

COMMENT ON FABRIQUE UNE LAMPE MODERNE DE RADIOPHONIE

Par L.-D. FOURCAULT

Plus d'une centaine de modèles de lampes de radiophonie sont actuellement sur le marché. Cette multiplicité provient de la recherche du progrès, mais éloigne de plus en plus les constructeurs d'une standardisation qui serait pourtant souhaitable du point de vue du prix de revient. Nombreuses sont les lampes modernes adaptées à des fonctions multiples et dont les dispositifs intérieurs sont singulièrement compliqués, par suite de l'accroissement du nombre des électrodes qui conduit à avoir dix ou onze connexions sur une même lampe. Mais les progrès fondamentaux les plus récents intéressent les cathodes émettrices du flux d'électrons qu'utilisent les autres électrodes. Le tungstène thorié des lampes « micro » cède maintenant la place au nickel, recouvert d'oxydes de métaux alcalino-terreux, plus émissif, mais d'une réalisation plus délicate (les « cathodes anti-crépitanes » à filament spiralé — comme les plus récentes lampes d'éclairage (1) — permettent d'éliminer les bruits parasites provenant d'irrégularités de la surface émettrice). Enfin, grâce à un outillage de précision et à une technique bien étudiée, on parvient à réaliser maintenant des lampes d'encombrement réduit, bien que plus puissantes et moins fragiles, sans oublier, avec une qualité accrue, une augmentation appréciable de la durée de fonctionnement. C'est aussi pour réduire cet encombrement que nous viennent des Etats-Unis les tubes tout métal, dont nous allons parler ci-après. Ces petites lampes peu fragiles sont évidemment utiles pour certaine technique américaine qui monte jusqu'à douze ou quatorze lampes sur un poste récepteur, alors que les constructeurs européens n'utilisent que cinq ou six lampes, mais dont la qualité doit, par suite, être impeccable pour assurer un rendement supérieur.

LA technique et la présentation des postes radiorécepteurs ne paraissent pas présenter de variations bien sensibles cette année. Mais cela ne veut pas dire qu'il n'y a pas de progrès réalisés, et nous allons voir qu'en particulier les fabricants de lampes de T. S. F. continuent à apporter des perfectionnements intéressants à cet élément primordial de la radiophonie. L'examen de ces nouveaux détails intéresse d'autant plus les amateurs que l'intérieur des dites lampes devient plus invisible, les ampoules étant maintenant revêtues d'une couche métallique opaque, au point qu'il est difficile ou même impossible de voir si elles sont allumées.

L'usage a, en effet, démontré que cette « métallisation », facile à réaliser sur la face interne de l'ampoule, constitue un blindage très efficace de la lampe, remplaçant avantageusement le cylindre métallique dont la nécessité s'était révélée auparavant pour protéger la lampe contre les actions perturbatrices des circuits électriques voisins ou extérieurs. Comme, d'autre part, les modifications apportées au filament ont permis de ramener la température de fonctionne-

ment de celui-ci à moins de 1 000 degrés, ledit filament atteint à peine l'incandescence et, par conséquent, reste peu visible, même dans l'obscurité. L'amateur en a d'autant mieux pris son parti qu'il sait que, dans ce cas, la lumière ne sert à rien, mais constitue une dissipation d'énergie coûteuse et destructrice des lampes.

Les principes du fonctionnement des lampes réceptrices ont été exposés en détail ici (1). Rappelons seulement que l'effet constaté pour la première fois par Edison — le bombardement d'une « plaque » métallique par les électrons émis par un filament incandescent dans le vide, et leur contrôle par une grille polarisée — est toujours le phénomène fondamental utilisé. Sans doute, le nombre des organes internes s'est accru depuis la simple triode de la télégraphie militaire, ancêtre de toutes les lampes modernes. Celles-ci forment maintenant une famille d'une bonne centaine de modèles différents, construits suivant des spécifications quelquefois très analogues, mais par des fabricants que la recherche du progrès a jusqu'ici éloignés de la standardisation. Celle-ci ne peut d'ailleurs s'organiser qu'à

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 223, page 5.

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

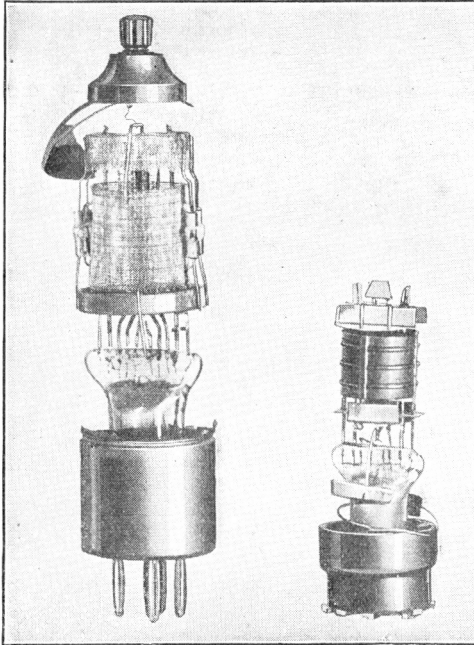


FIG. 1. — COMMENT LE PERFECTIONNEMENT DES MOYENS DE CONSTRUCTION A PERMIS DE RÉDUIRE L'ENCOMBREMENT D'UNE LAMPE DE RÉCEPTION

Les ampoules de verre ont été cassées pour montrer la similitude des organes internes ; les deux lampes E. 446 et A. F. 3, l'ancienne à broches et la nouvelle à culot standardisé, remplissent les mêmes fonctions. On voit que le gain réalisé est environ de moitié en encombrement et matières premières.

partir d'un stade de stabilité qui ne paraît pas encore atteint dans la science radiophonique.

De nombreux essais ont été entrepris, ces derniers temps, par les chercheurs de divers pays, pour s'affranchir notamment de la sujétion du chauffage de la cathode émettrice. En Allemagne et aux Etats-Unis, on poursuit l'étude de tubes à cathode froide, basés sur l'emploi de sels de métaux à émission électronique variable selon l'éclairement, comme dans les cellules photoélectriques déjà utilisées industriellement, et l'on est même arrivé à la lampe

sans filament. Mais il ne s'agit encore que d'essais de laboratoire et, pour le moment, les efforts des constructeurs se portent vers le perfectionnement des habituelles cathodes chauffées.

Pour les nouvelles lampes « tout métal », on se reportera à l'article spécial qui leur est consacré à la page 475 de ce numéro.

La fabrication des lampes de réception modernes nécessite d'ailleurs des machines de plus en plus complexes et perfectionnées, comme celles que montrent les photographies ci-jointes, prises dans une grande manufacture lyonnaise. Par exemple, ces ateliers sont entretenus ici dans un état de climatisation nécessitant des installations très importantes, car la fabrication des filaments et cathodes doit se faire dans une atmosphère constamment entretenue à la même température et siccité. On cite le cas assez typique de toute une fabrication d'une usine américaine qui dut être mise au rebut

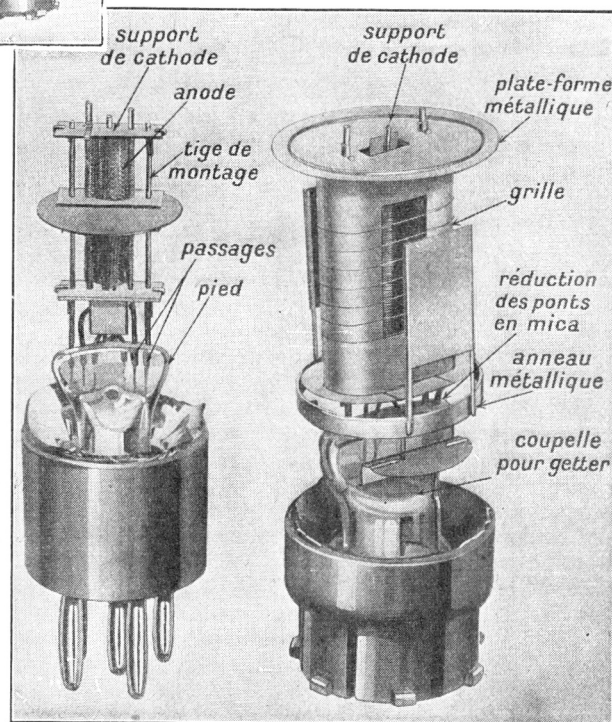


FIG. 2. — LES PRINCIPAUX ORGANES DE L'ANCIENNE LAMPE (A GAUCHE) ET DE LA NOUVELLE (A DROITE) On voit que le montage apparaît bien plus solide dans le nouveau modèle (à droite). Il faut remarquer que celui-ci n'est pas présenté à sa vraie grandeur comparative, montrée par la figure 1. On a agrandi ici la nouvelle lampe, afin seulement de rendre visible les détails de construction.

par suite de l'influence de récentes inondations sur l'état hygrométrique de l'atmosphère.

Les nouvelles cathodes à oxydes

Les lampes à chauffage direct du filament comportaient à l'origine un filament de tungstène porté à l'incandescence, tout comme dans une lampe d'éclairage, par le courant généralement fourni par un accumulateur. La puissance utilisable n'était que de quelques dixièmes de watt, avec une consommation de 7 dixièmes d'ampère. Un premier progrès important fut l'apparition des lampes à faible consommation, dites lampes « micro » ou « miniwatt », dans lesquelles la consommation fut réduite effectivement à 6 ou 7 centièmes d'ampère, soit dix fois moins. Ce résultat a été obtenu par

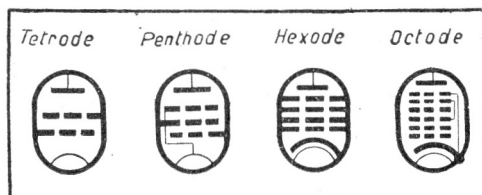


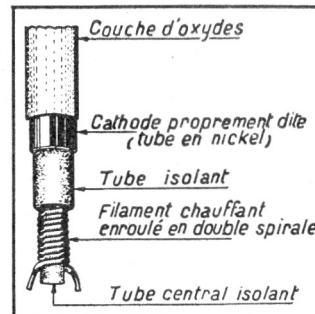
FIG. 3. — SCHÉMAS DES PRINCIPAUX TYPES DE LAMPES DE RÉCEPTION, MONTRANT LA MULTIPLICITÉ DES ORGANES QUI SONT MAINTENANT PLACÉS DANS L'AMPOULE DE MODÈLE RÉDUIT, CE QUI N'A ÉTÉ POSSIBLE QUE PAR DES PROCÉDÉS DE FABRICATION DE PLUS EN PLUS PERFECTIONNÉS

l'emploi de filaments de *tungstène thorié*, c'est-à-dire contenant un léger revêtement de thorium. Ces lampes ont une plus longue durée que celles au tungstène pur ; mais, au bout d'un certain temps, elles cessent de fonctionner par suite de l'épuisement de la couche superficielle de thorium. On n'emploie d'ailleurs plus ce système que pour les lampes de forte puissance, dans les postes d'émission, et avec des filaments de gros diamètre qui assurent jusqu'à 6 000 heures de service.

Mais un progrès plus considérable est maintenant réalisé par l'emploi de *cathodes à oxydes*. Ce procédé, destiné à rendre le filament plus émissif, a été mis en œuvre il y a une dizaine d'années ; mais sa première réalisation, par badigeonnage du filament au moyen d'oxydes alcalino-terreux, ne donna que des résultats imparfaits, par suite du peu de régularité du dépôt ainsi constitué.

Ces métaux rares, notamment le baryum, possèdent, en effet, une remarquable fa-

FIG. 4. — COMMENT EST CONSTITUÉ UN FILAMENT DE LAMPE A CHAUFFAGE INDIRECT, POUR LAMPE TOUTS COURANTS



Le tube isolant est représenté sur cette figure pour explication théorique, car, en pratique, il est maintenant supprimé, un intervalle restant ménagé entre le filament et la cathode.

culté d'émission électronique sous un chauffage, relativement faible, de 800 à 1 000° C. Mais il faut, pour cela, réaliser une composition donnant un équilibre physico-chimique de fonctionnement, entre l'oxyde et le métal, tendant vers la formation du métal. Si ce fonctionnement tend au contraire à la formation de l'oxyde, l'équilibre serait instable et la faculté d'émission régulière d'électrons disparaîtrait vite.

Cette difficulté a nécessité de nombreuses recherches de procédés de fabrication ; mais maintenant ceux-ci sont au point, ce qui a permis l'essor des lampes à chauffage indirect, d'où possibilité de construction des postes « tous courants », qui constituent le dernier mot de la réception radiophonique.

Pour obtenir une couche régulière et homogène d'oxydes sur les filaments, on fait subir à ceux-ci de multiples opérations de trempage, vaporisation, peinture, au moyen d'un carbonate de baryum dilué dans un liquide volatil laissant un

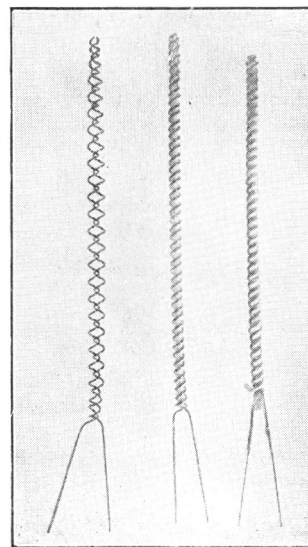
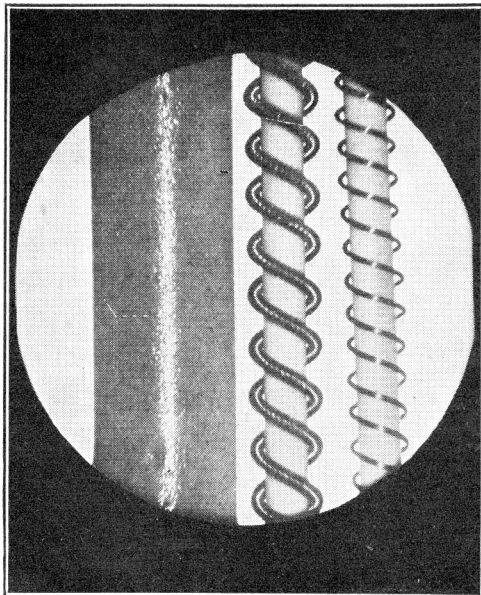


FIG. 5. — FILAMENTS SPIRALS ET A DOUBLE SPIRALE, EN FILS FINS DE TUNGSTÈNE OU DE MOLYBDÈNE



(Cliché Philips.)

FIG. 6. — VOICI, TRÈS GROSSIS : A GAUCHE, UNE CATHODE RECOUVERTE DE SA COUCHE D'OXYDES ; AU CENTRE, UN FILAMENT BISPIRALÉ ; A DROITE, UN FILAMENT SPIRALÉ

dépôt adhérent. Ce procédé permet de donner au filament, qui est maintenant le plus souvent en nickel, les formes les plus favorables pour réaliser des lampes de grande puissance, telles que les valves de redressement. Ainsi préparés, les filaments sont montés dans l'ampoule, et, lorsque le vide est fait, un premier chauffage à haute température transforme la couche de carbonate en oxyde. On conduit l'opération jusqu'à obtention de baryum libre, en équilibre avec son oxyde au moyen de réactions secondaires dans lesquelles intervient la composition métallique du filament.

Dans un autre procédé de fabrication, le baryum est introduit dans la lampe durant une opération de pompage, et vient se déposer sur le filament recouvert d'un oxyde réductible dans le vide.

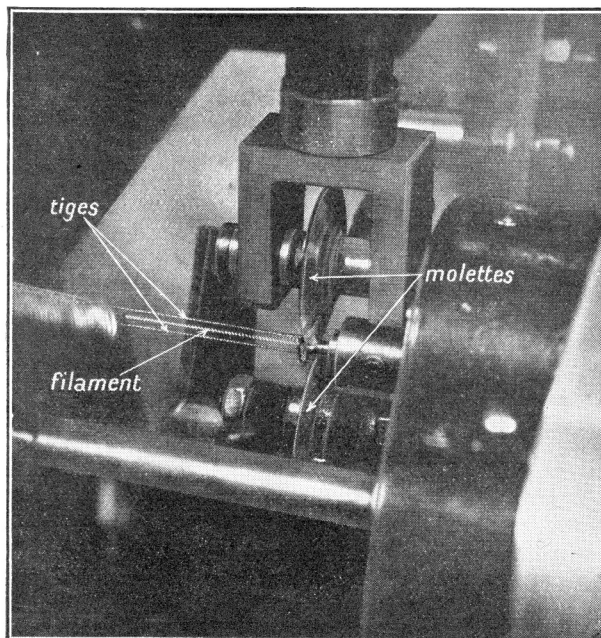
Suivant les diverses destinations des lampes, on a dû adapter le montage des cathodes ou filaments en des

formes variées répondant mieux aux caractéristiques à réaliser.

Le montage des filaments

C'est ainsi que, pour les lampes de réception de faible puissance, les filaments sont disposés en zig-zag, en V, en W ou en Z. Mais le filament doit toujours être fortement tendu et accroché, pour éviter des vibrations qui produisent un bruit microphonique désagréable. Dans les lampes de puissance à chauffage direct et les valves de redressement, le filament est en ruban ; mais, pour éviter le risque de courts-circuits entre les rubans et les électrodes voisines, on dispose leurs plans perpendiculairement à la surface des électrodes.

Dans les lampes à chauffage indirect, l'échauffement de la cathode émettrice est obtenu au moyen d'un filament séparé par un tube isolant, et qui est lui-même porté à l'incandescence par un courant pouvant alors être quelconque (continu ou alternatif). Le seul inconvénient de ce chauffage indirect est qu'il faut un petit moment pour que la chaleur se transmette, et que le fonctionnement de la lampe ne commence qu'après quelques secondes. Ce délai a, du reste,



(Cliché Visseaux.)

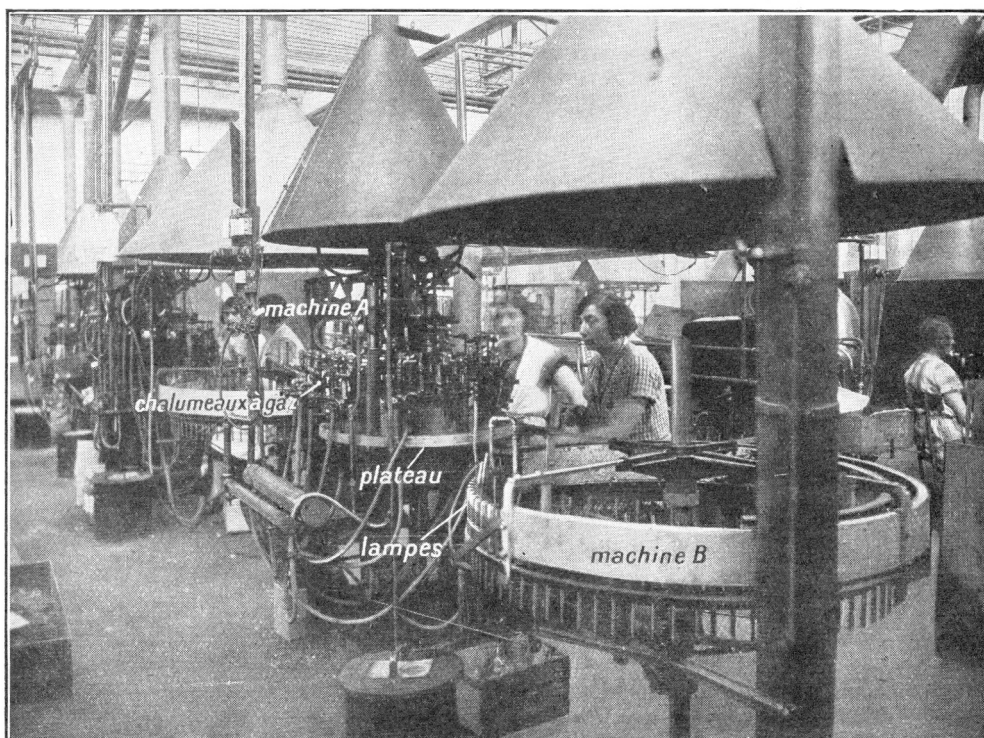
FIG. 7. — CETTE MACHINE EST UTILISÉE POUR LA FABRICATION AUTOMATIQUE DES FILAMENTS SPIRALÉS. Les deux molettes sertissent au passage la spirale du filament sur les deux tiges constituant les supports latéraux.

été réduit, dans les récents modèles, par la suppression du tube isolant, simplement remplacé par un petit espace d'air (fig. 4).

La mise en service de ces nouvelles cathodes n'a, d'ailleurs, pas été sans nécessiter de nombreuses mises au point. C'est ainsi qu'un phénomène de crépitement désagréable s'est quelquefois révélé dans le haut-parleur.

Indépendamment du manque de rigidité

ner un rapide exposé, les lampes de réception ont vu leurs dispositifs intérieurs singulièrement compliqués par l'adaptation d'une même lampe à des fonctions multiples. Le schéma de la figure 3 montre l'accroissement des électrodes, qui conduit à avoir jusqu'à dix ou onze connexions sur une même lampe, sans que l'encombrement de celle-ci soit augmenté. Il en est résulté des



(Cliché Visseaux.)

FIG. 8. — VOICI UN GROUPE DE MACHINES POUR LA FABRICATION DES PIEDS DE LAMPES

Une machine A reçoit le tube initial en verre, et sur le plateau tournant sont introduits au passage les différents fils de la lampe. Des chalumeaux à gaz sont conjugués avec des pinces qui opèrent automatiquement le serrage et l'aplatissement du pied de la lampe. Enfin soudées, mais encore ouvertes à l'air, les lampes sont placées sur le tambour circulaire de la machine B, où elles subissent un premier étuvage.

des filaments, ces bruits parasites provenaient d'irrégularités du dépôt ou de la surface émettrice, ou même de contacts irréguliers de la gaine isolante du chauffage. On a été ainsi conduit à l'établissement de la cathode anti-crépitante, constituée par un filament spiralé analogue à celui des plus récentes lampes d'éclairage (voir fig. 6).

La disposition des électrodes à l'intérieur de la lampe

En outre du perfectionnement fondamental des cathodes, dont nous venons de don-

ner des dispositions constructives nouvelles, comme des ensembles d'électrodes de forme aplatie. Par suite de la puissance relativement grande à dissiper sur les plaques, on constitue celles-ci en treillis métallique, ce qui favorise le refroidissement. Il existe même des modèles d'anodes munies d'ailettes spéciales de refroidissement.

Certains modèles, comme la « double-diode », contiennent, en réalité, deux dispositifs superposés, et, cependant, la dimension n'est pas supérieure aux autres types. Nous devons, à ce sujet, constater combien

la construction des lampes est faite maintenant avec précision et solidité. Les fabricants sont arrivés, grâce à un outillage de précision et une technique bien étudiée, à réduire l'encombrement des nouvelles lampes, tout en augmentant leur solidité. La diminution de volume permet de réduire les dimensions des postes récepteurs et procure aussi des économies de matière qui ont permis une diminution du prix, malgré l'amélioration certaine de la qualité et de la durée des lampes. Celles-ci n'ont plus la fragilité qu'on leur connaissait — sans la leur reprocher — il y a quelques années. On peut maintenant transporter un poste de T. S. F. sans précautions spéciales. Le temps n'est cependant pas éloigné où, même en auto, l'amateur tenait précautionneusement le poste transporté sur ses genoux pour lui éviter tous cahots. Le « poste auto » est aussi peu fragile que n'importe quel autre accessoire de l'automobile.

Les culots et supports, eux aussi, se sont perfectionnés

C'est dans cette idée de construction donnant toute sécurité aux usagers que les fabricants viennent d'adopter comme standard un nouveau système de connexions. Les systèmes de broches employés jusqu'ici devenaient, en effet, insuffisants et peu pratiques

avec la multiplication des contacts nécessaires pour les lampes à fonctions multiples. On a besoin maintenant de connexions de plus en plus nombreuses, sans qu'une fausse manœuvre puisse avoir pour conséquence de « griller » une ou plusieurs lampes.

Par exemple, pour l'octode ou la penthode

à chauffage indirect il faut : deux connexions pour le filament, une pour la cathode, trois pour les grilles, une pour l'anode. On voit la difficulté de répartir sept broches sur un culot, avec les écarts inégaux nécessaires pour éviter toute erreur de connexions. Sur le nouveau culot, portant des ergots formant contacts avec les lamelles latérales de la douille, cette répartition est effectuée facilement, et la manœuvre est si simple et sûre que la lampe peut être mise en place sans voir son support.

Si l'on ajoute que, malgré ces facilités, le nouveau modèle de culot a un encombrement réduit de moitié

en hauteur sur l'ancien système à fiches, on voit tout l'intérêt que présente une telle standardisation pour la construction des postes. Des essais répétés ont, d'ailleurs, confirmé de meilleures qualités de résistance mécanique, d'isolement électrique et de protection contre les fuites haute fréquence, phénomène qui n'est pas négligeable pour la réalisation d'un poste parfait.

L.-D. FOURCAULT.

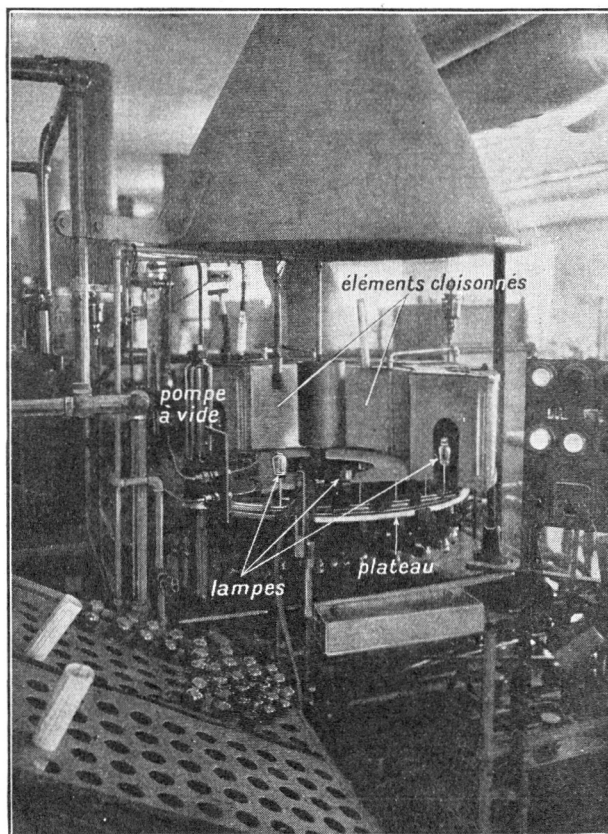


FIG. 9. — VOICI COMMENT S'EFFECTUE A LA MACHINE LE POMPAGE DES AMPOULES

Après leur montage par les machines précédentes (fig. 8), les lampes sont placées sur le plateau de cette nouvelle machine, où elles sont d'abord soumises à l'action d'une pompe à vide. Puis, au passage dans les éléments cloisonnés visibles ici, les ampoules sont soumises successivement à des opérations de dégazage et « désélectrisation » par courants à haute fréquence.