans la figure 105.

Généralement le montage à résistance donne une audition plus pure, sans distorsion, mais une faible amplification. De plus, par suite d'une grande résistance R du montage, ce montage exige une grande tension à la

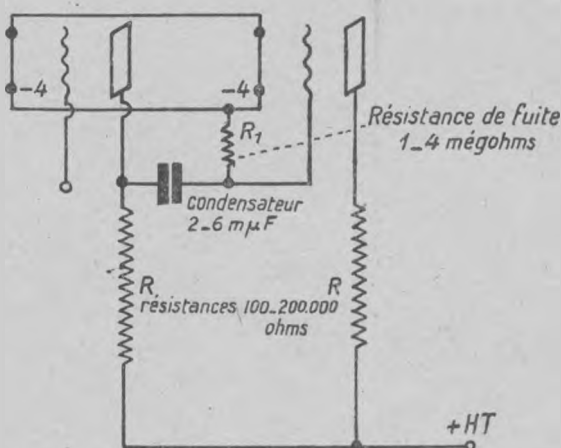


FIG. 105.

plaque. Après bien des expériences, les constructeurs ont trouvé que les meilleurs résultats sont obtenus avec les lampes à $K = 40$ à 80 , $\rho = 30.000$ à 45.000 ohms à la condition que $R =$ près de 200.000 ohms.

b) Montage de l'amplification B. F. à transformateur. Le schéma général est reproduit dans la figure 106. Pour obtenir une amplification uniforme (pour les sons graves et aigus) et sans distorsion, le mieux est d'employer des lampes à petite résistance interne (ρ). On a trouvé que plus la résistance interne est petite, plus l'amplification est uniforme (voir la figure 107).

De bons résultats pour le montage d'amplification à transformateur sont obtenus avec les lampes à $\rho = 8.000$ ohms et $K = 15$ et 9 . A noter que les lampes avec $K = 15$ donnent une amplification plus grande que avec $K = 9$; c'est pourquoi il est bon d'augmenter K en augmentant a , et tout en conservant $\rho = 8.000$ ohms. Les lampes à chauffage indirect donnent également une bonne et uniforme amplification (par exemple $K = 10$ et $\rho = 10.000$ ohms).

En règle générale, il est avantageux d'avoir pour l'amplification

finale (dernière B. F.) une lampe à petite résistance interne (de l'ordre de 1.000 à 4.000 ohms et à K et α les plus forts possible (K de l'ordre de 6 à 10 ; α de l'ordre de 2 à 3 mA./v. Il est en outre important que la courbe

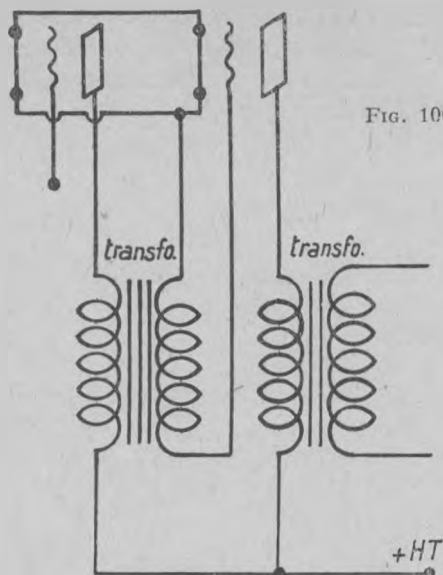


FIG. 106.

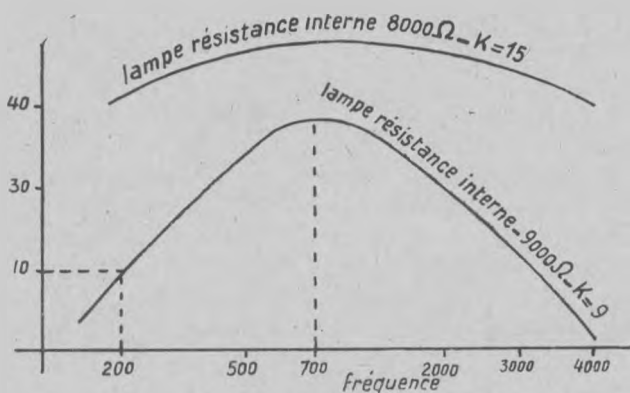


FIG. 107.

caractéristique soit rectiligne dans la partie où se poursuit le fonctionnement de la lampe et que la grille n'atteigne jamais une valeur positive. Dans ce but, il est nécessaire de bien polariser la grille — la polarisation ne doit pas être inférieure à l'amplitude de l'oscillation ; de plus, la caractéristique rectiligne doit être continuée jusqu'à la tension de grille négative égale au double de la polarisation.

Amplification de grande puissance. — Par suite de la réalisation récente de très grandes installations d'amplification (amplification de puissance), destinées à alimenter des puissants haut-parleurs (pendant les manifestations, les discours publics, le cinéma, la danse, etc.) les constructeurs furent naturellement amenés à augmenter encore davantage la puissance des lampes. Il faut, dans ce cas, augmenter : *a*) la tension de plaque et *b*) la tension (puissance) du filament, ce qui entraîne la nécessité d'augmenter les dimensions des électrodes et, par conséquent, les dimensions de la lampe, afin qu'elle puisse supporter une puissance considérable.

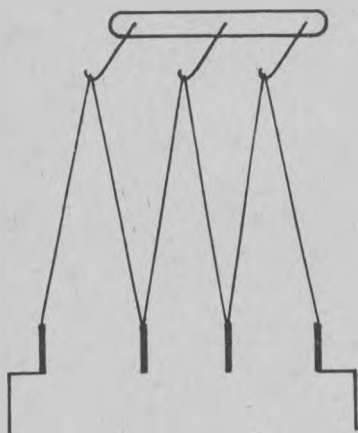


FIG. 108. — Filament de la lampe F 410 Philips (25 watts).

Tension de chauffage, 4 volts.
 Courant de chauffage, 2 A.
 Tension de plaque, 500 volts.
 Coefficient d'amplification, 10.
 Pente, 8mA/v.
 Résistance interne, 1.250 ohms.

Une grande quantité de lampes de grande puissance a paru ces temps derniers sur le marché. Ces lampes destinées à l'amplification de grande puissance occupent une place intermédiaire entre la lampe de réception et la lampe d'émission. La caractéristique générale et fondamentale de ces lampes est la suivante :

- a) Petite résistance de lampe (ρ) = 1.000-2.500 ohms.
- b) Pente considérable 2 ou 3^{mA}/v. et plus.
- c) Importante E_p (tension de plaque) qui atteint 500 à 1.000 volts,
- d) Grande puissance du filament (filament de grande surface de l'ordre de 4 à 7 volts, 1 à 3 ampères).

Nous publions dans la figure 108 un modèle de cette lampe Philips, où l'on voit la construction du filament de grande surface.

Les lampes de grande puissance les plus répandues sont celles à chauffage direct par courant alternatif, filament tungstène thorié ou oxydé, généralement du type triode, sans grille supplémentaire. Pour en augmenter la puissance, on confectionne parfois la plaque en tantale (il fournit

une très grande charge, définie par 8 watts par cm^2 de surface). On prépare quelquefois une plaque d'un modèle spécial (traitée en noir), afin d'éviter l'émission secondaire (par exemple, pour les installations de haut-parleurs Hanna Sutherlin et Upp).

Il est à croire que, dans ce domaine, les recherches se poursuivront uniquement dans le sens de la création de cathodes encore plus puissantes et de l'application de pentodes pour la grande puissance de l'amplification. L'opinion est pourtant assez répandue que l'élan vers la grande

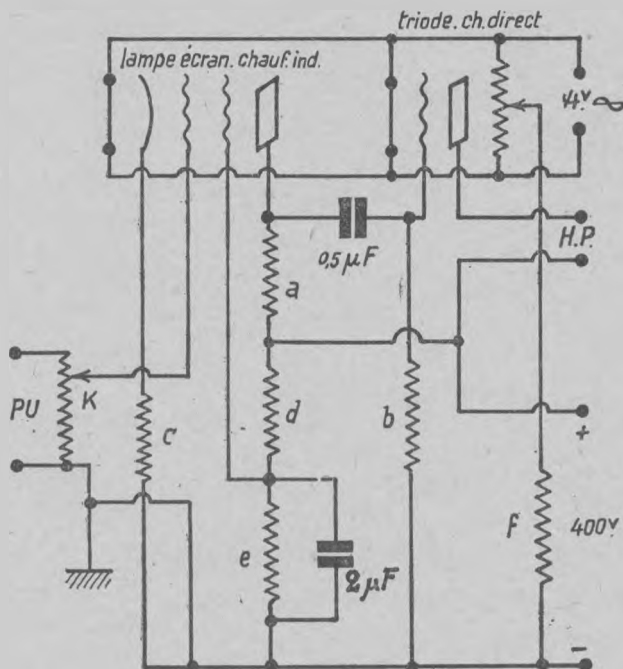


FIG. 109. — Amplificateur pour pick-up.

- a) 300.000 ohms.
- b) 200.000 ohms.
- c) 1.000 ohms.
- d) 54.000 ohms.
- e) 6.000 ohms.
- f) 250 à 500 ohms.
- g) potentiomètre, 200 ohms.
- k) potentiomètre, 100.000 ohms.

puissance a des limites, que la technique a déjà atteintes. Il semble que la technique de l'amplification de grande puissance doive se préoccuper non pas de la réalisation d'amplificateurs de puissance énormes, mais de l'élaboration pour l'auditoire de plusieurs amplificateurs de puissance, disposés dans différents endroits et mis en action par un seul microphone.

Très intéressante également est l'application des lampes de grande puissance pour pick-up. Par suite de l'extension du phonographe, la technique a également réalisé de grands progrès dans ce domaine. Cette voie pose le problème de l'étude des qualités d'enregistrement qui dépendent du diffuseur, du phonographe, du disque, etc. Nous publions dans la figure 109 le schéma d'un amplificateur pour pick-up avec lampes écran et de

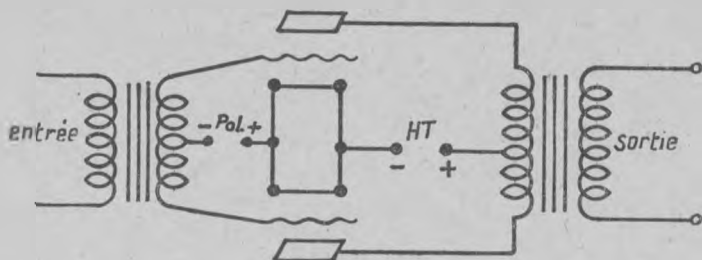


FIG. 110. — Amplificateur push-pulb

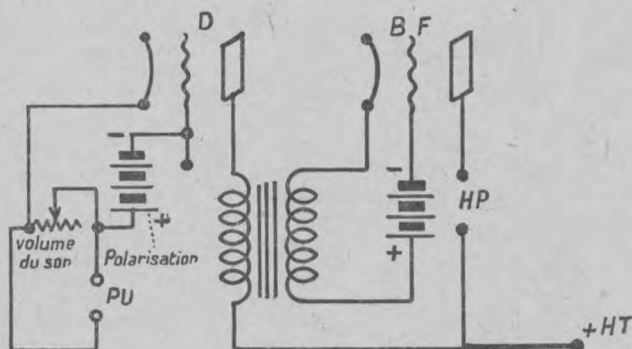


FIG. 111.

puissance de même que le schéma d'un amplificateur push-pull (fig. 110) très employé pour l'amplification à grande puissance. L'amplificateur peut évidemment être réalisé avec le récepteur en déviant certains circuits, ainsi que nous l'indiquons dans la figure 111.



CHAPITRE IV

REDRESSEMENT

Passons maintenant au domaine indépendant du redressement qui a une grande importance dans la technique et surtout dans la radiotechnique. Les bases du redressement par la lampe furent, comme nous l'avons déjà mentionné, posées par Fleming. Depuis lors, les recherches et les expériences ont été activement poursuivies. Le schéma général de redressement est obtenu, conformément aux expériences de Fleming, par le montage de la figure 112.

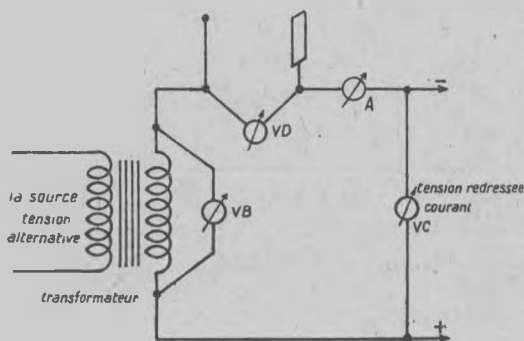


FIG. 112.

Nous indiquons dans ce schéma les appareils de mesure qui nous permettent de déterminer toutes les valeurs, à savoir :

à l'aide de l'ampèremètre A, nous trouvons l'intensité du courant redressé dans le circuit :

à l'aide du voltmètre B, la tension alternative aux bornes du transformateur ou d'autres sources du courant.

D : la tension aux bornes de la lampe,

C : la tension redressée.

En multipliant les données fournies par l'ampèremètre par celles que nous obtenons par le voltmètre, nous trouvons la dépendance suivante :

$I_A \times V_D$ (indications : ampèremètre A et voltmètre D) donne la puissance absorbée pour la lampe.

$I_A \times V_B$ (indications : ampèremètre A et voltmètre B) donne la puissance d'alimentation (puissance de la source).

$I_A \times V_C$ (indications : ampèremètre A et voltmètre C) donne la puissance de sortie (puissance redressée).

La dépendance de toutes ces puissances est la suivante :

$$P_A = P_a + P_r$$

(Puissance d'alimentation) = (Puissance absorbée) + (Puissance redressée).

Cette dépendance nous permet de déterminer toutes les quantités. Les courbes de dépendance ordinaires sont données pour déterminer la

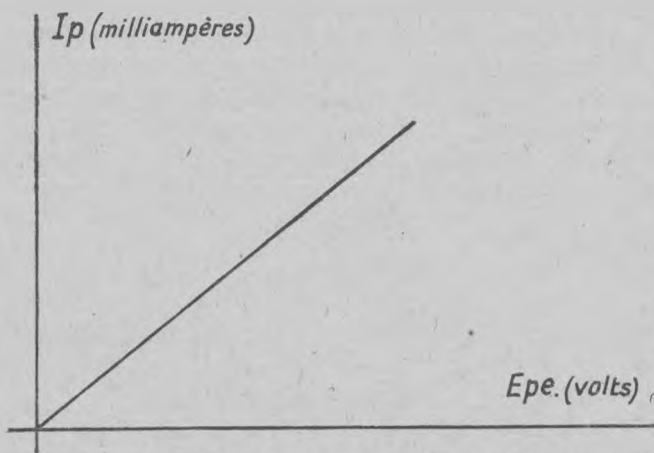


FIG. 113. — Courbe montrant les variations de l'intensité du courant redressé en fonction de la tension appliquée au redresseur.

puissance absorbée par la lampe, c'est-à-dire le produit indiqué par A et D (voir la courbe 113). Cela porte le nom de courbe statique du redresseur. Dans certains cas nous avons encore besoin des courbes suivantes, que nous obtenons par le montage indiqué dans la figure 114.

V_a : tension alternative.

V_r : tension redressée.

I_r : intensité redressée.

En modifiant la résistance, (rhéostat R) dans le circuit, nous pouvons construire les courbes de la tension redressée selon l'intensité redressée et cela pour chaque valeur initiale de la tension alternative du transformateur. Ces courbes sont très utiles pour la définition du fonctionnement des redresseurs. Elles sont en faveur chez les constructeurs anglais. Dans le schéma qui précède, le schéma le plus élémentaire, nous obtenons un redres-

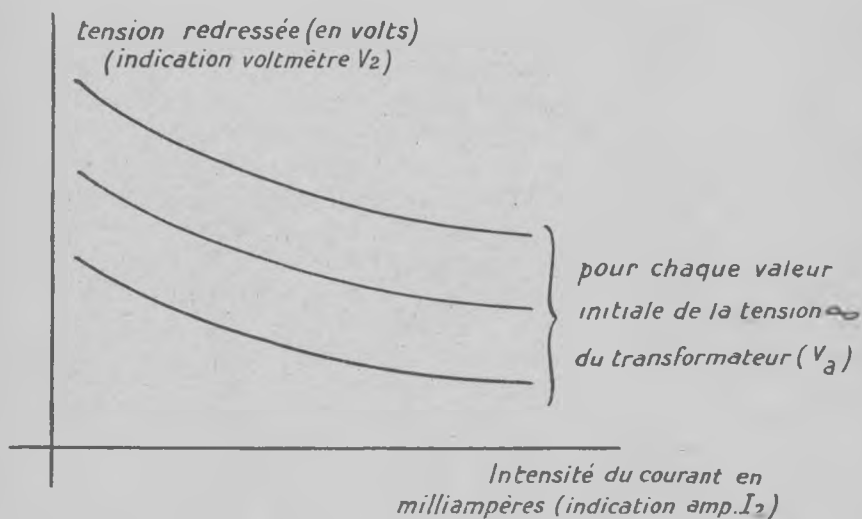
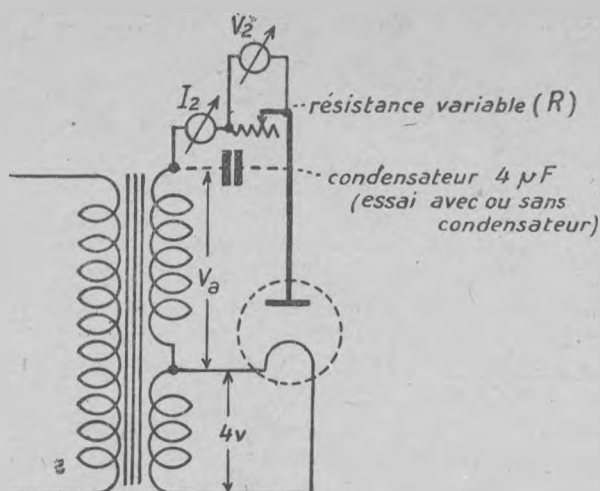


FIG. 114. — Relevé des caractéristiques de redressement (ci-contre) et résultats obtenus (ci-dessous).

sement du courant ayant l'aspect suivant (voir la fig. 115). Cela s'appelle redressement d'une alternance.

Nous pouvons cependant construire un montage plus complexe (avec deux redresseurs), comme, par exemple, celui que nous indiquons dans la figure 116. Le courant redressé est obtenu aux bornes AB. On peut

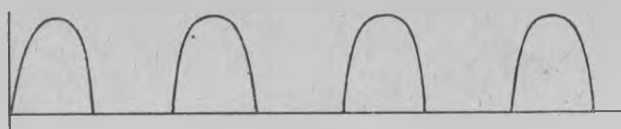


FIG. 115. — Redressement d'une alternance.

toutefois apporter quelques perfectionnements aux redresseurs : par exemple, au lieu d'une plaque, en introduire deux (bi-plaque). Dans ce cas, nous obtenons le schéma de la figure 117. Les deux schémas principaux indiqués dans les figures 116 et 117 donnent le redressement du courant à deux alternances, c'est-à-dire que le courant redressé a, dans ce cas, l'aspect montré dans la figure 118.

L'avantage incontestable du courant redressé à deux alternances est que l'énergie y est utilisée de la meilleure manière et que le courant redressé approche davantage du courant continu. Toutefois, la méthode de redressement à une alternance est parfois préférable. Ainsi, par exemple, selon Blondel, le redressement à une alternance donne de bons résultats pour les radiophares (modulation 100 %).

Nous venons d'étudier le courant alternatif ordinaire de haute et de basse fréquence, monophasé. Ce même redressement peut cependant être réalisé avec le courant biphasé, triphasé, etc. La figure 119 indique le schéma principal de ces redresseurs du courant polyphasé. Plus le nombre de phases est élevé, plus le courant obtenu est redressé dans la condition l'approchant du courant continu, ainsi que nous le voyons dans la courbe 120 — *b*. Pour l'amélioration générale des conditions de redressement nécessaire au récepteur, comme nous l'avons indiqué déjà à la page 28 pour le cas d'émission on emploie le filtre, dont nous indiquons la construction générale dans la figure 30.

Au point de vue pratique, il est important de se baser, pour le choix des redresseurs, sur les données suivantes : On donne une puissance redressée qui se détermine conformément à la formule de la page 90. Connaissant ces quantités et ayant choisi l'une ou l'autre méthode de redressement, nous déterminons, conformément aux courbes, tel ou tel autre redresseur.

Les redresseurs que l'industrie arrive à produire ont atteint une grande puissance. Cela obligea les constructeurs à prendre des mesures spéciales (choix d'un verre spécial, électrodes pouvant supporter une grande puissance, par exemple la plaque en tantale ou en molybdène, une grande puissance du filament, etc.). La construction des lampes de redres-

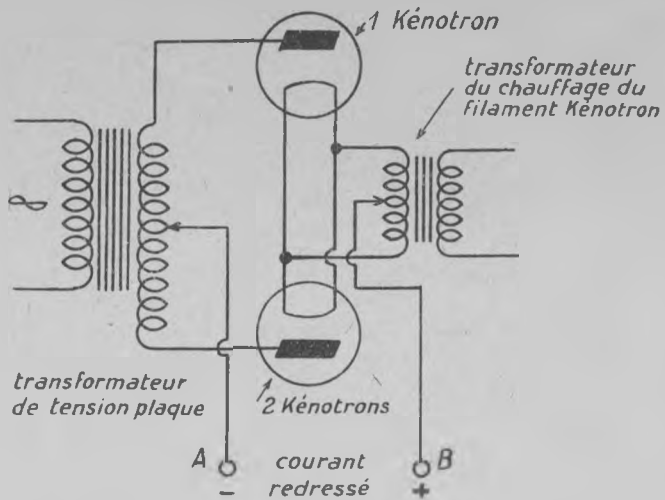


FIG. 116. — Redressement de 2 alternances.

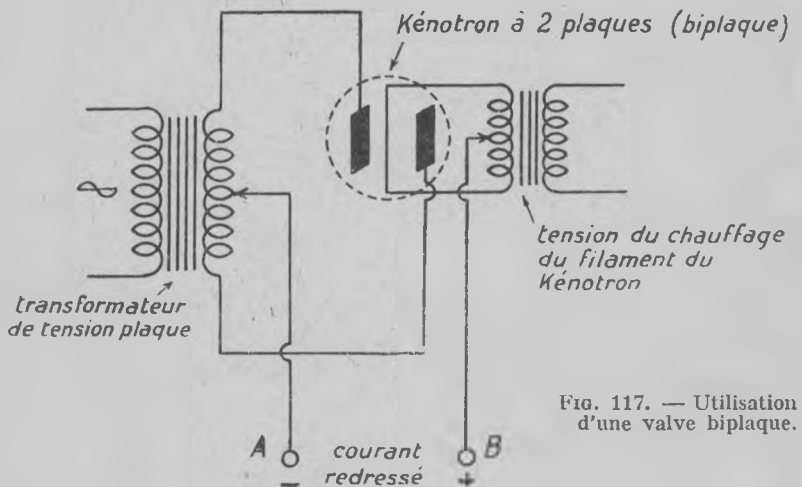


FIG. 117. — Utilisation d'une valve biplaque.

courant redressé à 2 alternances (à l'aide de 2 Kénotrons ou 1 Kénotron biplaque)

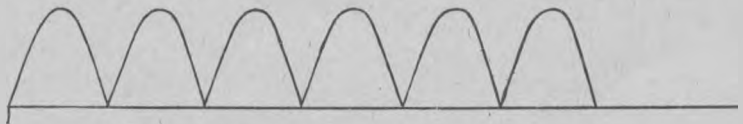


FIG. 118.

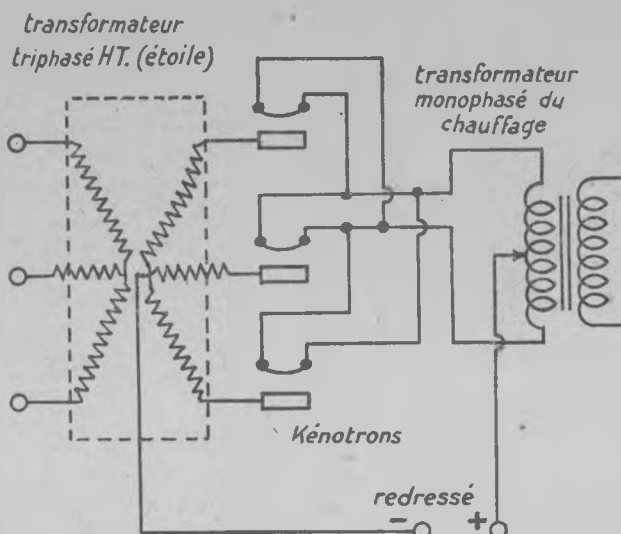


FIG. 119. — Redressement du courant triphasé.

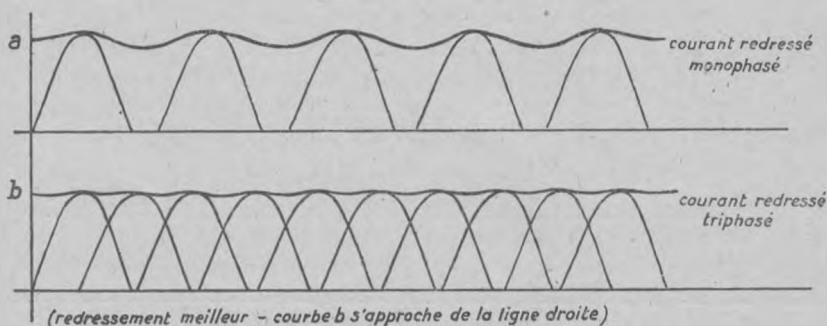
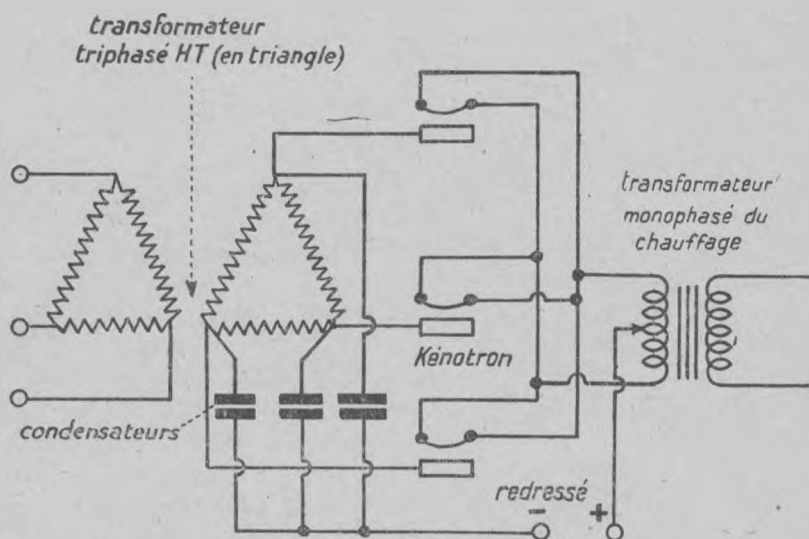


FIG. 120. — Courant redressé (monophasé et triphasé).

sement tend principalement à diminuer la résistance interne du redresseur, afin d'obtenir dans la lampe un courant plus intense. On y parvient grâce à un filament très puissant et à la plaque plate (au lieu de la plaque cylindrique). Cela n'est toutefois pas toujours commode, car cela exige une augmentation des dimensions de l'ampoule. C'est pourquoi il vaut parfois mieux conserver la plaque cylindrique et construire le filament ainsi que nous l'indiquons dans la figure 121. Il est quelquefois utile également

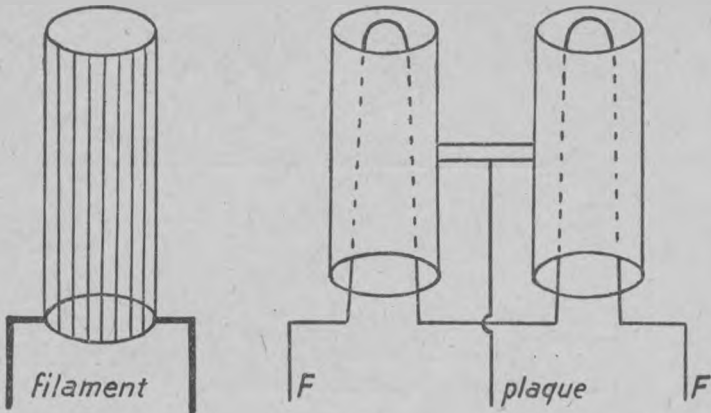


FIG. 121.

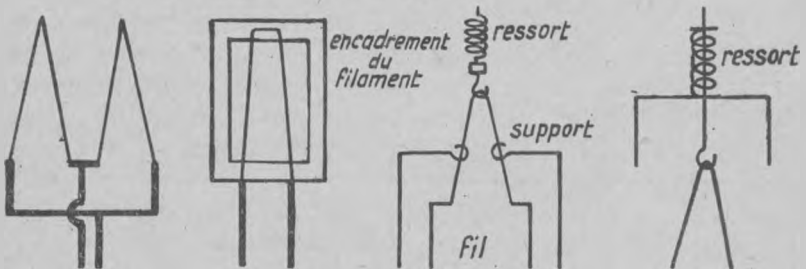


FIG. 121 bis. — Installation contre l'effet électrostatique.

de mettre deux plaques en parallèle, car cela aussi diminue la résistance interne (voir la fig. 121). D'autre part, une attention particulière est attachée dans les kénotrons de grande puissance à la suppression de l'effet électrostatique. Le fait est que, lors des grandes tensions, il se forme entre les électrodes (plaque et filament) une attraction qui provoque la vibration du filament. Ces vibrations peuvent atteindre une valeur considérable et peuvent facilement briser le filament. Les résultats les plus intéressants dans ce sens sont : la construction de filaments en parallèle ; l'encadrement du filament ; le support spécial. Nous montrons ces dispositifs contre l'effet électrostatique dans la figure 121 bis.

En plus de cette voie principale de l'évolution des redresseurs (kenotrons), nous pouvons noter les branches suivantes :

1° Redresseurs-lampes à gaz avec filament. Tout en conservant le filament (la cathode), on cherche à augmenter à l'aide d'un gaz (actif ou non) l'émission à l'intérieur du redresseur, afin de diminuer ainsi sa résistance interne. Deux réalisations de la technique sont intéressantes à ce point de vue :

a) Le redresseur Tungar, qui est fort répandu (Thomson Houston). Ce redresseur-lampe possède un filament en tungstène pur. L'ampoule est remplie d'un gaz nommé argon (d'où le nom Tungar).

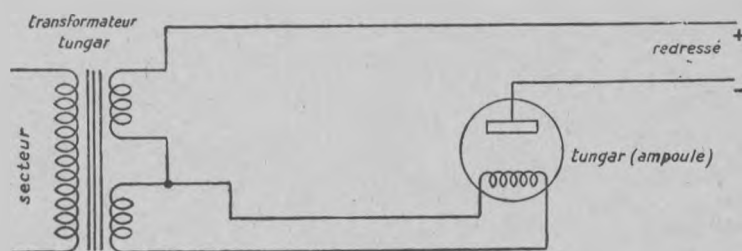


FIG. 122.

b) Le redresseur-lampe à vapeur de mercure avec filament à oxyde. Nous en trouvons un exemple intéressant dans le redresseur G. E. C. type 66. Le lecteur trouvera les caractéristiques de ces redresseurs dans le tableau ci-dessous :

	Type 66	Type 72	Type 82
Tension chauffage.....	2,5 v.	5 v.	2,5 v.
Courant chauffage.....	5 A.	10 A.	3 A.
Tension redressée (max.) ..	5.000 v.	5.000 v.	500 v.
Courant redressé (max.)...	0,6 A.	2,5 A.	0,125 A.
Chute de tension dans la lampe.....	15 v.	15 v.	

Nous donnons leur schéma fondamental dans la figure 123.

Les principaux avantages de ce redresseur sont qu'il est portable (l'ampoule est un peu plus grande que celle des lampes de réception ordinaires) et qu'il possède une résistance interne infime. Cela permet d'obtenir une chute de tension très faible (de l'ordre de 15 volts) et redresser des tensions considérables (de l'ordre de 1.000 à 3.000 volts, etc.). Malheu-

reusement, ces kénotrons ne sont pas encore assez répandus en Europe.

2° La deuxième branche du développement de la technique de redressement est représentée par le redresseur à gaz sans filament. On utilise dans ce cas la décharge lente entre les électrodes ou encore le courant des ions dans le redresseur. On y parvient grâce à l'inégalité des électrodes

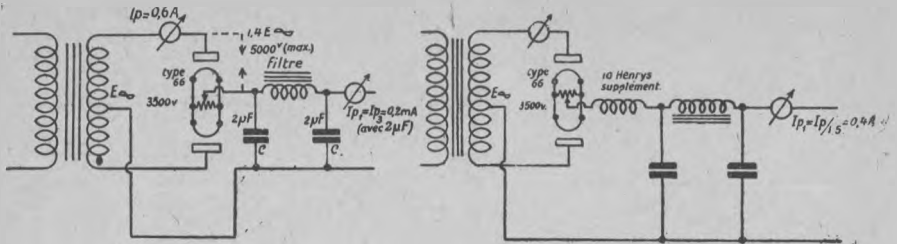


FIG. 123. — Redressement des deux alternances avec valves type 66.

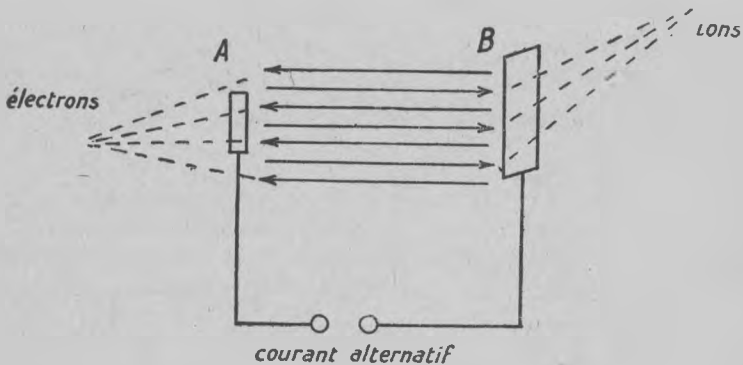


FIG. 124. — Valve à cathode froide.

(de leur surface). En effet, si, ayant une électrode à grande surface et une autre à petite surface, nous appliquons entre ces électrodes une tension alternative, nous verrons se former dans la lampe deux flux : l'un de A à B (très puissant, car B a une grande surface) et l'autre de B à A (très faible celui-là, car A possède une petite surface) (fig. 124). Nous obtiendrions donc en définitive un redressement de A à B. Le flux puissant de A à B s'obtient généralement lorsque B a une tension négative ; nous obtenons donc dans ce cas un courant d'ions qui a, dans ces lampes, une importance primordiale (le courant des électrons est pratiquement ramené à 0). En pratique, la tension qui provoque la formation de ce flux d'ions (ce qui porte le nom d'amorçage) a une grande importance pour le fonctionnement de la lampe. L'amorçage se reconnaît à un certain effet lumineux dans la lampe (bleu ou violet).

Ces redresseurs ne sont pas très répandus, premièrement parce que la présence du gaz dans la lampe provoque une décharge très instable qui se modifie suivant la tension ; deuxièmement parce que, vu l'absence du filament, l'intensité du courant redressé est insignifiante. Ces redresseurs sont habituellement préparés avec le gaz néon ou hélium.

Nous publions dans la figure 125 le schéma et le montage des plus intéressants redresseurs de ce genre.

Pour conclure, notons, sans nous'y arrêter davantage, qu'en plus des

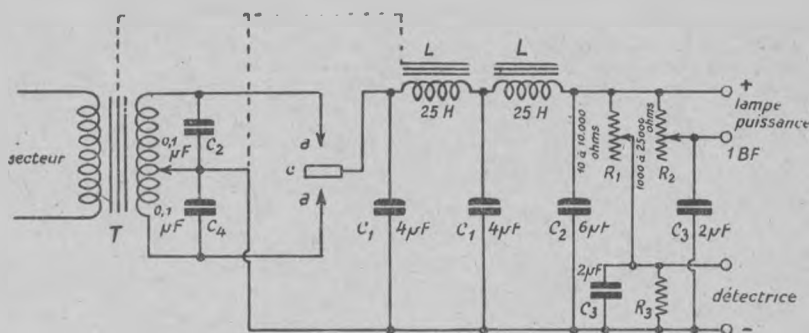


FIG. 125. — Redressement avec valve biplaque à cathode froide.

redresseurs à lampes ont paru dernièrement des redresseurs sans lampe (oxymétal). Le principe de ces derniers redresseurs est le suivant : en introduisant une pile faite de plaque métalliques (en cuivre, par exemple) alternant comme suit : cuivre pur et cuivre oxydé, — on constate un

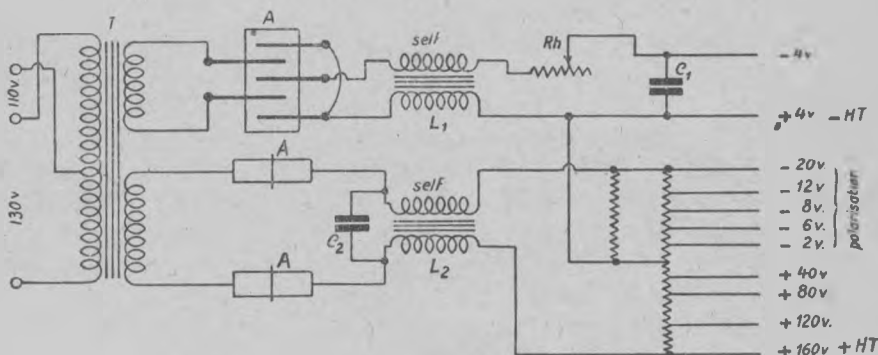


FIG. 126. — Redresseur à oxyde de cuivre.

redressement du courant dans le circuit. La fig. 126 donne le montage et le mode de mise en circuit du redresseur oxymétal.

Il existe encore des redresseurs à mercure qui firent leur apparition avant les lampes et que l'on utilisa beaucoup pour le redressement. Le

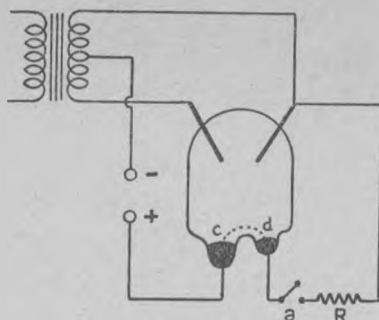


FIG. 127. — Redresseur à vapeur de mercure.

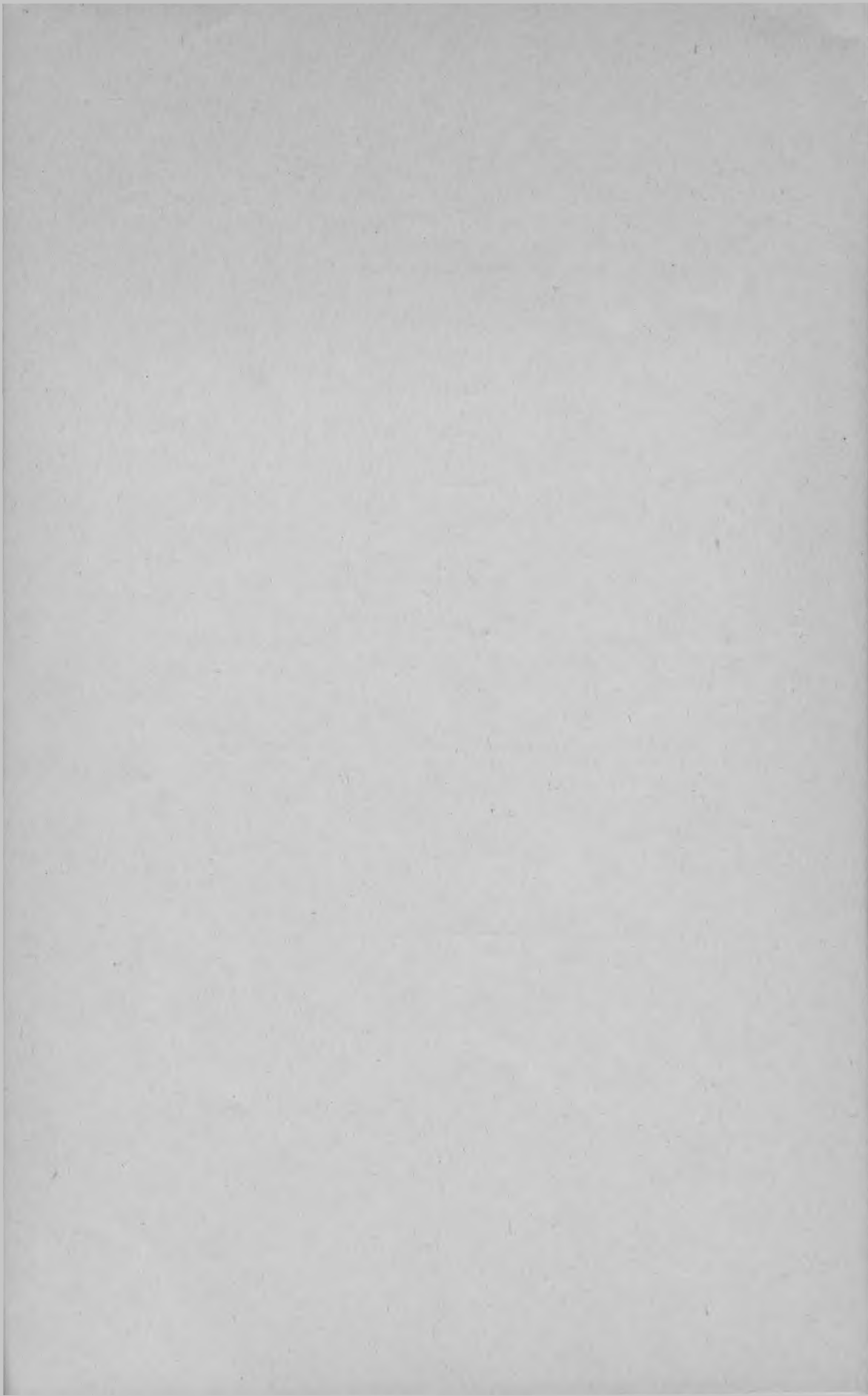
a) interrupteur.

R) rhéostat.

Pour faire marcher cette lampe, il faut avoir l'arc entre électrodes c. d.
La lampe étant inclinée.

lecteur trouvera dans la figure 127 le montage et la mise en circuit de ce redresseur (1).

(1) Le lecteur trouvera toutes les précisions sur les différents redresseurs dans le livre « *Les Redresseurs du courant* », par R. de Bagneux (Chiron, éditeur, Paris, 1933).



CHAPITRE V

LAMPES SPÉCIALES

Après avoir terminé le chapitre du redressement, nous voulons consacrer quelques lignes aux lampes spéciales qui ne peuvent entrer dans aucune des catégories précédentes. Le fonctionnement de ces lampes spéciales est très varié, de même que leurs caractéristiques. Les recherches dans ce domaine ouvrent de vastes horizons pour les nombreuses futures applications pratiques de ces lampes. Les recherches de laboratoire doivent donc être poursuivies dans ce domaine avec la plus grande intensité.

Notons les progrès les plus intéressants :

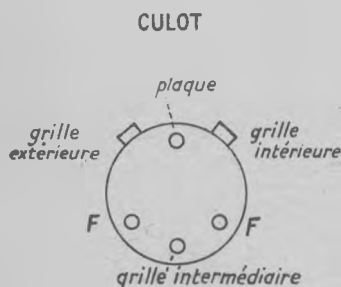
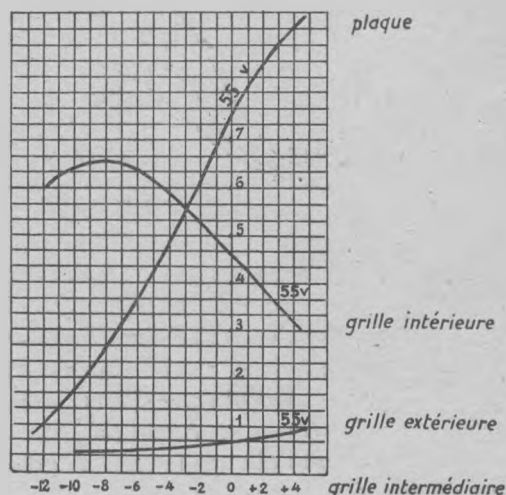


FIG. 128. — TN 406. Vatea à 3 grilles.

tension chauffage, 3-4 v.
courant chauffage, 0,06 A.
tension plaque, 10-60 v.
pente, 0,8 mA/v.
coefficient d'amplification, 33.
résistance inter., 42.000 ohms.



1° La lampe à 3 grilles Vatea (TV.406), qui doit être considérée comme lampe spéciale. Nous en donnons les courbes principales et le montage dans la figure 128. Cette lampe n'est en somme qu'un perfectionnement ultérieur de la bigrille.

2° *La lampe à 2 plaques, oscillatrice.* — Le modèle le plus intéressant appartient à Celsior (C 1220). Cette lampe, conformément au schéma 86, peut parfaitement servir au changement de fréquence. Le montage et la caractéristique de cette lampe sont indiqués dans la figure 129.

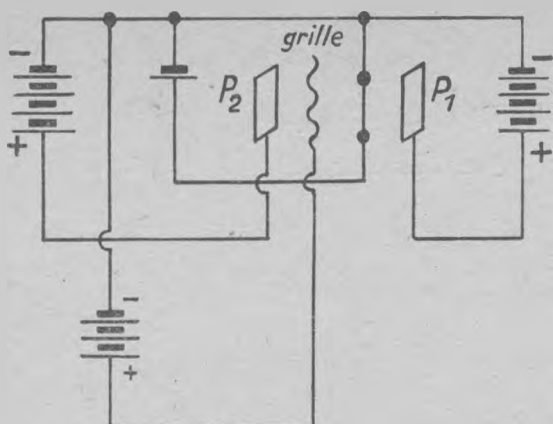
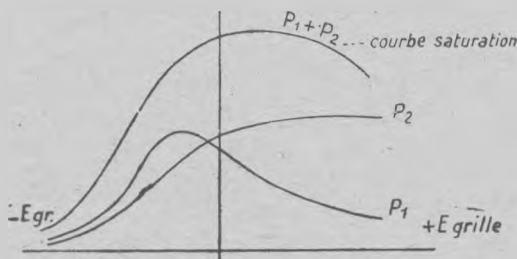


FIG. 129. — Lampe biplaque monogrille pour le changeur de fréquence (remplace bigrille).

Celsior C 1220 :
tension chauffage, 4 v.
intensité courant du chauffage, 0,1 A.
tension plaque, 80 v.
résistance inter., 20.000.
coefficient d'amplification, 12.
pente, 0,5 mA /v.



Cette lampe a des variantes ; on lui donne souvent le nom de négatron et à son montage celui de négadyne. Une de ses variantes intéressantes est la lampe autrichienne Hélikon Frenetron à 2 plaques dont nous indiquons le montage et les courbes dans la figure 130.

3° *La lampe Milkotron.* — (Rouclere). Cette intéressante lampe a été créée tout récemment en Amérique. Son but principal est de supprimer automatiquement l'effet de fading. La presse ne possède malheureusement pas de données claires et précises sur cette lampe, qui mérite certainement une grande attention.

4° *La lampe Téléfunken à grille extérieure.* — Cette idée, qui n'est pas nouvelle, fait supprimer la grille dans l'ampoule et la remplace par une grille extérieure (ampoule métallisée). Le principe fondamental de ces lampes est le suivant : en appliquant une tension alternative entre le

filament et la grille extérieure, on constate une variation de l'intensité du courant dans le circuit de plaque. Il se forme dans ce cas entre le filament et la grille un champ électrostatique variable qui influence le flux des électrons et le courant dans la lampe (voir la fig. 131). Il est intéressant de tracer ici un parallèle avec les lampes magnétron, dans lesquelles le flux

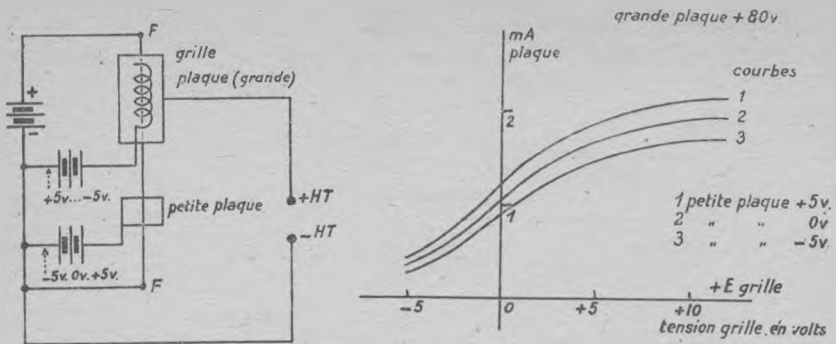


FIG. 130. — Lampe Helikon Frenotron.

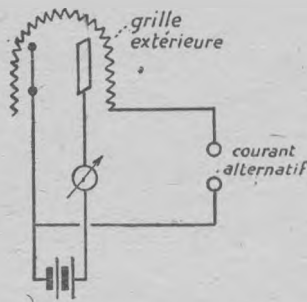


FIG. 131. — Lampe à grille extérieure.

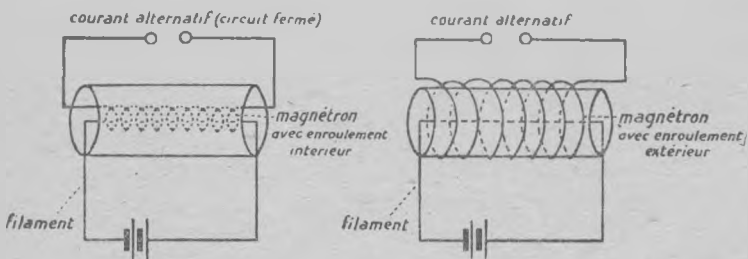


FIG. 132. — Magnétron.

des électrons est influencé par le champ électromagnétique. Nous donnons dans la figure 132 le principe de la lampe magnétron avec grille intérieure et extérieure.

Nous devons faire remarquer que dans les lampes Telefunken avec grille extérieure, cette dernière ne fonctionne absolument pas lorsqu'on applique entre le filament et la grille extérieure une tension continue.

5° *La lampe à néon pour télévision.* — Ces lampes se sont répandues depuis l'apparition d'un nouveau domaine de la technique, connu sous le nom de télévision. Nous ne nous arrêterons pas ici à cette sphère intéressante (1) et noterons seulement les particularités fondamentales de la construction de ces lampes. Nous donnons dans la figure 133 un des modèles

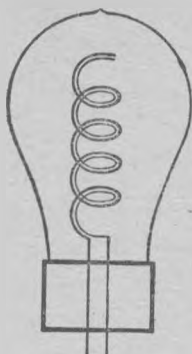


FIG. 133.
Lampe au néon.

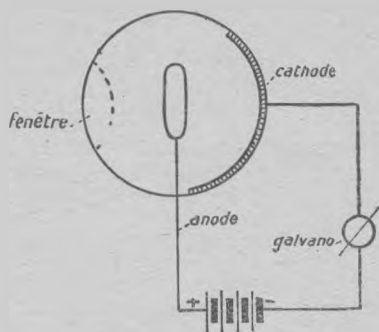


FIG. 134. — Cellule photo-électrique

de ces lampes. A une certaine tension, le gaz néon renfermé dans la lampe devient lumineux et c'est ce phénomène que l'on utilise d'une certaine manière pour la télévision.

6° *La cellule photo-électrique.* — Cette lampe aussi a reçu une grande extension depuis le développement du nouveau domaine de la technique (télévision, cinéma sonore, etc.). Nous montrons la construction fondamentale de ces lampes dans la figure 134. L'anode (généralement en tungstène) est placée dans une ampoule en verre. La cathode est formée par une couche de substance chimique préparée d'une manière spéciale (hydrure de potassium). Sous l'influence de la lumière, il se forme entre les électrodes de la lampe vidée un flux d'électrons dont on peut constater la formation à l'aide d'un galvanomètre sensible, introduit dans le circuit comme nous l'indiquons dans la figure 134. Le courant est cependant très faible et n'atteint qu'environ $0,1 \mu\text{A}$. Il peut toutefois être augmenté d'abord à l'aide d'une cathode spécialement préparée (traitée par l'hydrogène), ensuite par l'introduction dans l'ampoule de différents gaz (par exemple, l'argon) et, enfin, par l'amplification ordinaire en utilisant l'amplification par lampes T. S. F. Nous donnons dans la figure 135 le schéma le plus

(1) Lire « *Théorie et Pratique de la Télévision* », par E. Aisberg et R. Aschen (Chiron, éditeur, Paris, 1933).

caractéristique pour une telle amplification, la mise en circuit de la cellule photo-électrique. Une idée très intéressante est celle de placer l'amplificateur à l'intérieur de l'ampoule, avec la cellule, afin d'éviter toute sorte

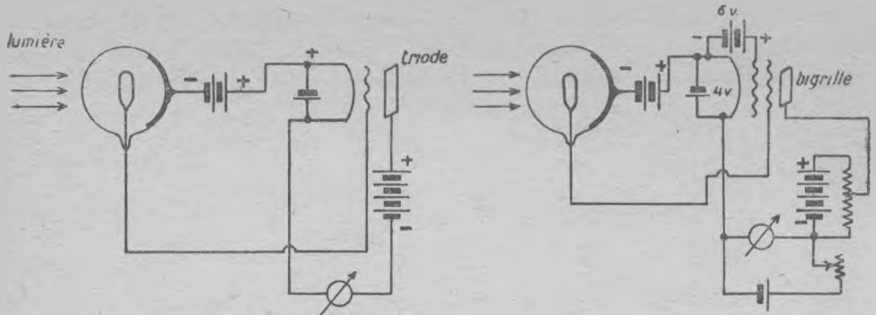


FIG. 135. — Montages d'amplification pour cellule photo-électrique.

de pertes. Cette idée appartient à l'ingénieur russe Zvorykine qui la réalisa en Amérique.

7° *Les lampes multiples.* — Cette idée appartient au constructeur allemand Loewe et fut également utilisée en fabrication par la maison allemande Te-Ka-De. Ces lampes contiennent dans une même ampoule 2 et 3 montages de lampes. La figure 136 montre un modèle de ces lampes Te-Ka-De (VT 139) contenant trois montages dans une même ampoule.

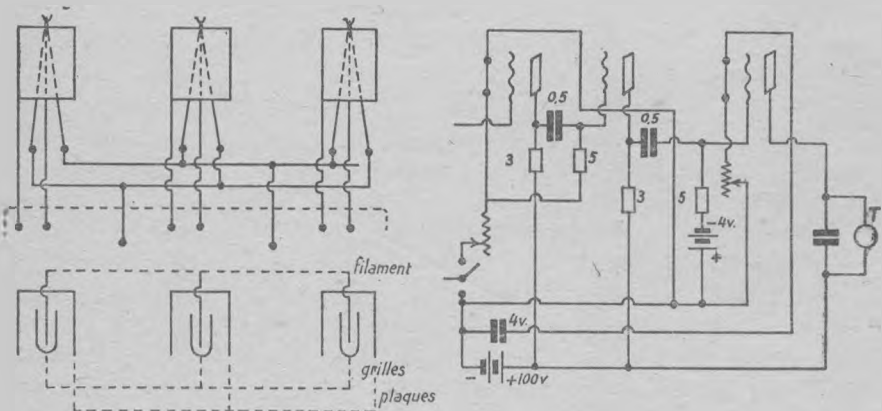


FIG. 136. — Lampes multiples. A gauche : lampe triple TE-KA-DE.
A droite : Lampe Loewe.

Non content de placer trois lampes dans une ampoule, Loewe y disposait également tous les éléments nécessaires à la détection, et à l'amplification

(c'est-à-dire les capacités, les résistances, etc.). Ainsi parut le montage Loewe bien connu.

La figure 137 montre la réalisation du montage de cette lampe Loewe. L'idée de ces montages est intéressante, mais ils rencontrent, malheureusement, des difficultés pratiques. En effet, que faire d'une telle lampe multiple, composée de trois lampes dans une seule ampoule, lorsque, par exemple, l'un des filaments s'use ?...

8° *Thyratron*. — Le montage de cette lampe américaine est donné dans la figure 138. Le principe de cette lampe fut connu dès 1918 et elle

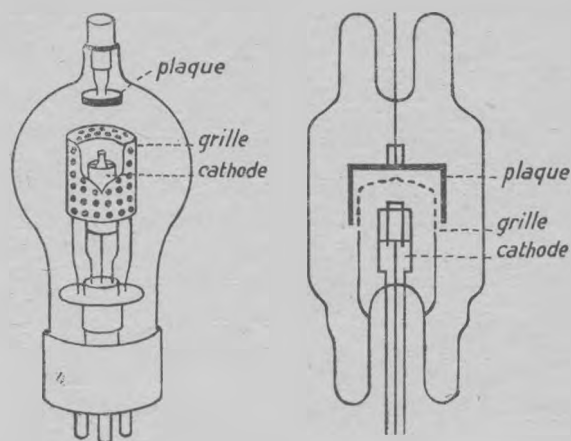


FIG. 138. — Le thyratron.

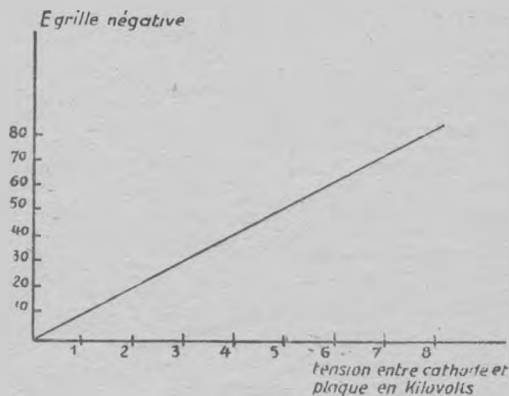


FIG. 139. — Caractéristique du thyratron.

a été étudiée à fond par Langmuir en 1924. On applique une tension alternative (de basse ou haute fréquence) entre la cathode et la plaque. En faisant varier la tension de grille, nous obtenons l'arc et la formation

d'un courant dans la lampe. Nous donnons, à la figure 139, la caractéristique principale de cette lampe, dont la courbe donne la formation de l'arc pour différentes valeurs de la tension de plaque et de la tension négative de grille. On introduit également dans la lampe les vapeurs de cæsium et de rubidium (ou autres). Il se produit dans ce cas une ionisation dans la lampe ; aussi, pour la faire fonctionner, est-on obligé d'apporter quelques modifications à sa construction (par exemple — grille avec trous très petits).

9° *Les lampes pour les ondes ultra-courtes.* — On cherche ces temps derniers à obtenir des ondes très courtes et ultra-courtes. Il est intéressant de suivre méthodiquement l'état de ce problème et de la lampe qui lui est destinée. Il y a quelques années, la radiotechnique se contentait parfaitement de l'émission d'ondes de 100 à 3.000 mètres (petites et grandes ondes). Les lampes d'émission pouvaient alors donner entière satisfaction. Les nombreuses expériences avec les ondes courtes (par les amateurs principalement) ont fait naître le besoin de créer une lampe spéciale pour les ondes courtes. Nous en avons parlé à la page 33. Cela permet de reporter la limite à 10 mètres (les ondes courtes — entre 10-100 mètres). Les dernières expériences laissent entrevoir la possibilité d'utiliser les ondes entre 1 et 10 mètres (les ondes très courtes). Dans ce sens, sont très intéressantes les recherches de la S. F. R. et du laboratoire Standard. Nous aurions comme résultat pratique, par exemple, la liaison radioélectrique entre la France et la Corse sur $\lambda = 5$ mètres. Un rôle considérable est dévolu dans ces montages à la lampe Mesny TMC Métal, dont nous avons donné la description précédemment. Les expériences ultérieures faites avec cette même lampe TMC ont montré qu'il est possible d'obtenir $\lambda = 15$ cm. (ondes ultra-courtes, inférieures à 1 mètre). De plus, on peut obtenir sur cette longueur d'onde une liaison régulière (ainsi, par exemple, les laboratoires Standard ont récemment réalisé la liaison entre l'Angleterre et la France sur $\lambda = 15$ à 18 cm.). Comme nous pouvons le constater, les ondes très courtes et ultra-courtes n'exigent pas la fabrication de lampes spéciales — la lampe TMC et TM Métal, de même que certaines autres lampes de réception (généralement de B. F.) donnent de très bons résultats. Au demeurant, il est parfois utile de changer les électrodes (étude du Dr Kohn en Allemagne) pour modifier les limites des ondes très ultra-courtes, car il faut reconnaître avec Barkhausen que ces ondes dépendent (avec une certaine approximation) des phénomènes qui ont lieu à l'intérieur de la lampe (dépendant de dimensions des électrodes et de l'alimentation de la lampe) et non pas de son montage extérieur. Elles sont soumises à la formule $\lambda^2 E_g = \text{const}$

λ — longueur d'onde,

E_g — tension de grille.

Les expériences avec les ondes approchant d'un mètre (entre 160 cm.-

700 cm. par exemple) ont montré (travaux de Pétroff en Russie) que, pour obtenir de bons résultats, il est indispensable de posséder pour la lampe les données suivantes :

a) La capacité grille-plaque doit être très petite ; les lampes à plaque cylindrique fournissent de meilleurs résultats que celles à plaque plate. La plaque doit avoir une surface très réduite (plaque courte) ; pour les puissances considérables, il est avantageux de préparer la plaque en tantale.

b) La pente de la lampe doit être accentuée (supérieure à 1 m A. /v.)

c) Le coefficient d'amplification ne doit pas être inférieur à 10.

d) La lampe doit fonctionner sans culot et posséder des cornes pour la grille et la plaque (comme pour la TMC, par exemple).

Lorsqu'on cherche à obtenir une onde courte (par exemple $\lambda = 15$ cm.) il est également important de faire attention à la fabrication de la lampe (électrodes identiques) sans quoi il serait difficile d'obtenir des ondes ultra-courtes d'extrême limite (1).

Actuellement $\lambda = 15$ cm. est la limite extrême des ondes ultra-courtes (ondes entretenues) obtenues à l'aide de la lampe. D'autres moyens ont permis de reculer encore cette limite. Ainsi, par exemple, pour les ondes amorties (Glagolewa-Arkadiewa) on est parvenu à obtenir $\lambda = 0,0082$ cm. et (Ruben et Von Bayer) il a été possible d'obtenir $\lambda = 0,032$ cm. (c'est-à-dire une onde infra-rouge.) Les recherches dans le domaine des ondes ultra-courtes, obtenues à l'aide de la lampe, tendront vraisemblablement à créer dans la lampe des procédés qui permettront d'obtenir une oscillation à très haute fréquence ; cela exige une étude approfondie de la matière et la connaissance des lois qui la régissent. La physique, science exacte, nous apprendra à violer ces secrets et à trouver les ondes ultra-ultra-courtes (2) !

10° *Lampes spéciales photo-électriques pour T. S. F.* — Nous remarquons ces temps derniers un mouvement très accentué, qui tend à supprimer le filament et à construire des lampes T. S. F. sans filament. C'est là une vraie révolution dans la technique thermoionique. Toutefois, la science et la technique rencontrent dans ce domaine une série d'obstacles et de graves difficultés qui rendent l'application pratique de ces lampes peu probable. Premièrement, ces lampes, qui sont construites d'après les principes photo-électriques, c'est-à-dire qu'elles fonctionnent sous l'in-

(1) Il est important de noter les essais sur les ondes ultra-courtes de 0,7 à 6 m. de M. Ponte, qui utilisait un magnétron spécial à plaque coupée (Syst. S. F. R.)

(2) Lire « Ondes courtes et ondes très courtes », par Lucien Chrétien (Chiron, éditeur, Paris 1933).

fluence de la lumière, exigent la présence de la lumière du soleil. Lorsque celle-ci manque, on est obligé de créer une source de lumière supplémentaire. D'autre part, ces lampes fournissent une très faible émission ; cette dernière est, de plus, irrégulière et sujette à différentes influences extérieures (la lumière) et intérieure (le gaz). Malgré les attrayantes perspectives que nous ouvrent ces lampes, leur application pratique est fort problématique. Il serait infiniment plus intéressant de créer une émission puissante (d'électrons ou d'ions) par un nouveau procédé encore inconnu jusqu'à présent. Mais c'est là le domaine de l'avenir et des découvertes scientifiques ultérieures.

CHAPITRE VI

LES DERNIERS MODÈLES DE LAMPES DE RÉCEPTION

Perfectionnements apportés aux lampes à grille-écran

On sait que, pour une lampe amplificatrice, le fonctionnement correct est obtenu lorsque la grille est au potentiel moyen se trouvant dans la partie rectiligne de la caractéristique et assez éloigné des coudes pour éviter toute déformation due à la détection accidentelle des signaux.

Cependant, la méthode de réglage d'intensité sonore utilisée avec les lampes à grille-écran ordinaires consiste précisément à déplacer leur point de fonctionnement (en agissant, par exemple, sur la tension écran) dans une partie de la courbe à pente plus faible qui se trouve justement dans le

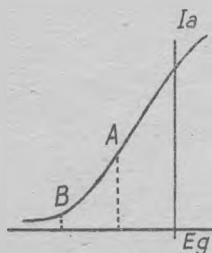


Fig. 140.

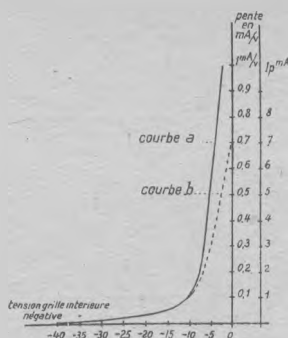


Fig. 141.

coude (fig. 140). Il en résulte une distorsion par détection. En outre, dans le point B, la plus faible variation de potentiel étrangère au signal s'y incorpore facilement, et il est impossible de l'en séparer par la suite dans les circuits sélecteurs placés après l'amplificatrice.

C'est ainsi que, dans les postes-secteurs, les petites irrégularités du courant imparfaitement filtré donneront lieu à un « bruit du secteur » fort gênant. De même, une émission non désirée, imparfaitement éliminée avant la lampe, s'incorporera dans le signal et ne pourra plus en être éliminée par la suite (ce phénomène porte le nom anglais de *cross-modulation* ou, en français, « intermodulation »).

Afin de combattre ces différents inconvénients, on a créé la *lampe à pente variable*.

Certes, dans toutes les lampes, la pente varie suivant la position du point de fonctionnement, mais dans les lampes dites à pente variable, cette variation est très progressive. La caractéristique (fig. 141), en forme de courbe exponentielle, ne présente pas de coudes prononcés. On parvient à ce résultat en modifiant convenablement la forme de la grille de commande. On peut, par exemple, rendre variable son pas de vis, ou encore son diamètre, ou encore y pratiquer un intervalle entre les spires de milieu (fig. 142).



FIG. 142.

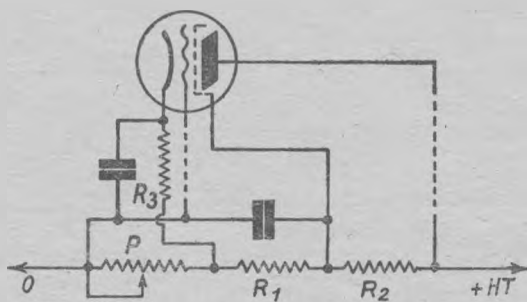


FIG. 143.

Le réglage de l'amplification de ces lampes se fait évidemment par variation de la polarisation de grille. Le montage ordinairement utilisé est celui dit « en potentiomètre », représenté dans la figure 143. La résistance R_3 a pour but d'assurer à la grille une polarisation minimum, même lorsque la résistance variable P est en court-circuit.

Voici les caractéristiques de deux lampes à pente variable.

	E445	E455	
Tension de chauffage	4	4	volts
Courant chauffage.....	1	1	ampère
Tension plaque	200	200	volts
Tension écran	100	100	volts
Coefficient amplif.	300	700	—
Tension de polaris. { min.....	— 2	—1,5	volts
{ max.....	—40	—40	volts
Pente..... { min.....	0,005	0,005	mA /v.
{ max.....	1,2	3	mA /v
Courant plaque .. { min.....	0,01	0,01	mA
{ max.....	6	3	mA

D'autre part, comme nous l'avons déjà mentionné précédemment, un développement récent des lampes à grille-écran consiste dans l'introduction d'une troisième grille placée entre l'écran et l'anode et destinée à supprimer les effets de l'émission secondaire. Les pentodes H. F. ainsi composées peuvent être à pente fixe ou variable. En outre, dans les modèles européens, la troisième grille est connectée à la cathode à l'intérieur même de la lampe, alors que dans les modèles américains elle comporte une sortie indépendante, ce qui, dans certains cas, présente des avantages, car on peut utiliser la grille extérieure comme deuxième grille de commande (par exemple, la lampe peut servir comme oscillatrice-modulatrice dans un montage à changement de fréquence).

Voici les caractéristiques de quatre pentodes H. F. : la E 446 (européenne) et la 57 (américaine) sont à pente fixe, alors que la E 447 et la 58 sont à pente variable.

	E446	57	E447	58	
Tension chauffage	4	2,5	4	2,5	volts
Courant chauffage....	1,1	1	1,1	1	ampère
Tension plaque	200	250	200	250	volts
Tension écran	100	100	100	100	volts
Coefficient ampl.	5.000	1.500	2.000	1.280	—
Pente max.....	3,5	1,2	3,5	1,6	mA /v
Polaris { max.....	—2	—3	—20	—30	volts
{ min.....	—	—	—2	—3	volts

Les pentodes sont utilisées de la même façon que les types correspondants des lampes à grille-écran ordinaires. Elles fournissent une amplification plus élevée et assurent une stabilité remarquable de fonctionnement.

Lampes pour secteur continu

Différents fabricants de lampes ont conçu des modèles de lampes de réception pour chauffage par le secteur à courant continu. Ces lampes ne diffèrent des autres que par les caractéristiques de leurs filaments. Ceux-ci

sont, dans ces modèles à chauffage indirect, chauffés sous une tension généralement plus élevée que les filaments des lampes chauffées en courant alternatif.

Les filaments sont connectés non pas en parallèle, mais en série, ce qui assure une meilleure utilisation du courant. L'excès de la tension disponible est absorbé par une résistance qui, de préférence, sera une résistance auto-régulatrice (fil de fer dans l'atmosphère d'hydrogène).

C'est ainsi qu'en Amérique on a lancé des lampes chauffées sous 6,3 volts par un courant de 0,3 ampère (consommation 1,89 watt). Le type 36 est une lampe à grille-écran ; le type 37 est une triode (détectrice ou amplificatrice) ; enfin, le modèle 39 est une pentode H. F.

En Europe, Philips a lancé des lampes à chauffage indirect sous 20 volts par un courant de 0,18 ampère (puissance 3,6 watts) qui permettent une meilleure utilisation du courant. Ainsi, pour un récepteur à 5 lampes alimenté par un secteur continu de 110 volts, avec les lampes américaines on n'utilise que 28,6 % du courant consommé, alors que les lampes Philips permettent d'en utiliser 90,9 %. La série très complète des lampes Philips pour secteur continu permet de les appliquer dans tous les montages modernes.

Il existe enfin des lampes à chauffage indirect dont le filament est chauffé sous la tension du réseau (110 ou 220 volts). Ces lampes dites « pleinvoltage » et fabriquées par la maison autrichienne Ostar peuvent être alimentées indifféremment en courant continu ou alternatif et ne nécessitent aucune résistance ni transformateur de chauffage. Cette précieuse propriété rend possibles certains montages spéciaux dont l'alimentation complète peut être effectuée aussi bien sur le secteur continu que sur le secteur alternatif.

Voici les principales caractéristiques des modèles Ostar pour 110 volts :

	A520 H.F.—M.F. : Det.	U920 Det. — 1°B.F.	L1525 B.F. puis.	
Tension filament...	100—120	110—120	110—120	volts
Courant filament ...	0,05	0,05	0,05	ampère
Coefficient ampl....	22	11	6,5	—
Résistance interne .	8.800	3.700	1.850	ohms
Pente.....	2,5	3	3	mA/v
Tension plaque	40—220	40—220	70—220	volts

La même maison fabrique également des valves de redressement à chauffage indirect sous la tension entière du secteur. Il devient ainsi possible de monter des redresseurs de tension de plaque sans utiliser un transformateur d'alimentation. Parmi ces valves, mentionnons plus

particulièrement la valve à deux éléments biplaques servant aux montages en doubleur de tension (1).

Lampes pour détection diode

Les méthodes de détection par la grille ou par la plaque précédemment décrites n'assurent pas une rectification parfaitement linéaire des signaux. Il en résulte une distorsion de l'amplitude.

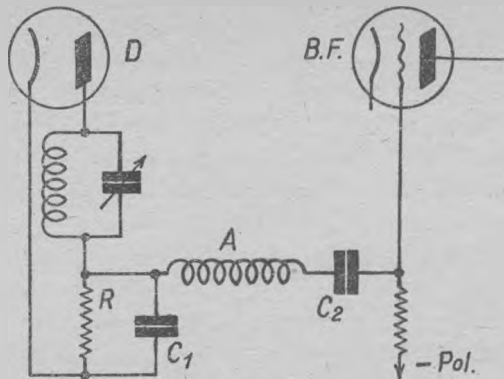


FIG. 144.

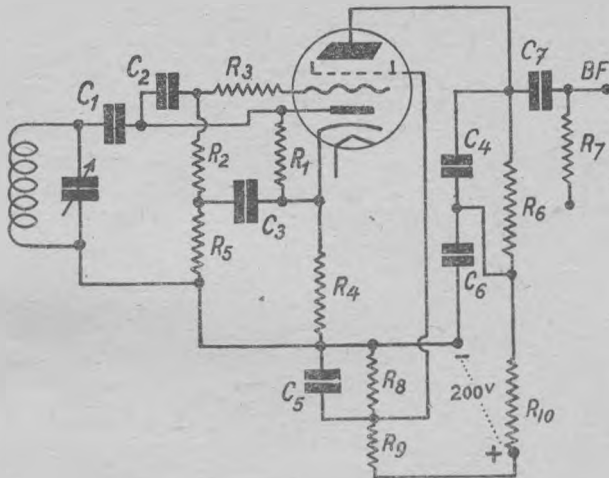


FIG. 145.

$R_1 = 2$ mégohms ; $R_2 = R_3 = 1$ mégohms ; $R_4 = 2.000$ ohms ; $R_5 = 200.000$ ohms ;
 $R_6 = 100.000$ ohms ; $R_7 = 1$ mégohms ; $R_8 = 16.000$ ohms ; $R_9 = 10.000$ ohms ;
 $R_{10} = 6.400$ ohms ; $C_2 = C_1 = 0,005$; $C_1 = 0,0002$; $C_3 = C_4 = C_5 = C_6 = 1 \mu F$.

(1) Il est intéressant à signaler une valve biplaque 2575 (américain) qui peut fonctionner, comme doubleuse de tension, sans aucun transformateur d'alimentation.

Caractéristique de 2575 : Ef 25°

If 0 A 3

Tension plaque (∞) 125 volts max.
 Courant redressé max. 100 m A

Ce défaut provient du fait que la même lampe remplit à la fois, les fonctions de détectrice et d'amplificatrice (1). Or, si les tensions appliquées aux électrodes sont convenablement choisies pour assurer l'une de ces fonctions, il n'en est pas ainsi pour l'autre.

On n'obtient une détection réellement linéaire qu'en répartissant les fonctions de redressement et d'amplification entre des lampes différentes. C'est ce qui est réalisé dans la détection par diode. La figure 144 montre le schéma d'une détectrice diode suivie d'une amplificatrice B. F.

Le redressement est opéré à l'aide de la diode D, en utilisant sa conductibilité unilatérale. Les courants redressés développent sur la résistance R des chutes de tension qui sont, par l'intermédiaire du condensateur de liaison C_1 , transmises à la grille de la première lampe amplificatrice B. F. Afin d'empêcher la composante H. F. d'y accéder, une bobine d'arrêt A lui barre le chemin et un condensateur C_2 de très faible capacité lui offre un chemin de déviation.

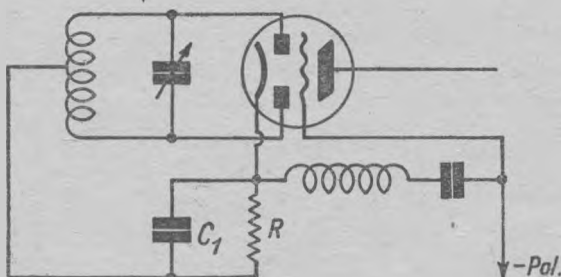


FIG. 146.

Comme la lampe diode n'amplifie point, pour remplacer une détectrice ordinaire, il faut toujours utiliser une diode combinée avec une amplificatrice B. F. Pour cette raison, certains constructeurs ont conçu des modèles de lampes qui comprennent, dans la même ampoule, les éléments de la diode et de l'amplificatrice B. F. utilisant une cathode commune.

C'est ainsi que Philips a créé sa « binode » E 444 qui est une combinaison d'une diode et d'une amplificatrice B. F. à écran (fig. 145).

De leur côté, les Américains ont créé une détectrice-amplificatrice type 55 qui contient une double diode et une triode amplificatrice B. F. (fig. 146). La double diode (diode à deux plaques) permet de redresser les deux alternances du courant H. F., comme cela est représenté dans la figure 146. On peut, évidemment, en réunissant les deux plaques, opérer

(1) Lire « Méthodes modernes de détection », par Lucien Chrétien (E. Chiron, éditeur).

avec cette lampe le redressement d'une seule alternance du courant H. F. En redressant les deux, on n'obtient aucun gain, car seule une moitié de la tension disponible sur le circuit oscillant est appliquée, à chaque instant, entre la cathode et chacune des plaques de la double diode.

Voici les caractéristiques de la binode E 444 et de la double diode et triode 55 :

	E444	55	
Tension filament	4	2,5	volts
Courant filament.....	1	1	ampère
Tension plaque	200	250	volts
Tension écran	25	—	volts
Polarisation	—2	—20	volts
Résistance interne	7.000.000	7.500	ohms
Coefficient amplification.....	3.000	8,3	—
Pente	3	1,1	mA /v

Enfin, l'amplification à basse fréquence peut également être confiée à une trigrille, comme dans la double diode-pentode *Cossor* qui est, en même temps, la lampe idéale pour régulateurs antifading ou la lampe américaine 6 B 7.

La détection par diode résoud l'un des problèmes les plus ardues de la radio-électricité en permettant d'éliminer une cause de distorsion qui, bien que longtemps ignorée, n'en était pas moins d'importance primordiale.

Les lampes à ampoule métallique

Pour terminer, mentionnons un perfectionnement récent qui consiste à remplacer l'ampoule de verre des lampes de réception par une ampoule en cuivre. Les lampes *Calkin* ainsi obtenues sont fabriquées par *Géovalve*. Elles possèdent les avantages suivants : construction très robuste ne craignant pas des chocs, encombrement très réduit, insensibilité à l'effet microphonique.

L'ampoule de cuivre constitue en même temps l'anode de la lampe. Aussi, — et ceci est fort important pour les lampes B. F. de puissance, — la dissipation de la chaleur de l'anode s'effectue d'une façon parfaite.

Les lampes à cathode électronique

Au moment de la mise sous presse du présent ouvrage, de nouvelles lampes sont lancées sur le marché français, lampes que nous ne voulons pas passer sous silence étant donné leurs caractéristiques fort originales.

Ces lampes connues sous le nom de hexodes (Exemple : Philips E 448), sont destinées aux montages à changement de fréquence (1). On

(1) Il faut signaler aussi la lampe 6 A 7 (américaine) " Penta grille " à 5 grilles, prévue pour remplir simultanément les fonctions d'oscillatrice et de modulatrice dans les récepteurs à changement de fréquence.

peut y distinguer l'élément oscillateur qui est une simple triode à chauffage indirect et l'élément modulateur qui est une pentode H. F. à pente variable.

L'anode de l'élément oscillateur est constituée par un grillage. Aussi, les électrons la traversent-ils par impulsions de haute fréquence. L'élément oscillateur sert de « cathode virtuelle » à l'élément modulateur qui l'entoure. Les oscillations incidentes sont appliquées à la grille de commande de la pentode H. F.

Il se produit donc une modulation entre le courant électronique H. F. de la « cathode virtuelle » et les oscillations incidentes.

C'est par la description concise de cette lampe à 4 grilles (en comptant l'anode de l'oscillatrice) que nous terminerons la revue des nouveaux types des lampes de réception. —

CONCLUSION

Mais quelles seront les découvertes scientifiques de l'avenir ? Quelle voie sera empruntée par le développement de la technique thermoionique, la technique des lampes T. S. F., et quels sont les facteurs qui entraîneront la révision de la radiotechnique et des domaines s'y rattachant ?

Une chose est certaine : la technique des lampes de T. S. F. a reçu ces temps derniers un grand développement et a réalisé des progrès énormes. Les possibilités et les voies qui s'ouvriraient devant la technique thermoionique ont été utilisées dans bien des cas déjà. On a étudié, approfondi et défini les procédés physiques et chimiques à l'intérieur de la lampe ; on a étudié le fonctionnement de la lampe ; on a déterminé les lois et les rapports entre différents éléments tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de la lampe (le montage). Il semble que la radiotechnique moderne soit parvenue à un haut degré de développement et de succès et qu'elle doive maintenant *s'attacher à la recherche de voies et de possibilités nouvelles*. Là, en plus du fondement théorique et mathématique, des nouvelles théories et des nouvelles hypothèses, un rôle important sera réservé aux recherches des laboratoires scientifiques et techniques. C'est pourquoi on doit applaudir à la formation d'organisations spéciales de recherches radiotechniques, qui s'occuperaient des progrès ultérieurs de la technique thermoionique et radioélectrique. On a déjà beaucoup fait dans ce sens, mais les initiatives sont encore nécessaires pour vaincre la routine et les obstacles.

Dans la recherche des voies nouvelles, dont doit se préoccuper la radiotechnique moderne, *un des problèmes importants est posé par la recherche d'un moyen nouveau pour la formation de flux électronique puissant*. Parmi les moyens actuellement connus nous avons 1° celui de la formation d'électrons à l'aide de substances radioactives (les rayons β) ; 2° celui qui utilise l'action de la lumière sur certaines substances placées dans le vide (effet photo-électrique) ; 3° celui qui utilise l'action de certaines substances chimiques (par exemple, le gaz phosgène COCl_2) sur la cathode à l'oxyde

et, enfin 4^o la méthode très répandue actuellement de l'obtention des électrons dans le vide par le chauffage dans ce vide d'un filament préparé avec certains métaux (la lampe de T. S. F.). N'existe-t-il pas dans la nature d'autres moyens plus puissants que nous ne sommes pas encore parvenus à découvrir ?

Le second problème important actuel est la création par voie de synthèse (ou directe) de fréquences élevées qui nous donneraient la possibilité de trouver de nouveaux rayons et de nouvelles radiations, dont la fréquence se trouverait au delà des rayons cosmiques Milikan.

N'est-ce pas sur cette voie que nous trouverons placé devant nous le problème de notre énigme spirituelle ?

N'a-t-on pas raison de croire que la rénovation de notre monde se réalisera non pas uniquement par les réformes sociales, mais également par l'étude et la réforme de notre nature spirituelle ?

Notre appareil spirituel que nous connaissons si peu ne demeure-t-il pas jusqu'à présent rempli de réflexes, d'instincts et de réactions obscurs ?

Ne trouverions-nous pas une arme puissante pour la connaissance de notre énigme spirituelle dans la découverte de radiations et de rayons nouveaux, demeurés jusqu'à présent au delà des limites de notre entendement ? S'il en est ainsi — la radiotechnique n'aura pas uniquement servi le progrès extérieur, mais le progrès intérieur de notre vie spirituelle. Il faut à l'humanité des recherches spirituelles basées sur une science rationnelle, sur les connaissances exactes de la culture moderne. Telle est la nature du mouvement qui se dessine dans le monde et qui passe du matérialisme aux connaissances spirituelles.

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE

Étude générale.....	7
---------------------	---

DEUXIÈME PARTIE

LES LAMPES ET LEUR UTILISATION PRATIQUE

I. — L'émission	23
II. — Les lampes de réception	35
III. — Utilisation pratique des lampes de réception.....	63
IV. — Redressement.....	85
V. — Lampes spéciales.....	97
VI. — Les derniers modèles de lampes de réception.....	107
Conclusion	114

Les Meilleurs Ouvrages sur la T. S. F.

ABC DE LA T. S. F., un fort volume.....	Broché, 30. »	—	Relié, 35. »
NOUVEAU MANUEL PRATIQUE DE T. S. F., par <i>H. Gérard</i>	12. »		
LA BONNE CONSTRUCTION EN T.S.F. « L'HOPITODYNE » par <i>D^r Corret</i> .	12. »		
PREMIERES LEÇONS DE T.S.F. Cours professé au Conservatoire des Arts et Métiers :			
I. ELECTROTECHNIQUE GENERALE PREPARATOIRE A LA T. S. F., par <i>Chaumat et Lefrand</i>	12. »		
II. PRINCIPES GENERAUX DE LA RADIOTELEGRAPHIE ET APPLICATIONS GENERALES, par le <i>Ct Metz</i>			
RADIO-GUIDE (Comment installer, régler et entretenir un appareil de TSF) par <i>Alain Boursin</i>	3. »		
MANUEL PRATIQUE DE DÉPANNAGE, par <i>Avril</i>	5. »		
LA CONSTRUCTION DES POSTES DE T.S.F. A LA PORTÉE DE TOUS.	15. »		
30 APPAREILS DE T. S. F. A CONSTRUIRE SOI-MEME.....	6. »		
30 NOUVEAUX POSTES DE T. S. F. A CONSTRUIRE SOI-MEME ..	8. »		
LE POSTE DE L'AMATEUR DE T. S. F., par <i>Hémardinquer</i>	20. »		
Même volume relié pleine toile rouge	25. »		
LA CONSTRUCTION DES POSTES DE T. S. F. (édition 1934) par <i>Michel</i> .	6. »		
LES REDRESSEURS DE COURANT, par <i>R. de Bagneux</i>	10. »		
ONDES COURTES ET ONDES TRÈS COURTES, par <i>L. Chrétien</i>	20. »		
LA DETECTION EN T. S. F., par <i>L. Chrétien</i>	10. »		
LES LAMPES DE T. S. F. MODERNES, par <i>Hémardinquer</i>	10. »		
LES LAMPES A PLUSIEURS ELECTRODES ET LEUR APPLICATION, par <i>Groszkowsky</i> , traduit par <i>G. Teissier</i> . Préface de <i>R. Mesny</i>	40. »		
LA LOI DE PROTECTION CONTRE LES PARASITES EN T.S.F. par <i>P. Baize</i>	8. »		
LE MERVEILLEUX RÉCEPTEUR AB-4 SECTEUR, par <i>Alain Boursin</i> ..	4. »		
RÉCEPTEURS MODERNES DE T.S.F. (édition 1934), par <i>P. Hémardinquer</i> .	30. »		
LE SUPERHETERODYNE ET LA SUPERREACTION, par <i>Hémardinquer</i> ...	22. »		
LES PROGRES DES SUPERHETERODYNES, par <i>P. Hémardinquer</i> ...	7.50		
TOUS LES MONTAGES DE T.S.F., (nouvelle édition 1934)	12. »		
EMISSION ET RECEPTION SUR ONDES COURTES par <i>A. Brancard</i> ..	5. »		
LE CINEMA SONORE ET SA TECHNIQUE, par <i>R. Vellard</i>	30. »		
THEORIE ET PRATIQUE DES LAMPES DE T.S.F., par <i>Kiriloff</i>	15. »		
LES CELLULES PHOTO-ELECTRIQUES par <i>Roy Pochon</i>	8. »		
CONSTRUIRE SOI-MEME UN RÉCEPTEUR DE T.S.F.....	8. »		
LES BASES PHYSIQUES DE LA TELEVISION par <i>B. Kwal</i>	20. »		

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

LA T. S. F. POUR TOUS.....	Le numéro. 4. »	Abonnement. 36. »
LE RADIO-MONTEUR	— 1.25	— 13. »
LA TÉLÉVISION.....	— 4.50	— 25. »
L'ONDE ELECTRIQUE.....	— 6. »	— 60. »

(Spécimen franco sur demande)

EXTRAIT DU CATALOGUE

Automobile

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS. - LE CODE DE LA ROUTE. Textes officiels 1934.....	3 »
LE NOUVEAU CODE DE LA ROUTE EXPLIQUE (Textes officiels ; tableau en 5 couleurs de la nouvelle signalisation des routes ; suivi du Guide illustré du candidat au permis de conduire)	5 »
DARMAN. - Guide du candidat au permis de conduire	3 »
RAZAUD. - A. B. C. de l'automobile	3 »
— Nouveau manuel de l'automobile, Edition 1933	12 »
— Les pannes d'automobile	7 50
PERCHERON. - Aide-mémoire pour la recherche des pannes	2 »
— Manuel pratique pour la conduite et l'entretien des moteurs à explosion	9 »
GIELFRICH. - L'automobile expliquée	18 »
ROSALDY et TOUVY. - L'équipement électrique des automobiles	12 »
ROSALDY et TOUVY. - L'allumage Delco, Edition 1933	15 »
GORY et GIELFRICH. - L'Équipement électrique expliqué	9 »
JACQUES. - Manuel du motocycliste	9 »
GORY et GIELFRICH. - Comment soigner votre accumulateur	7 50
PERCHERON. - La magnéto d'automobile. Edition 1933	15 »
PERCHERON. - Le moteur Diesel expliqué	12 »
L. APOLIT. - A B C du Carburateur	4 »
— Carburateurs et Carburaton	18 »

Education Physique

Mag. VINCELO. - Femme, cultive ton corps !	12 »
BELLEFON et MARUL. - Méthode française d'éducation physique	9 »
M ^{lle} BRUEL. - 400 jeux pour jeunes filles et enfants	9 »
— 150 nouveaux jeux pour jeunes filles et enfants	6 »
— 70 jeux de balle et ballon pour tous	5 »
PAGES (Docteur). - A. B. C. de l'éducation physique	7 50
ICARD. - Manuel de camping	5 »

Couture

BERTRAND (M ^{me}). - Pour faire soi-même une layette	7 50
— Pour faire soi-même un trousseau	7 50
PETIT. - Manuel pratique de couture et montage des vêtements	10 »
— La coupe des vêtements pour hommes et garçonnets	16 »
— La coupe des vêtements pour dames et fillettes	12 »

Photographie et Dessin

GÉRARD. - Comment on débute en photographie	4 50
— Comment on retouche un cliché photographique	4 50
— Comment on retouche un agrandissement photographique	4 50
BORDIER. - L'Aquarelle	7 50
LIBMAN. - Pour apprendre soi-même le dessin industriel	25 »
BOLL (A.). - La perspective expliquée	5 »

Electricité

MICHEL. - Pour poser soi-même la lumière électrique	6 »
— Pour poser soi-même les sonneries	6 »
— Pour poser soi-même les téléphones privés	6 »
BARRÉ. - Eléments d'Electrotechnique générale	43 20
BARDIN. - A. B. C. des moteurs électriques	5 40

Ajouter 10 % pour envoi franco contre mandat adressé à l'éditeur

Catalogue complet franco sur demande