

FIG. 9

Il semble bien qu'en 1912, indépendamment de Forest et Armstrong, W. Schloemilch a l'idée d'entretenir des oscillations par la triode, en reportant à l'entrée une fraction de la composante alternative de plaque ; il constate d'abord une augmentation de l'amplification, puis l'entretien des oscillations par l'accroissement de la rétroaction ; en Grande-Bretagne, Franklin a vu cette possibilité et Round, a parmi d'autres, conçu la méthode de réception hétérodyne par l'emploi d'un oscillateur local sur une fréquence voisine de celle du signal à recevoir.

LA LAMPE T.M. PENDANT LA GUERRE DE 1914-18

Dans le domaine des applications, Forest n'est parvenu qu'au stade d'un amplificateur téléphonique ; au point de vue industriel, rien n'existe, et pour les applications militaires, la lampe est jugée trop fragile et d'un emploi trop complexe.

La guerre change tout cela.

En effet, les besoins des Armées vont être considérables ; il faut de toute urgence préparer les moyens de les satisfaire ; nous allons donc examiner maintenant :

1° Les études en France et le démarrage de la fabrication industrielle.

2° La lampe TM dont l'emploi est, en France et chez nos Alliés, sous sa forme initiale ou avec quelques légères modifications, de beaucoup le plus général.

3° Les autres modèles, peu nombreux, fabriqués, tant chez nous qu'en dehors de la France, car ils amorcent déjà l'évolution survenue dans la période suivante :

En juillet 1914 existent deux ensembles radioélectriques entre lesquels est réparti le personnel. Autour du Capitaine Brenot, on trouve, à la Tour Eiffel, Maurice de Broglie, Laut, L. Levy, Ditte, tandis qu'à Lyon (La Doua) sont rassemblés, auprès du Professeur Abraham et du Capitaine Peri, Marius Latour, Biguet, Bocuze, etc. Le tout est sous les ordres du Colonel Ferrié.

Le travail intensif du début de la guerre et la mise au point du Service des Transmissions relèguent toutes autres procurations ; mais, peu à peu, et parce qu'un Français, revenant des Etats-Unis en raison de la guerre en a profité pour apporter quelques tubes, des essais commencent sur l'amplification, la détection, la réception des ondes entretenues par la méthode des battements ; le 15 mars 1915, une notice est même rédigée, sous la direction du Capitaine Brenot, à la Tour Eiffel, sur ces questions. A Lyon, le Professeur Abraham, aidé de la proximité de l'usine de lampes d'éclairage Grammont et de la présence de l'ingénieur Biguet, s'attache à la mise au point de tubes à vide poussé. A Paris, les Etablissements Pilon, spécialisés dans la fabrication des tubes à rayon X, mettent au point des prototypes.

La lampe du Professeur Abraham est adoptée pour la réception et l'émission de faible puissance ; en 1915, le Colonel Ferrié décide de la fabrication de ce modèle, fruit des études ci-dessus : la lampe TM (fig. 10).

Le problème crucial est le pompage.

Après de longues études et les tâtonnements inhérents à toute nouveauté est enfin résolu le problème crucial du pompage, car il faut une pression résiduelle de l'ordre de 10^{-3} mm de mercure.

Dès le début de la fabrication de la lampe TM, le contrôle de la qualité du vide est effectué sur toutes les lampes. Pour ce faire, le filament et la plaque sont portés à leur tension normale et la grille à une tension négative de 1 à 2 volts par rapport au filament.

Dans ces conditions, le courant grille doit être inférieur à un microampère et en pratique, pour la majorité des lampes, ce courant est voisin de zéro et ne dépasse pas 0,5 microampère. Pour obtenir ce degré de vide, les lampes sont étuvées à 400° pendant leur vidage, les filaments survoltés de 30 à 35 %, les grilles et plaques portées plusieurs fois au rouge par bombardement électronique. Pour réaliser au mieux cette opération, on munit la grille de deux sorties à travers le pied et on s'en sert comme d'un filament auxiliaire. On vide simultanément six lampes par pompe et une ouvrière conduit quatre pompes : l'opération totale demande une heure environ.

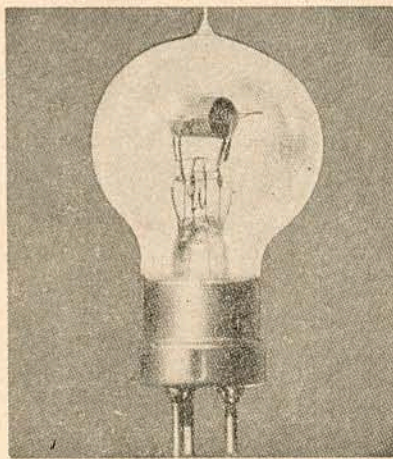


FIG. 10. — Lampe TM

La production atteint, en 1918, 1 000 lampes par jour. Mais ceci exige une surveillance constante de la fabrication ; il arrive, par exemple, que par suite de la raréfaction des matières premières, on soit contraint de modifier la composition du verre des ampoules ; ceci suffit à provoquer des défauts graves en fonctionnement.

La lampe TM, si satisfaisante que nos alliés l'utiliseront aussi, d'abord produite dans nos usines, plus tard fabriquée chez eux, possède les caractéristiques suivantes :

Longueur du filament de tungstène : 21 mm.
Diamètre du filament de tungstène : 6/100 de mm.

Tension d'alimentation normale : 4 V.
Hauteur hors tout : 115 mm.
Diamètre de l'ampoule : 55 mm.
Culot : à quatre broches.
Plaque cylindrique en nickel :

Longueur : 15 mm,
Largeur : 10 mm,
alimentée sous des tensions de 40 à 120 V en amplificatrice et détectrice et, en émettrice, de 40 à 350 V.

La plaque de la lampe Métal comporte un renfort permettant une fixation plus commode et plus solide sur la connexion de sortie.

Grille en fil de nickel de 0,3 mm de diamètre, enroulé en hélice de 4 mm de diamètre comportant 11 spires au pas de 1,7 mm, soit une longueur de 19 mm.

La température de fonctionnement du filament est, sous 4 V, d'environ 2 500° ; cette tension d'alimentation correspond à une intensité de 0,7 ampères, soit une puissance de 2,8 watts.

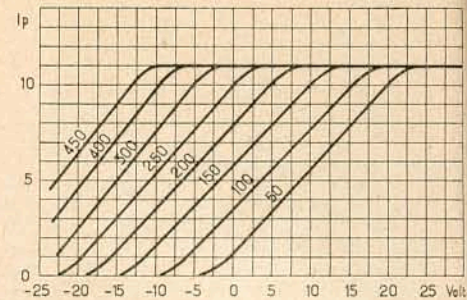


FIG. 11

La durée du filament est de cent heures environ.

Les coefficients ou paramètres statiques moyens sont :

V_f	k	q	S
4 V	10	25 000 Ω	0,4 mA/V
5,5 V	8,5	11 500 Ω	0,72 mA/V

Les caractéristiques relevées par point sont, par exemple, les intensités des courants de plaque en fonction des potentiels de grille, à tension de plaque constante pour différentes valeurs de la tension d'alimentation du filament ; les courbes sont représentées aux figures 11 et 12.

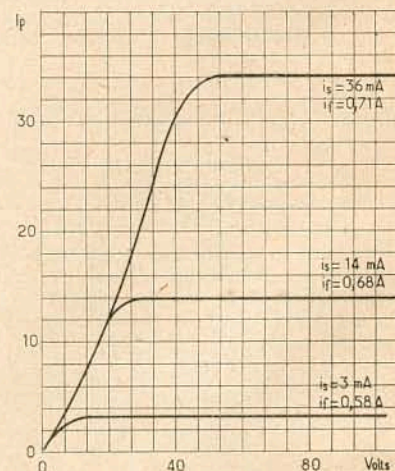


FIG. 12

On peut, durant cette époque, mentionner les travaux suivants :

a) En France, à Ivry, un nombre considérable d'essais pour la réalisation de lampes d'émission plus puissantes (TMB, E 4 - fig. 13) et de tubes spéciaux pour ondes courtes (TMC et autres à lampes à cornes, fig. 14).

b) En Grande-Bretagne on peut lire dans « The Journal of Institution of Electrical Engineers », vol. 53, août 1920, les précisions suivantes sous la signature de B.S. Crossling : « à la fin de 1916, devant les sérieuses difficultés de construction des tubes doux, la Thomson-Houston anglaise suggéra la construction de valves dures selon les réalisations françaises ; quelques modifications de détails de celles-ci conduisirent à la fabrica-

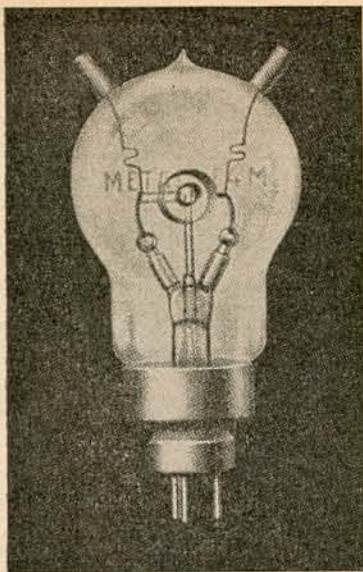


Fig. 13. — Tube Métal E 4

tion de de la « R 4 », dont la pente de la caractéristique est nettement plus forte que celle de la TM ; pour une tension de plaque de 50 V, elle a la valeur obtenue en France avec 80 V. » Des études sont ainsi échangées entre tous les alliés, ce qui permet de meilleures réalisations.

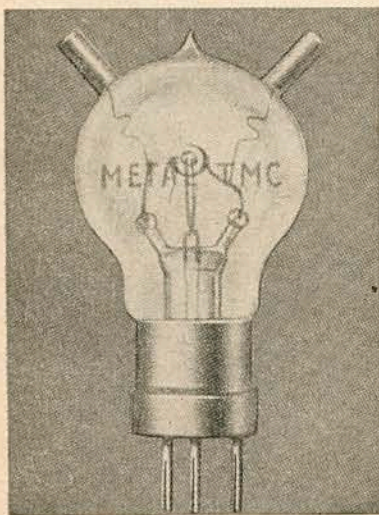


Fig. 14. — Tube Metal TMC

c) En Allemagne, on s'oriente en 1914 vers des tubes durs chez Telefunken, sous la direction de M. H. Rukop. Ces lampes allemandes se distinguent de la TM par le fait que les électrodes sont planes et que les pieds sont en forme de disque de verre comme dans certains modèles modernes. Ultérieurement, en 1923, est adoptée une construction très voisine de la TM, la R 11, qui est même montée avec le culot de la TM.

DE 1920 A NOS JOURS

Il faut ici diviser l'exposé en lampes d'émission et tubes à vide de réception. Faute de place, nous ne pourrions signaler que le sens de l'évolution dans chacune de ces catégories.

Emission. — La lampe TM permet l'entretien d'oscillations dans un circuit oscillant. La puissance oscillante unitaire que l'on peut en tirer est petite ; on obtient un accroissement par une augmentation de l'intensité de

courant du chauffage, de la tension de plaque, ou par une mise de tubes en parallèle. La première voie diminue très vite la durée de vie de la lampe ; la seconde n'est efficace qu'avec la première. La mise en parallèle, au-delà de trois ou quatre unités, conduit à des phénomènes parasites annulant le bénéfice de l'opération. La première évolution est donc relative à l'augmentation de la puissance unitaire en augmentant simultanément l'intensité du courant de chauffage et la tension de plaque de manière à obtenir un accroissement de l'intensité du courant de saturation.

On peut exprimer les transformations de la manière suivante :

On se contente d'abord d'accroître progressivement les dimensions de la lampe TM sous la forme TMB (filament consommant 1 ampère), puis E 22 de 22 watts dissipés, E 4 de 500 watts — utilisé pendant près de vingt-cinq ans et E 250 de 250 watts. Mais ces lampes ont un filament très court, qui s'use rapidement en son milieu, très chaud. Aussi, dès 1918 apparaissent les filaments en épingle à cheveux dans la 150 et la 400 watts.

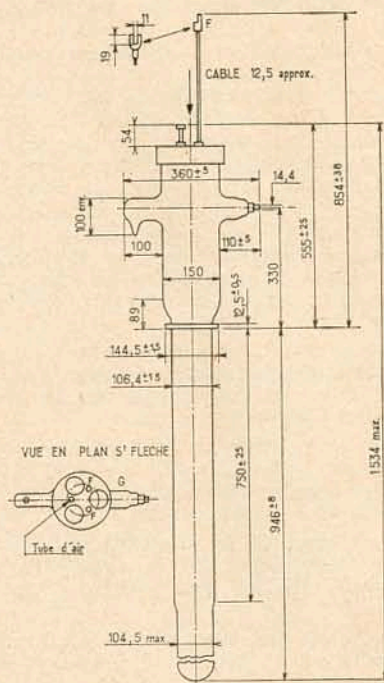


Fig. 16. — Tube E 1 000

Toutes ces lampes ont une plaque en nickel et sont d'un emploi délicat. Leur vide est déjà obtenu avec des pompes à vapeur de mercure de fabrication française. Pour l'alimentation de ces lampes, on utilise des kénotron à haute tension K1, K2, K3, K4, K5. Le vide permet déjà l'emploi de tensions de 10 000 volts. Pour augmenter la puissance dissipée, on brevète en 1920 les plaques en nickel ondulé, d'où le nom de « Neuvron » donné à ces lampes. Dès cette époque, les types de lampes se multiplient, E 200, E 6, E 6, de 150 à 200 watts.

En 1926, on adopte la tôle de molybdène pour les plaques de toutes les lampes, afin d'augmenter leur puissance.

Pour des puissances supérieures à 400 watts, le cristal des ampoules ne peut pas supporter la température de fonctionnement ; dès 1927, on recourt aux verres aux silicoborates, du genre Pyrex ; une éclosion de type s'en suit : E 500 1 et l'importante série des E 1 000 (figure 15).

Puis apparaît le fil thorié carburé qui permet la fabrication de lampes à forte émission,

mais à faible tension anodique, lampes à basse fréquence pour la sonorisation des grands espaces. Un peu plus tard, en 1935, la liste des lampes à filament thorié se complète par les lampes à écran.

Mais les lampes dotées d'un filament en tungstène pur, permettant les très hautes tensions, donnent seules la possibilité d'obtenir des puissances de plus en plus élevées, réclamées par la Radiodiffusion et les Télécommunications. En 1932 apparaissent les plus grosses lampes réalisées en verre : E 1 500, E 2 000 (fig. 16), qui vont équiper le réseau colonial, les P.T.T., la Marine. Elles sont accompagnées des kénotrons correspondants K 10-500 et K 10-800, qui redressent 50 000 volts.

Au-delà de cette puissance, il faut refroidir directement les anodes, soit par air, soit par eau et successivement apparaissent les lampes de 4 kW, de 7,5 kW, de 20 kW, de 75 kW, de 100 kW dissipés (250 kW HF) en 1939. Cette évolution vers les grandes puissances n'empêche pas l'adaptation de la lampe TF aux ondes courtes et aux applications de l'aviation et de l'émission d'amateurs.

Pour les ondes courtes, dès 1918, la lampe TMC à cornes, puis successivement la E 60, la E 200 OC (1927), la E 300 OC et la E 1 000 F (1934) à montage sur quartz, sont sur le marché les seules lampes descendant jusqu'à 2,75 mètres de longueur d'onde.

Pour l'aviation et les amateurs, l'évolution de la lampe d'émission à partir de la TM est jalonnée par toute une longue série.

Après la guerre, l'accroissement de puissance amènera la fabrication des tubes radar de 500 kW crête, mais les ondes courtes ont conduit à des dispositifs mieux adaptés à de telles fréquences (magnétrons, etc...).

RECEPTION

L'évolution va se produire, dans ce domaine, dans la recherche d'une triple amélioration : diminution de la puissance des sources d'alimentation du filament, augmentation du coefficient d'amplification unitaire et efficacité sur des fréquences de plus en plus élevées.

A la fin de la guerre de 1914-1918, la lampe TF donne toute satisfaction comme lampe de réception avec les postes de l'époque, étant d'un type universel et remplissant les diverses fonctions d'amplificatrice HF, de détectrice et enfin d'amplificatrice BF suffisante pour l'écoute au casque. Avec son utilisation par les amateurs, l'avènement de la radiodiffusion et les besoins des armées et des administrations, la demande va devenir très grande et son prix de revient un élément très important. Elle subit alors une adaptation à la fabrication en grande série : le montage est modifié pour le rendre possible par le soudage électrique ; le vidage est fait sur machine automatique ; le vide est amélioré par un « getter », ici du phosphore ; le filament de tungstène est modifié pour diminuer le bruit de fond ; enfin, la plaque est chauffée au rouge par la circulation de courant dans la grille pendant le vidage, jusqu'à la mise au point des fours à haute fréquence qui permettent l'emploi de grilles plus rigides (1922).

La lampe TM possède une réputation mondiale et des qualités que les pays étrangers lui envient, mais elle présente l'inconvénient d'une forte consommation du filament (4 volts, 0,7 ampères) alimenté par des accumulateurs lourds et encombrants. Une première tentative pour le remplacement de ceux-ci par des piles est faite en 1921 avec la TW (4 volts, 0,17 ampères). Puis, dès 1922, la Compagnie des Lampes sort le type « Radio-Secteur » RS comportant un gros filament (2,3 volts, 2 am-