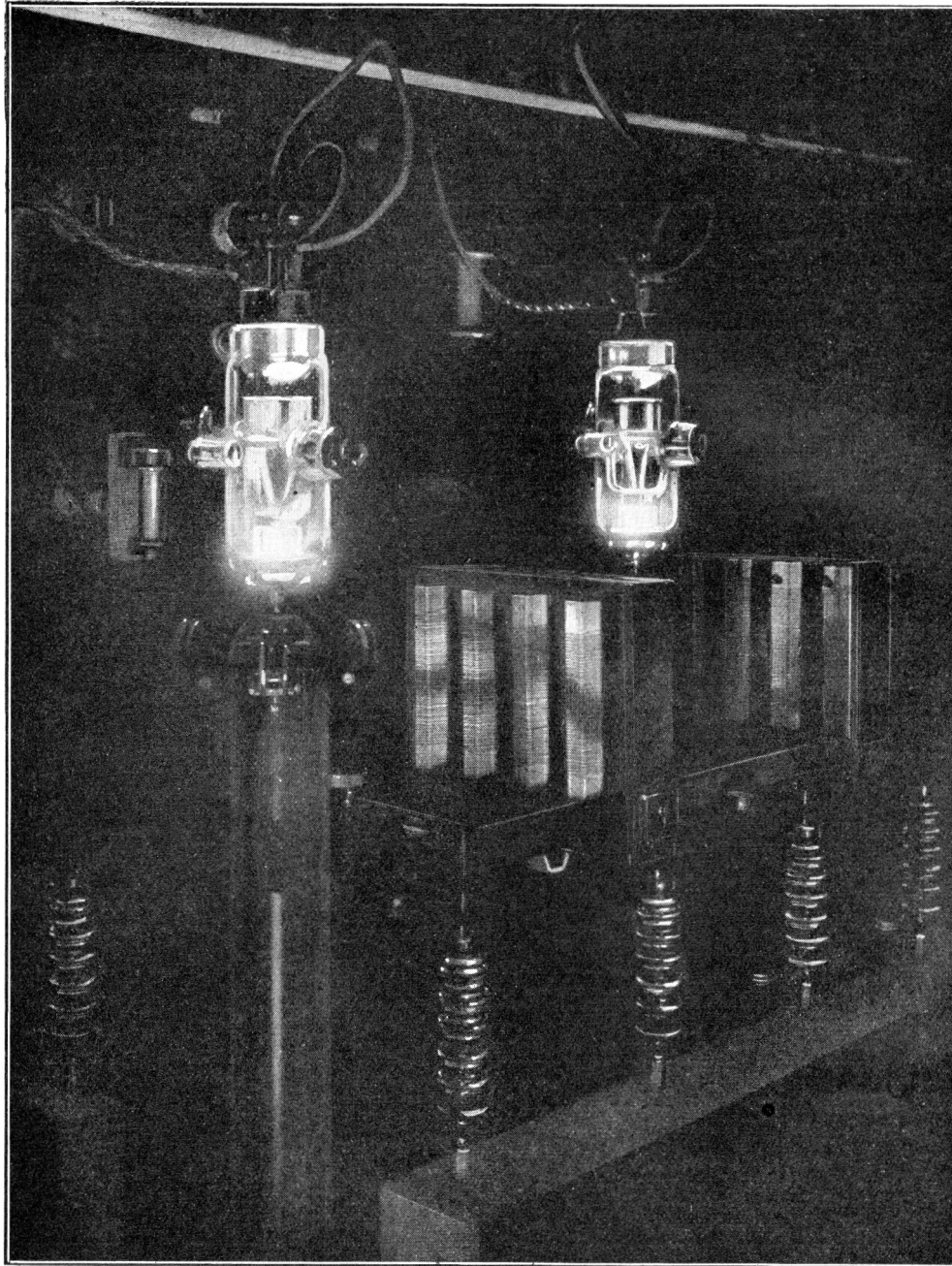




(Photo Philips.)

VOICI LE DERNIER ÉTAGE D'AMPLIFICATION (ÉTAGE DE PUISSANCE) D'UNE STATION DE
RADIODIFFUSION MODERNE ÉQUIPÉE DE LAMPES GÉANTES DE 250 KILOWATTS

De telles lampes à grande puissance sont utilisées notamment par les stations françaises de radiodiffusion d'Etat de Lyon-Tramoyes et de Muret (Toulouse-Pyrénées). Leur étage de sortie comporte quatre lampes géantes de 1 m 50 de hauteur, dont l'anode est refroidie par une circulation d'eau. Deux de ces lampes sont en service courant, les deux autres demeurant en réserve pour éviter toute interruption des émissions. Ces tubes fonctionnent sous une tension anodique de 20 000 V et le courant de chauffage de leur cathode est de 420 ampères, obligeant à refroidir également par une circulation d'eau les bornes du filament,

LAMPES NAINES, LAMPES GÉANTES POUR LES ÉMETTEURS MODERNES DE RADIOPHONIE ET DE TÉLÉVISION

Par Michel ADAM

INGÉNIEUR DE L'ÉCOLE SUPÉRIEURE D'ÉLECTRICITÉ

La lampe triode est, on le sait, issue des recherches et découvertes successives d'Edison, de Fleming et de Lee de Forest, et c'est une banalité d'affirmer aujourd'hui le rôle capital qu'elle a joué depuis vingt ans dans le développement des radiocommunications. Les lampes d'émission, qui, depuis quinze ans, ont pratiquement éliminé tous les autres procédés de génération des ondes hertziennes, sont conçues sur les mêmes principes physiques que les lampes réceptrices, bien qu'elles développent en pratique des puissances incomparablement supérieures. Cependant les liaisons radioélectriques diffèrent profondément suivant leur nature, leur portée, leur puissance, leur fréquence. C'est ainsi que l'on construit des émetteurs spéciaux pour radiotélégraphie, radiotéléphonie, radiodiffusion, télévision, pour trafic commercial ou d'amateur, pour recherches scientifiques ou pour la défense nationale. Il existe, d'autre part, des stations pour ondes longues, intermédiaires, courtes, très courtes, ultracourtes, pour ondes décimétriques et même centimétriques. La puissance de ces émetteurs varie depuis une fraction de watt jusqu'à des milliers de kilowatts. Aussi la multiplicité de ces applications se traduit-elle par une grande diversité dans la réalisation des tubes émetteurs dont la puissance s'échelonne depuis les chiffres les plus infimes jusqu'à 300 ou 400 kW. L'évolution actuelle est orientée, d'une part, vers l'augmentation des puissances unitaires pour les très grosses lampes et l'emploi de cathodes nouvelles à grand pouvoir émissif ; d'autre part, vers la création de tubes à grand nombre d'électrodes pour les petites puissances et de lampes de conception spéciale pour les communications par ondes très courtes (télévision). D'immenses progrès ont ainsi été accomplis depuis l'époque, encore proche de nous, où un seul modèle de triode, la petite lampe T. M. de la télégraphie militaire, identique sur les récepteurs et les émetteurs, assurait à elle seule les fonctions d'amplificatrice, de détectrice, de modulatrice et d'oscillatrice.

L'évolution de la lampe d'émission

Au lendemain de la guerre, en 1919, l'émission des ondes entretenues (1), les seules susceptibles de transmettre des modulations aussi complexes que celles de la téléphonie et de la radiophonie, était assurée par la même petite lampe triode T. M., étudiée par les services du général Ferrié, et que l'on utilisait indifféremment pour l'émission et pour la réception. On peut mesurer le chemin parcouru depuis moins de vingt ans en comparant cette petite ampoule sphérique, qui tenait dans le creux de la main, avec nos lampes d'émission actuelles de quelques centaines de kilo-

watts, qui ne mesurent pas moins de 2 m de hauteur !

Un tel progrès ne s'est pas accompli en un jour. La petite lampe triode, à laquelle on appliquait, par accumulateurs, les tensions de 4 et 80 V pour la réception, était poussée pour l'émission jusqu'à 6 V pour le chauffage et à 300 à 400 V pour la tension anodique. Mais sa longévité s'en ressentait.

Pour augmenter la puissance, on chercha d'abord à accroître les dimensions du tube. Mais on n'alla pas loin dans cette voie, car les lampes à ampoule de verre les plus puissantes ne peuvent guère dissiper qu'une puissance de 1,5 à 2 kW sur leur anode (1).

(1) Les ondes entretenues s'opposent aux ondes amorties émises en trains d'ondes successifs, toujours très brefs dans lesquels l'amplitude de l'oscillation tombe rapidement à zéro au bout d'un petit nombre de périodes. Avec les ondes entretenues, émises d'une manière continue, l'amplitude demeure constante en l'absence de modulation.

(1) L'anode (plaque) d'une lampe d'émission s'échauffe parce qu'elle est frappée par les électrons formant le courant anodique, et parfois aussi parce qu'elle est exposée au rayonnement thermique des autres électrodes. Pour que la température ne s'élève pas au-dessus de la limite imposée par la construction (dégagement de gaz, émission secondaire d'électrons), il faut évacuer cette énergie perdue vers l'extérieur.

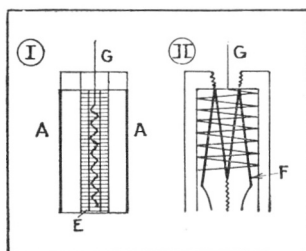


FIG. 1. — DISPOSITION SCHÉMATIQUE DES ÉLECTRODES D'UNE LAMPE A GRILLE-ÉCRAN. I. Vue de profil. — II. Vue de face, sans l'anode, ni la grille-écran. A, anode ; F, filament ; G, grille de commande ; E, grille-écran.

Et ceci au prix de précautions spéciales : l'anode est portée au rouge cerise, et c'est tout juste si elle ne dépasse pas cette température malgré les ailettes de refroidissement. Pour obtenir une puissance notable, on était donc conduit

à monter en parallèle un grand nombre de ces lampes de verre, ce qui n'allait pas sans quelques graves inconvénients, du fait, notamment, des différences existant entre les grandeurs caractéristiques de ces diverses lampes.

Il faut noter que la plupart des progrès dont ont bénéficié les lampes de réception, notamment la cathode à chauffage indirect, les grilles-écrans et les grilles d'arrêt (1), n'ont pu, en général, être appliqués aux tubes d'émission en raison des difficultés de construction résultant de la puissance considérable mise en jeu (2).

Néanmoins, en 1923-1924, un grand perfectionnement survint dans la construction des lampes d'émission : la dissipation de chaleur par circulation d'eau froide contre l'anode. Mais il fallut préalablement résoudre un problème mécanique : la soudure du métal et du verre, car le manchon métallique de la circulation d'eau, qui constitue l'anode, doit être soudé à l'ampoule de verre.

Ce nouveau mode de refroidissement, qui dissipe 15 à 20 fois plus d'énergie que le refroidissement normal dans l'air, a permis de porter d'emblée la puissance de 2 à 10 kW, avec une tension anodique de 6 000 à 8 000 V, le chauffage du filament absorbant 0,5 kW.

Les difficultés de fabrication s'accroissent en fonction de la puissance. Il faut rechercher un verre et un métal dont les coeffi-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 199, page 19.

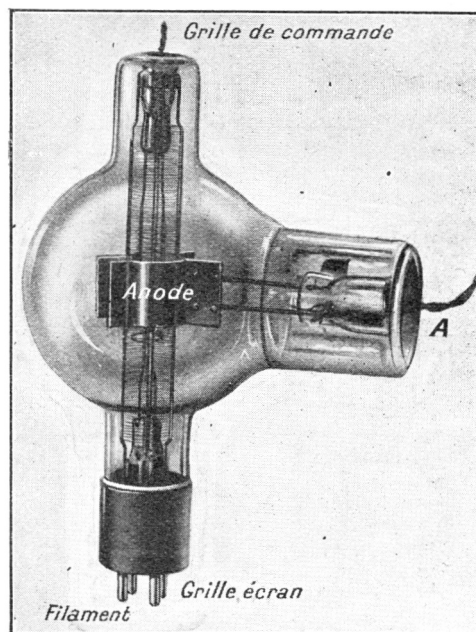
(2) On caractérise généralement une lampe d'émission par sa *puissance de dissipation*, c'est-à-dire par la puissance qui peut être dissipée sous forme de chaleur par son anode. Pratiquement, la puissance d'une lampe d'émission en exploitation radiotélégraphique ou radiotéléphonique est très supérieure à sa puissance de dissipation : elle peut même atteindre le double ou le triple, selon le régime adopté pour l'oscillation ou l'amplification.

cients de dilatation sont identiques, tenir compte des efforts mécaniques résultant aussi bien des variations de température que des attractions diélectriques dans des champs électriques intenses. Progressivement la puissance s'éleva à 25 kW avec des tensions anodiques de 12 000 V.

Or, déjà, les stations de radiodiffusion réclamaient des puissances de haute fréquence dans l'antenne (1) de l'ordre de 100 à 150 kW, ce qui implique près de 300 kW lors des « pointes » de modulation. Le problème fut provisoirement résolu par l'emploi de postes émetteurs associant en parallèle douze à vingt-quatre lampes de puissance. Mais on se heurtait aux inconvénients signalés plus haut pour les lampes en verre, cette association en batterie réduisant la performance de chacun des tubes.

Vers 1931, les laboratoires L.M.T. et les usines de « La Radiotechnique » construisirent les premières lampes françaises de 100 kW.

(1) La puissance dans l'antenne est définie comme le produit du carré de l'intensité au ventre de courant par la résistance de l'antenne.



(Photo Philips)

FIG. 2. — TUBE D'ÉMISSION A GRILLE-ÉCRAN DE FAIBLE PUISSANCE (75 WATTS)

Ce tube en verre à quatre électrodes comporte un culot à broches assurant les sorties du filament et de la grille-écran ; la sortie de la grille de commande est pratiquée au sommet et celle de l'anode latéralement, en A. Les ailettes de l'anode accélèrent la dissipation de la chaleur.

Depuis on a construit des lampes de 130 kW, dissipant sur leur anode, portée à 20 000 V, une puissance de 90 kW. Le seul filament de chauffage absorbe une puissance de 9 kW. La « pente » de la lampe, de 10 à 30 mA par volt, permet d'obtenir une amplification considérable. Le courant anodique atteint 100 A et le refroidissement par circulation d'eau n'absorbe pas moins de 120 litres par minute.

A l'heure actuelle, on construit couramment des lampes dont la puissance peut varier de 200 à 400 kW, selon l'utilisation.

Rappelons aussi, pour mémoire, que, dans le but d'éviter les soudures du verre et du métal, M. Holweck (1) a proposé des lampes démontables pour des puissances de 100 à 500 kW, fonctionnant sous des tensions anodiques de 10 000 à 20 000 V. L'inconvénient de ces lampes réside dans la nécessité d'y entretenir constamment le vide au moyen d'une pompe moléculaire fonctionnant en permanence.

Outre la fabrication des lampes à grande puissance, l'industrie s'est orientée vers l'étude de divers modèles spéciaux convenant à des usages déterminés. Ce sont des lampes à écran et des pentodes de puissance jusqu'à 1 kW, puis des tubes pour des ondes très courtes et pour télévision de l'ordre de quelques mètres, enfin des magnétrons pour l'émission sur ondes encore plus courtes, quasi optiques.

Nous allons donner ci-dessous quelques précisions sur les caractéristiques et sur l'utilisation de ces divers types.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 237, page 233.

Lampes de faible puissance à grille-écran

Il y a déjà longtemps que les effets nocifs de la capacité interne entre les diverses électrodes, notamment entre la grille et

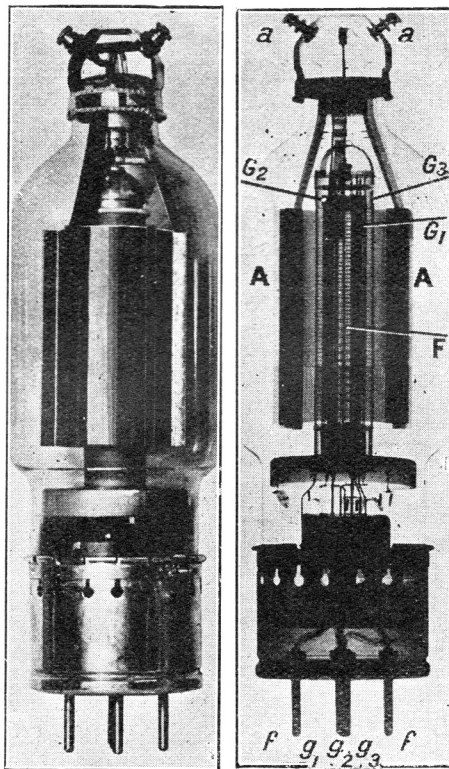
l'anode des lampes de réception, ont été combattus par l'adjonction d'une électrode auxiliaire, dite *grille-écran*, montée entre la grille et l'anode. La diminution de capacité, résultant de cette disposition, a permis d'augmenter le coefficient d'amplification de la lampe. Grâce à l'écran, on réalise une séparation électrique entre la grille et l'anode, qui abaisse la valeur de cette capacité à quelques millièmes de micromicrofarad. Par suite de l'éloignement de l'anode, la résistance intérieure de la lampe est accrue et le facteur d'amplification devient supérieur à 1 000. La figure 1 montre la structure d'une lampe à grille-écran, dont les éléments sont représentés de profil en I, l'anode A étant coupée, et de face en II, après suppression de l'anode A de la grille-écran E; on distingue la grille de commande G et le filament F.

Sur ce principe ont été réalisées des lampes d'émission de petite puissance telles que celle de la figure 2.

Les pentodes de puissance

On peut se demander

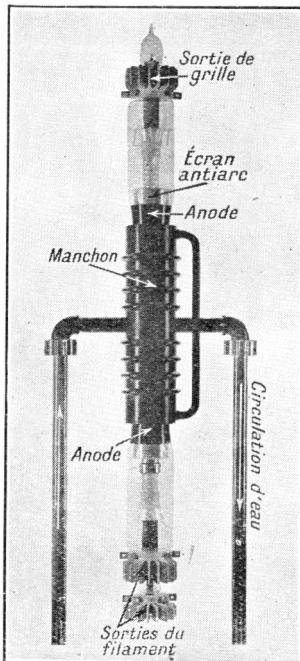
pourquoi la lampe d'émission de puissance en est encore restée pratiquement au stade de la triode, alors qu'en matière de réception, on utilise des lampes à électrodes multiples, depuis les bigrilles et les biplaques, jusqu'aux pentodes, hexodes, heptodes et octodes qui terminent la série, pour le moment du moins



(Photos S. F. R.)

FIG. 3 ET 4. — VUE EXTÉRIEURE ET RADIOGRAPHIE D'UNE PENTODE DE PUISSANCE DE 1 KILOWATT

Les électrodes sont dissimulées au centre de l'anode cylindrique à ailettes de refroidissement qui aboutit au sommet de l'ampoule. Les connexions de filament, grille-écran, grille de commande et grille d'arrêt aboutissent aux broches du culot. La radiographie, pratiquée d'une manière courante pour la vérification de la fabrication, met en évidence les diverses électrodes : anode A, grille de commande G₁, grille-écran G₂, grille d'arrêt G₃, filament F; les sorties se font respectivement en a au sommet de l'ampoule et sur le culot en f, g₁, g₂ et g₃.



(Photo L. M. T.)

FIG. 5. — TRIODE DE 80 kW DE PUISSANCE DISSIPÉE

On aperçoit au centre le manchon de circulation d'eau recouvrant l'anode, avec ses deux tubulures. En haut, l'ampoule renfermant la sortie de grille, avec réfrigérateur à ailettes ; en bas, les sorties du filament, également munies de réfrigérateurs à ailettes. Au delà des soudures verre-anode, on aperçoit les écrans antiarc.

n'avait pratiquement pas dépassé 150 W, ce qui est bien faible comparativement aux 400 kW des triodes.

Cependant les tubes émetteurs à grilles multiples présentent un grand intérêt pour les émetteurs mobiles et transportables. Leur meilleur rendement permet d'abaisser à la fois le prix de revient, l'encombrement et le poids du matériel, comparativement à un émetteur à triodes. La pentode de puissance doit aussi trouver son utilisation normale pour les étages d'amplification intermédiaires des grandes stations fixes.

Vers la fin de 1937, la *Société Française Radioélectrique* a mis au point une pentode capable de débiter, avec une bonne modulation, une puissance utile de 1 kW (fig. 3). Cette pentode, de type intermédiaire entre les amplificatrices à haute fréquence et les pentodes de puissance, possède un rende-

ment en énergie appréciable. On peut même l'utiliser pour les ondes courtes, à la condition de réduire sa tension anodique à 2 500 V environ.

Cette lampe est un tube de 16,5 cm de diamètre et de 55 cm de hauteur. Les cinq broches du culot correspondent aux connexions de la cathode, de la grille-écran, de la grille de commande et de la grille d'arrêt. La valeur élevée de la tension anodique (3 000 V en régime normal) oblige à pratiquer la sortie d'anode par le sommet de l'ampoule. Les réactions à l'intérieur de la lampe sont évitées au moyen d'un écran interne qui sépare le circuit d'entrée du circuit de sortie.

Remarque intéressante : la cathode à oxydes est chauffée par 6 A sous 12 V, alors que, normalement, ce type de cathode ne sert qu'à la réception. Le filament est formé d'une âme en tungstène recouverte d'un



(Photo Philips.)

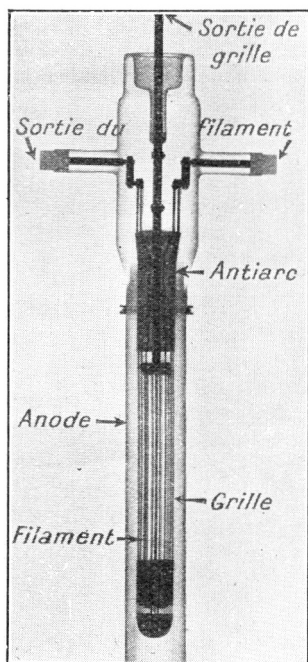
FIG. 6. — CETTE TRIODE DE 250 kW A CIRCULATION D'EAU MESURE ENVIRON 1 M 50 DE HAUT

enduit de carbonates de baryum et de strontium, et bobiné en tambour le long des génératrices d'un cylindre de grand diamètre. Les grilles qui entourent la cathode sont assez rapprochées et, par suite, très efficaces. Ce sont des hélices cylindriques enroulées sur des supports sur lesquels elles sont maintenues par des entretoises isolantes à faibles pertes en haute fréquence. L'anode est un cylindre de nickel noirci, ce qui augmente le pouvoir émissif de la surface radiante. La dissipation de chaleur est assurée par des ailettes.

La figure 4, qui est la radiographie de la pentode, montre nettement la disposition de ses diverses électrodes et de leurs connexions. D'ailleurs, les lampes d'émission sont toujours radiographiées après fabrication, afin qu'on puisse vérifier leur montage.

La pentode peut aussi être employée comme modulatrice, cette fonction étant confiée à la grille d'arrêt, c'est-à-dire à la grille la plus voisine de l'anode, et qui reçoit une polarisation négative pour repousser l'émission électronique secondaire de l'anode.

La pentode peut dissiper 600 W par l'anode et 100 W par la grille-écran.



(Photo S. F. R.)

2 m/s). L'anode est constituée par un cylindre de cuivre strié intérieurement pour éviter le rayonnement de la chaleur vers la grille. La cathode (filament) est formée par huit boucles de fils de tungstène montées en parallèle absorbant chacune 88 A sous 35 V. Les sorties de grille et du filament sont également munies d'une circulation d'eau.

Son courant cathodique maximum est de 0,7 A.

Lorsqu'elle fonctionne en amplificatrice à haute fréquence sur l'onde de 40 m, la pentode a une puissance maximum de 1 300 W sur la plaque, une puissance utile de 800 W et un rendement de 63 %.

Cette lampe prouve qu'en ondes longues et moyennes on peut engendrer une puissance de 1 kW avec un bon rendement, en ne dépensant que peu de puissance pour l'excitation et la modulation.

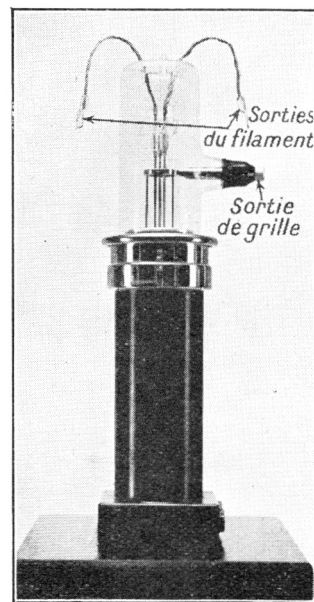
FIG. 7. — RADIOGRAPHIE D'UNE LAMPE D'ÉMISSION DE 350 kW

Cette lampe ne mesure pas moins de 2 m de hauteur et le débit de l'eau nécessaire à son refroidissement atteint 200 litres à la minute (vitesse de circulation dans le manchon entourant l'anode :

Triodes de grande puissance

Le développement des lampes de grande puissance remonte, comme nous l'avons indiqué plus haut, à l'application du refroidissement par circulation d'eau et de la soudure de l'ampoule de verre sur l'anode de cuivre. L'une des premières triodes de ce genre fut réalisée par la « Western Electric Co », en 1921.

La fabrication des tubes s'est perfectionnée depuis quinze ans par l'amélioration constante de la qualité des matériaux utilisés, qui doit être excellente et très régulière. Il a fallu mettre au point des méthodes spéciales pour le traitement des matières premières et pour le pompage, qui garantissent la sécurité du fonctionnement. L'« ennemi n° 1 », ce sont les dégagements gazeux, provenant des gaz occlus. A ce propos, soulignons que les opérateurs qui montent les lampes ne doivent toucher à l'ampoule et aux électrodes qu'avec des gants de tissu,



(Photo L. M. T.)

FIG. 8. — LAMPE D'ÉMISSION POUR TÉLÉVISION

Cette lampe, dont la puissance anodique dissipée est de 20 kW, possède une sortie de grille latérale pourvue d'une circulation d'eau que n'ont pas les sorties du filament. Des précautions spéciales sont prises pour réduire au minimum les capacités internes entre électrodes. Cette lampe peut osciller normalement sur 5 m de longueur d'onde.

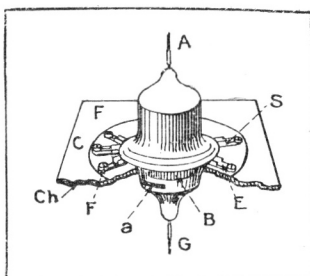


FIG. 9. — POUR L'ÉMISSION DES ONDES DÉCIMÉTRIQUES, VOICI UNE PENTODE-GLAND SUR SON SUPPORT

A, anode ; G, grille de commande ; B, blindage intérieur ; E, écran ; C, cathode ; Ch, châssis ; a, anneau extérieur ; F, filament ; S, grille d'arrêt (suppresseur). Les électrodes sont disposées de façon à réduire au minimum les capacités internes. Une telle lampe ne peut donner à l'émission qu'une puissance inférieure à 1 W.

par l'accroissement de la marge de sécurité. Les tubes susceptibles de donner normalement aux essais des puissances de sortie de 200 à 400 kW en haute fréquence ne sont utilisés en fait que pour 100 et 200 kW respectivement. Grâce à ces mesures, la longévité des lampes d'émission peut atteindre actuellement 10 000 heures.

L'écueil de la formation des tubes peut être évité à présent. La tension de service peut être appliquée à chaque lampe sans période préparatoire comportant une montée progressive de la tension. L'étude spéciale des circuits de circulation d'eau a permis de supprimer la corrosion des anodes ou les dépôts de tartre.

La figure 5 montre l'aspect d'une triode L. M. T. dont la puissance de dissipation est de 80 kW. Au milieu se trouve l'anode entourée du manchon cylindrique en cuivre pour la circulation d'eau, dont on aperçoit de chaque côté les tubulures. A la partie supérieure, la sortie de grille, avec un collier de refroidissement à ailettes. A la partie inférieure, la sortie du filament avec un double collier. Les extrémités de l'anode sont visibles dans sa partie évasée où elles sont soudées avec les ampoules de verre. A l'intérieur, une armature cylindrique formant écran protège la soudure contre les grandes variations de tension.

Le chauffage du filament absorbe 240 A sous 25 V. La lampe peut « descendre »

lavés tous les jours. Le moindre dépôt de transpiration ou de graisse entrave considérablement le vidage des ampoules.

Les filaments, préparés avec le plus grand soin, sont l'objet d'études métallographiques poussées.

Ces procédés ont permis d'augmenter considérablement la puissance des lampes,

jusqu'à 13 m de longueur d'onde environ, donnant encore en téléphonie sur cette longueur d'onde une puissance de sortie de 90 kW (modulation 100 %).

On produit couramment des tubes dont la puissance atteint plusieurs centaines de kilowatts (fig. 6).

Tout récemment, la *Société Française Radioélectrique* a construit une triode amplificatrice de 350 kW dont nous reproduisons la radiographie sur la figure 7. L'anode est alimentée sous une tension de 18 000 à 20 000 V. La difficulté de fabrication provient à la fois des phénomènes parasites et de la température élevée qui apparaissent lorsqu'on met en jeu des puissances considérables. Ainsi, le courant de chauffage crée un champ magnétique intense qui dévie les électrons. La grille n'est plus seulement une électrode statique ; elle est traversée par un courant notable, d'où température anormale et baisse de rendement. A la faveur de ce dégagement de chaleur, la grille libère les gaz occlus dans le métal et émet un rayonnement secondaire. Plus de 10 kW de puissance perdue doivent être rayonnés par la grille, sans compter l'énergie irradiée par la cathode. Sur les 170 A du courant de saturation émis par la cathode, la grille absorbe à elle seule 20 A.

La lampe de 350 kW mesure plus de 2 m de hauteur. Le débit de la circulation d'eau est de 200 litres par minute, ce qui correspond à une vitesse de 2 m par seconde dans la chemise anodique, car, ce qui importe, ce n'est pas la masse d'eau totale, mais la

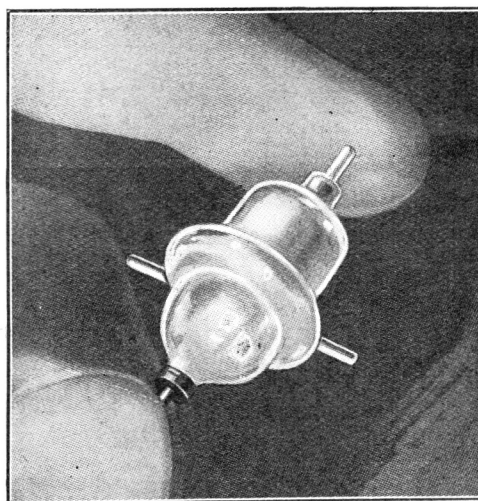


FIG. 10. — ASPECT EXTÉRIEUR DE LA LAMPE PENTODE-GLAND POUR ONDES ULTRA-COURTES

surface de liquide qui vient à chaque seconde en contact avec les pièces à refroidir.

L'anode est un cylindre de cuivre strié intérieurement pour éviter la réflexion de la chaleur vers la grille. Un écran limiteur d'échauffement la prolonge vers l'ampoule et empêche le bombardement du verre par le flux cathodique. Des surfaces de garde spéciales, convenablement réparties sur l'anode et sur la grille, évitent les gradients de potentiel élevés et les amorçages d'arcs.

La grille, hélice de fil métallique réfractaire, est terminée par deux manchons cylindriques formant anode de diode et qui réduisent l'émission secondaire de la grille.

La cathode est formée par huit boucles de fils de tungstène montés en parallèle, chaque boucle absorbant 88 A sous 35 V. Les conducteurs sont tendus par le poids d'un disque fixé à la partie inférieure. Les entrées de courant sont des tubes de molybdène soudés au verre et refroidis intérieurement par une circulation d'eau de 1,5 litre par minute.

La lampe de 350 kW, spécialement étudiée pour les besoins de la radiodiffusion, peut être montée sur toutes les stations à grande puissance. Plus la longueur d'onde est courte et plus la circulation d'eau doit être rapide. Le tube fonctionne en amplificateur à haute fréquence de la classe B (1), avec une distorsion totale de 7 % environ pour un taux de modulation de 100 %. Les tubes sont montés symétriquement en « push-pull », ce qui élimine les harmoniques de

(1) Dans l'amplification dite « de classe B », la tension de polarisation de grille est réglée à la naissance du courant anodique. Seules les alternances positives de la tension de grille donnent donc lieu à un courant anodique.

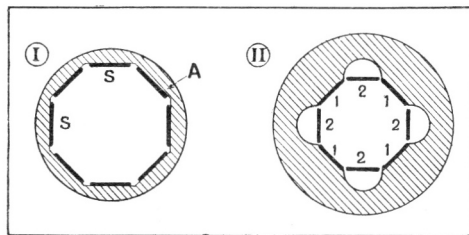


FIG. 11. — COUPE SCHÉMATIQUE DE DEUX TYPES D'ANODES DE MAGNÉTRONS UTILISÉS POUR L'ÉMISSION D'ONDES DÉCIMÉTRIQUES I, segmentation uniforme : les divers segments anodiques S, vus en coupe, sont soudés à l'anneau terminal A. — II, segmentation alternée : les divers segments anodiques sont réunis alternativement à l'un des anneaux terminaux (1) et à l'autre (2). Ces anneaux sont reliés à la source de tension positive anodique.

rang pair. La puissance anodique commandée est 30 fois plus grande que la puissance de commande sur la grille.

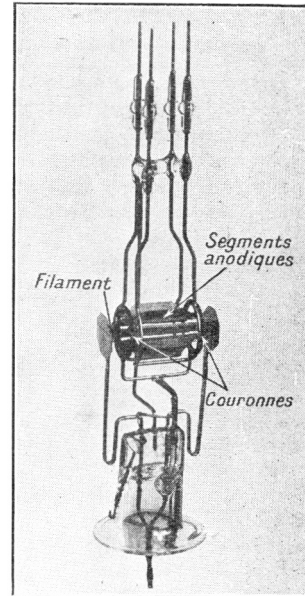
Les lampes spéciales pour la télévision

A la difficulté de produire de grandes puissances s'ajoute celle inhérente aux ondes très courtes, de l'ordre de 5 m environ. Ainsi,

pour la nouvelle station de télévision de la Tour Eiffel, inaugurée en avril 1938, dont la puissance de sortie est de 30 kW pour une onde de 6,52 m (46 mé-

gahertz), il a fallu étudier des tubes de faible impédance et de faible capacité. Sur les ondes très courtes, les différents organes des lampes et leurs connexions présentent, en effet, des inductances et des capacités dont les effets ne sont pas négligeables par rapport aux éléments des circuits oscillants. C'est pourquoi on ne peut envisager la lampe toute seule, parce qu'elle forme un ensemble avec les inductances et capacités montées avec elle sur le châssis. Il faut donc intégrer aux circuits oscillants les éléments de la lampe.

La figure 8 montre une triode L. M. T. spéciale pour télévision, dont la puissance anodique dissipée peut atteindre 20 kW et la fréquence maximum d'utilisation 60 mégahertz, soit 5 m de longueur d'onde. Son filament absorbe 61 A sous 21 V. Elle se distingue des autres tubes par la disposition mieux dégagée de ses électrodes. Il faut, en effet, tenir compte de la largeur considérable de la bande passante des fréquences de modulation en télévision.



(Photo S. F. R.)

FIG. 12. — COMMENT SONT MONTÉES LES ÉLECTRODES D'UN MAGNÉTRON

Les segments anodiques, supportés par des colliers, aboutissent alternativement aux deux couronnes terminales. Le filament est tendu dans l'axe de l'anode. Les connexions de l'anode partent vers le haut; celles du chauffage, par le pied de verre.

Lampes pour ondes ultra-courtes : lampes-glands et magnétrons

On se heurte à des difficultés encore beaucoup plus grandes lorsqu'il s'agit de descendre aux ondes décimétriques. On a construit à cette fin des lampes minuscules, qu'en raison de leur forme et de leurs dimensions on nomme *lampes-glands* (*acorn tubes*). On a représenté, sur la figure 9, une pentode-gland. Les électrodes sont disposées de manière à réduire au minimum les capacités internes. Les sorties sont faites au moyen de broches radiales qui sortent d'un bourrelet annulaire ceinturant l'ampoule. A vrai dire, ces lampes ne donnent à l'émission qu'une puissance infime, nettement inférieurs à 1 W.

Industriellement, on emploie plutôt les *magnétrons* pour engendrer les ondes décimétriques. Dans ces tubes, le flux électronique émis par la cathode est dévié par un champ magnétique auxiliaire, qui joue en quelque sorte le rôle de grille. Dans certaines conditions de tension anodique et de champ magnétique, des oscillations de très courtes longueurs d'onde naissent spontanément dans le circuit anodique, où elles sont recueillies et utilisées. Ce sont des tubes cylindriques avec filament cathodique coaxial, fonctionnant avec un champ magnétique uniforme dirigé parallèlement à l'axe du cylindre, et donnant des ondes très courtes pour des valeurs faibles de la tension et du champ magnétique. L'anode est subdivisée en segments qui entrent en résonance longitudinalement sur l'onde entretenue.

Le cylindre anodique est divisé en un nombre pair ou impair de segments reliés par un anneau à une extrémité du cylindre (fig. 11, I). Dans un autre type de magnétron, les segments sont reliés alternativement à l'un des deux anneaux fixés aux

extrémités du tube (fig. 11, II), anneaux qui sont eux-mêmes alimentés à la tension anodique. Le premier type de tube fonctionne à peu près en quart d'onde. Par exemple, chaque segment ayant 20 mm de longueur, l'onde engendrée est de 8,3 cm. Les autres tubes obéissent à une loi plus complexe.

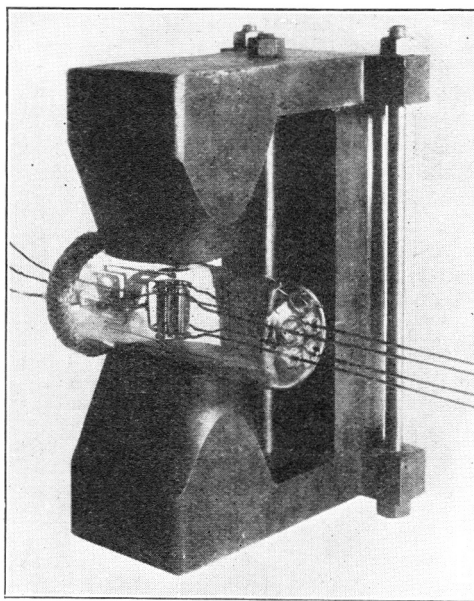
Les magnétrons du premier type fonctionnent sous des tensions anodiques de 730 à

1 200 V, avec un courant anodique de 46 à 80 mA et un champ de 498 à 560 gauss. Les seconds, qui ont un diamètre anodique de 6,4 mm et une longueur de 10 mm, fonctionnent avec une tension anodique de 765 V et un champ magnétique de 430 gauss. La puissance d'alimentation étant de 115 W pour un courant anodique de 100 mA, ils donnent une puissance utile de 10 W avec un rendement de 13 %.

Cette revue nécessairement rapide des principaux types de lampes montre l'extrême richesse des procédés dont on dispose actuellement pour produire des ondes entretenues au moyen des lampes électroniques. Les progrès récemment

accomplis dans cette fabrication ont permis de créer des triodes de très grande puissance susceptibles de fonctionner avec un bon rendement sur les ondes les plus courtes des radiocommunications industrielles. Mais les ingénieurs poursuivent leurs recherches vers les ondes encore plus courtes, de l'ordre du mètre et du décimètre. Des liaisons peuvent être désormais assurées sur ces ondes, bien qu'avec des puissances beaucoup plus faibles que sur les autres gammes. Toutefois, il reste encore beaucoup à attendre de l'application à la technique de l'émission de maints perfectionnements, dont bénéficient les lampes de réception depuis déjà plusieurs années.

MICHEL ADAM.



(Photo S. F. R.)

FIG. 13. — MONTAGE DU MAGNÉTRON DANS UN CHAMP MAGNÉTIQUE

Le magnétron est placé dans l'entrefer d'un aimant permanent de fortes dimensions dont les pièces polaires sont particulièrement développées. Le flux magnétique est dirigé parallèlement à l'axe du filament et des segments anodiques.