

CE QU'IL FAUT SAVOIR D'UNE STATION D'ÉMISSION DE RADIODIFFUSION

Par Camille GUTTON

MEMBRE DE L'INSTITUT
DIRECTEUR DU LABORATOIRE NATIONAL DE RADIOÉLECTRICITÉ

Les perfectionnements apportés dans la construction des radiorécepteurs (1) ont marché de pair avec les progrès de la technique des émissions radiophoniques. Le public suit généralement cette dernière avec moins d'attention, bien que son rôle soit capital tant du point de vue de la qualité de la réception que de la portée des émetteurs. Au cours de ces dernières années, de nombreuses stations puissantes de radiodiffusion ont été mises en service dans tous les pays du monde. Du seul point de vue technique, leur établissement a soulevé de nombreux problèmes nouveaux pour assurer la stabilité de la fréquence, la réfrigération des lampes, l'alimentation en énergie et en courants microphoniques transmis par câbles spéciaux, etc. Le poste émetteur moderne s'apparente aujourd'hui de plus en plus étroitement, de par les puissances mises en jeu et la sécurité de fonctionnement requise, aux réalisations de la grosse industrie électrique.

Pourquoi les stations assurant les émissions de radiodiffusion doivent être puissantes

POUR que les réceptions de radiodiffusion soient correctes et agréables, il est indispensable que les stations d'émission disposent d'une puissance d'émission très supérieure à celle qui serait nécessaire à l'échange des radiotélégrammes.

Les auditeurs de la radiodiffusion disposent rarement, surtout dans les villes, d'une antenne extérieure bien dégagée et n'utilisent le plus souvent que quelques mètres de fil à l'intérieur d'un appartement. Cette antenne réduite est à proximité des canalisations électriques de lumière et de force motrice, le long desquelles se propagent toutes les perturbations provoquées par l'extinction ou l'allumage des lampes, par le fonctionnement des moteurs; ces perturbations occasionnent des bruits parasites qu'il est impossible de supprimer complètement (2); pour qu'ils ne soient pas gênants, il faut qu'ils restent faibles vis-à-vis de la réception de la station que l'on désire écouter. Cette condition ne peut être satisfaite que si l'action sur le récepteur des ondes émises par la station dépasse beaucoup, en intensité, celle des perturbations parasites. Utiliser des récepteurs de très grande sensi-

bilité ne serait pas un remède, car ceux-ci amplifieraient dans le même rapport les courants utiles et les courants parasites.

Un service de radiodiffusion est ainsi conduit à disposer de stations d'émission de très grande puissance. Les stations du réseau d'Etat français fournissent à leurs antennes une puissance de l'ordre de 100 kW dont la majeure partie est rayonnée dans l'atmosphère.

Etant donné que, même en utilisant des procédés de modulation à bon rendement, les trois quarts au moins de la puissance totale nécessaire au fonctionnement de la station sont perdus dans les organes de redressement du courant alternatif fourni par le secteur et dans l'émetteur lui-même, une station de radiodiffusion emprunte au réseau de distribution d'énergie une puissance qui dépasse 400 kW. C'est celle qui est nécessaire au fonctionnement d'une très importante usine.

La puissante installation électrique que constitue un émetteur de radiodiffusion est une des plus compliquées. Il ne s'agit pas seulement de transformer le courant alternatif du secteur en courant continu pour alimenter des lampes électroniques, puis de faire fournir par celles-ci à l'antenne un intense courant de haute fréquence, il faut encore, à partir du très faible courant issu d'un microphone, commander l'amplitude du courant de l'antenne et effectuer cette

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 255, page 211.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 235, page 47.

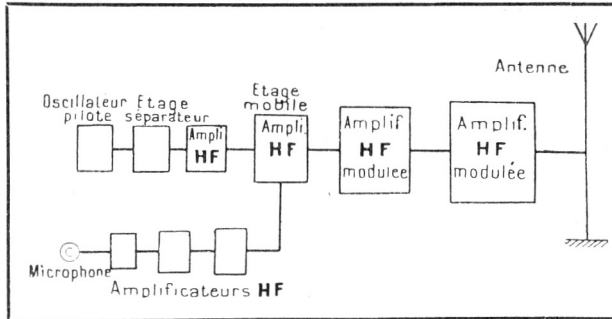


FIG. 1. — SCHÉMA D'UN ÉMETTEUR RADIOPHONIQUE

commande sans introduire de distorsions qui altéreraient la reproduction des sons.

Nous nous proposons d'indiquer, au moins dans leurs grandes lignes, quels sont les éléments essentiels d'une station de radiodiffusion moderne de grande puissance.

L'oscillateur-pilote, régulateur de la longueur d'onde

Il est nécessaire qu'en l'absence de modulation, la fréquence des oscillations de l'antenne et, par suite, la longueur des ondes émises conservent très exactement la valeur assignée à chaque station par les accords internationaux ; les longueurs d'onde de ces stations ont été choisies de telle sorte qu'elles ne se brouillent pas mutuellement. Elles sont si nombreuses qu'il a fallu admettre entre elles l'écart de longueur d'onde qui correspond à la plus petite valeur admissible ; il est donc nécessaire de conserver, avec une grande rigueur, la longueur d'onde prescrite.

Un oscillateur puissant, sans organe de régulation, ne pourrait assurer un fonctionnement aussi stable. Pour l'obtenir, on

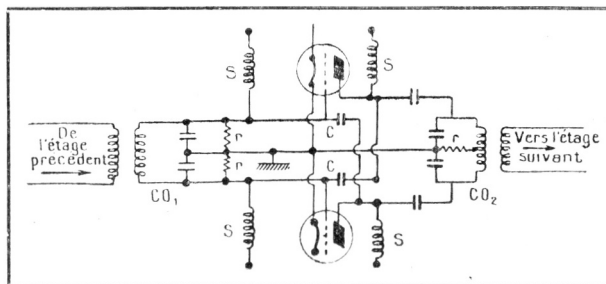


FIG. 2. — SCHÉMA DE MONTAGE D'UN ÉTAGE AMPLIFICATEUR EN HAUTE FRÉQUENCE

Étage symétrique à deux lampes. C O₁, circuit oscillant d'entrée ; C O₂, circuit oscillant de sortie ; S, bobines de choc sur l'alimentation des anodes et des grilles ; r, résistances ; c, condensateurs de neutrodynamie évitant un couplage parasite entre entrée et sortie.

produit des oscillations très régulières, à très faible puissance, avec une petite lampe électronique à laquelle on adjoint un régulateur à quartz piézoélectrique. Cet oscillateur-pilote ne fournit qu'une puissance inférieure au watt. Par une série d'étages amplificateurs, on augmente cette puissance jusqu'à obtenir, à la sortie du dernier étage, la puissance d'une centaine de kilowatts que l'on se propose de fournir à l'antenne.

Ces divers étages augmentent la puissance sans changement de fréquence et sans engendrer eux-mêmes des oscillations de fréquence différente de celles qu'ils reçoivent de l'étage précédent.

On est alors certain que la seule fréquence possible est celle de l'oscillateur-pilote. Cette dernière est très exactement définie par la période des vibrations mécaniques du quartz régulateur. L'élasticité du quartz, et par suite la période de ses vibrations, est fonction de la température ; l'oscillateur-pilote doit donc être enfermé dans un thermostat dont la température est maintenue bien constante.

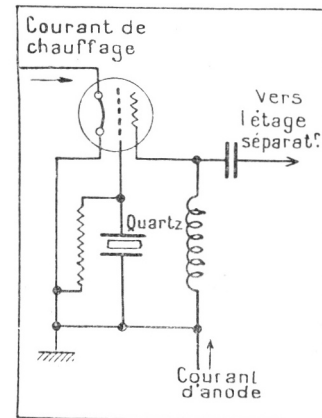


FIG. 3. — SCHÉMA D'UN OSCILLATEUR PILOTE A QUARTZ PIÉZOÉLECTRIQUE

Les étages d'amplification

Les étages d'amplification sont, en principe, montés comme ceux des récepteurs, mais utilisent de plus grosses lampes et mettent en jeu de plus grandes puissances. L'entrée de chaque étage est couplée à la sortie de l'étage précédent ; le dernier étage est couplé à l'antenne. Chaque étage amplifie environ dix fois ; il faut donc faire suivre un oscillateur pilote fournissant 1 W de cinq

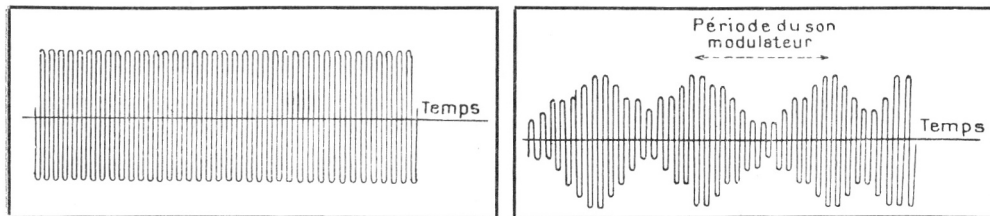


FIG. 4 ET 5. - OSCILLATIONS NON AMORTIES ET LES MÊMES OSCILLATIONS MODULÉES PAR UN SON

étages amplificateurs successifs, si l'on désire obtenir une puissance de 100 kW.

Un système de compensation dit *neutrodyne* annule l'effet d'un couplage parasite entre la sortie et l'entrée d'un même étage et évite l'autoamorçage d'oscillations dans les étages d'amplification.

Pour éviter un retour d'oscillations vers l'oscillateur pilote, on dispose, dès la sortie de ce dernier et avant les étages amplificateurs, un étage supplémentaire dit *séparateur* qui amplifie peu ou point, mais ne permet la transmission de l'énergie que dans le sens convenable.

Les lampes électroniques

Les lampes des petits étages à faible puissance sont des lampes dont les organes sont enfermés dans une ampoule en verre vide d'air; elles ressemblent beaucoup à celles qui sont utilisées sur les récepteurs radiotéléphoniques.

Les lampes de l'avant-dernier étage, qui doivent fournir une dizaine de kW, celles du dernier, qui doivent en fournir une centaine, comportent nécessairement un refroidissement par eau de

leur anode (1). Elles atteignent de grandes dimensions; la hauteur des lampes du dernier étage est de l'ordre du mètre pour un poste d'une puissance de 100 kW.

Le refroidissement est indispensable. Lors-

qu'en effet, une lampe doit amplifier des oscillations de haute fréquence modulées par le courant microphonique, il n'est pas possible, pour des raisons de distorsion téléphonique, de faire fonctionner cette lampe avec un rendement très élevé; ce dernier ne dépasse guère, en général, 30 %. On ne peut atteindre 50 % sur le dernier étage que par l'usage de procédés de modulation récents dont nous dirons quelques mots plus loin.

Une fraction seulement de la puissance fournie à la lampe est restituée en haute fréquence; la plus grande partie est dissipée en chaleur dans la lampe elle-même et la quantité de chaleur qui correspond à la puissance perdue doit être constamment évacuée à l'extérieur pour que la température de la lampe ne dépasse pas celle qui correspond à sa conservation en bon état.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 255, page 171.

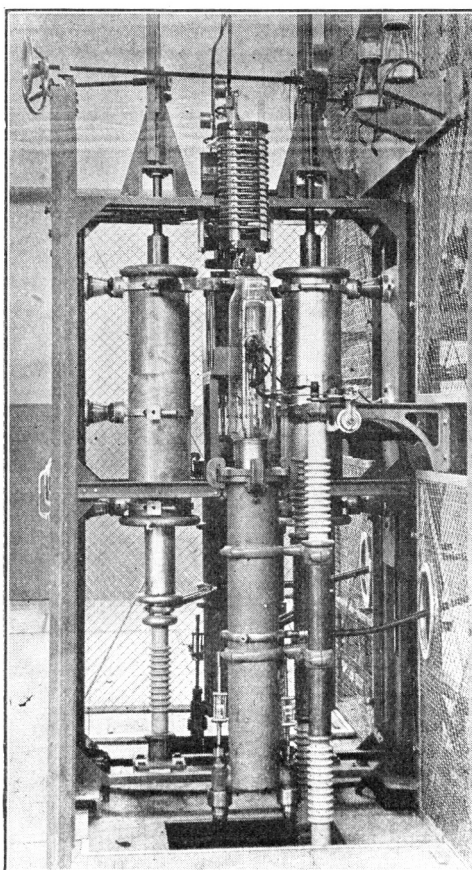


FIG. 6. — VUE PARTIELLE DE L'ÉTAGE D'AMPLIFICATION DE NICE-LA BRAGUE DE 125 kW

On voit au centre du cliché l'ampoule de verre de la lampe; en dessous, le manchon où se trouve l'anode refroidie par un courant d'eau; à droite et à gauche de l'ampoule, les condensateurs de neutrodyne. (Voir schéma de la figure 2.)

Pour un rendement exceptionnellement élevé du dernier étage, 50 % par exemple, et une puissance utile en haute fréquence égale à 100 kW, la puissance à dissiper correspond aussi à 100 kW. La majeure partie de cette dissipation provient du fait que les électrons libérés à la surface du filament et attirés par l'anode atteignent celle-ci avec une très grande vitesse et sont arrêtés par elle en l'échauffant. Une puissance de 100 kW est équivalente à la quantité de chaleur qui échaufferait de 10° par minute 140 litres d'eau.

Pour une lampe sans refroidissement par eau, la chaleur n'est dissipée, à travers la paroi de l'ampoule, que par le seul rayonnement thermique ; une lampe puissante atteindrait donc très vite une température de régime incompatible avec sa conservation normale, si le refroidissement de l'anode n'était pas assuré par un courant d'eau froide.

La lampe est construite de la manière suivante. L'anode est un cylindre de cuivre fermé à sa partie inférieure et ouvert en haut. Le long du bord de l'ouverture est soudé un ballon en verre, à travers la paroi duquel passent les conducteurs qui amènent le courant de chauffage des filaments. Ceux-ci sont constitués par des tiges de tungstène disposées autour de l'axe du cylindre constituant l'anode. La grille est une hélice en fil de molybdène ; elle est intercalée entre les filaments et l'anode ; on la soutient par des tiges portées par le ballon de verre.

La puissance en jeu dans la lampe est le produit de la différence de potentiel entre l'anode et le filament par l'intensité du courant que les électrons transportent dans l'espace vide compris entre ces deux élec-

trodes. On peut augmenter ce courant en augmentant la surface du filament, mais on est limité dans cette voie par le fait que, pour chauffer à la température nécessaire à l'émission électronique, des tiges de trop gros diamètre, il faut une intensité de courant trop considérable et des conducteurs d'arrivée de ce courant de diamètre tel qu'il deviendrait peu commode de les faire passer à

travers la paroi du ballon en verre. Si on ne veut pas dépasser une intensité de courant de chauffage égale à 500 A, il faut, pour obtenir la puissance, admettre de hautes tensions d'anode, 15 000 à 20 000 V.

Le refroidissement de l'anode est assuré en entourant le cylindre qui constitue l'anode d'un manchon en bronze. On fait circuler un courant d'eau dans ce manchon. L'anode étant à tension élevée, pour éviter une importante perte de courant par la canalisation d'eau, il faut, d'une part, utiliser de l'eau distillée peu conductrice et, d'autre part, amener l'eau à l'anode par un long tuyau isolant. On se sert de serpents en caoutchouc ou plutôt en porcelaine (fig. 7).

La pression à l'intérieur de la lampe doit être aussi faible que possible, afin d'éviter

une ionisation du gaz et la production de décharges entre électrodes. La pression dans les lampes est seulement de l'ordre du millionième de millimètre de mercure. La lampe doit donc être vidée longuement et avec le plus grand soin. Il est indispensable, pour que le vide se conserve, que les électrodes aient été chauffées au rouge durant le pompage de la lampe afin d'évacuer tous les gaz occlus dans le métal. Les électrodes doivent être d'une très grande propreté, car les décharges entre électrodes s'amorcent beaucoup plus facilement sur les surfaces salies.

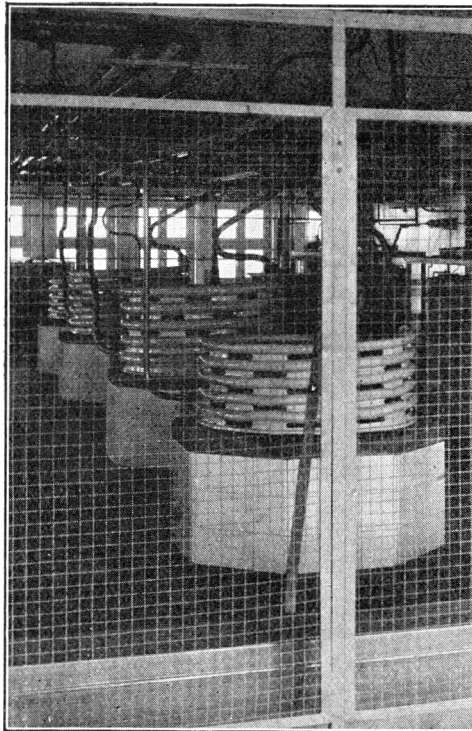


FIG. 7. — VUE PARTIELLE DE LA SALLE DES SERPENTINS EN PORCELAINES OU CIRCULE L'EAU DE REFROIDISSEMENT DES LAMPES D'ÉMISSION DE LA STATION DE LILLE-CAMPLIN
L'émetteur est situé à l'étage supérieur.

La modulation téléphonique

Ayant obtenu des oscillations d'amplitude constante de l'antenne, il faut faire varier périodiquement leur amplitude, la fréquence de variation de cette amplitude étant celle des vibrations sonores à transmettre. Ces vibrations sont produites devant le microphone par un orchestre ou par la voix humaine ; elles sont de nature très complexe et résultent de la superposition d'un grand nombre de vibrations simples d'intensités relatives et de fréquences très variées.

Durant une vibration sonore, l'amplitude des oscillations modulées de l'antenne passe d'une valeur maximum à une valeur minimum et on appelle *profondeur de modulation* le rapport de la différence de ces deux amplitudes à leur somme.

Pour une reproduction correcte, sans distorsion, il faut que la modulation des oscillations de l'antenne soit faite par un procédé tel que les deux conditions suivantes soient respectées.

Il faut que, pour des sons de même hauteur mais d'intensités variées, la profondeur de modulation soit proportionnelle à l'élongation des vibrations sonores qui atteignent le microphone ; que, d'autre part, des sons de même intensité mais de hauteurs différentes produisent la même profondeur de modulation.

La modulation, par le courant microphonique, des oscillations de l'antenne est

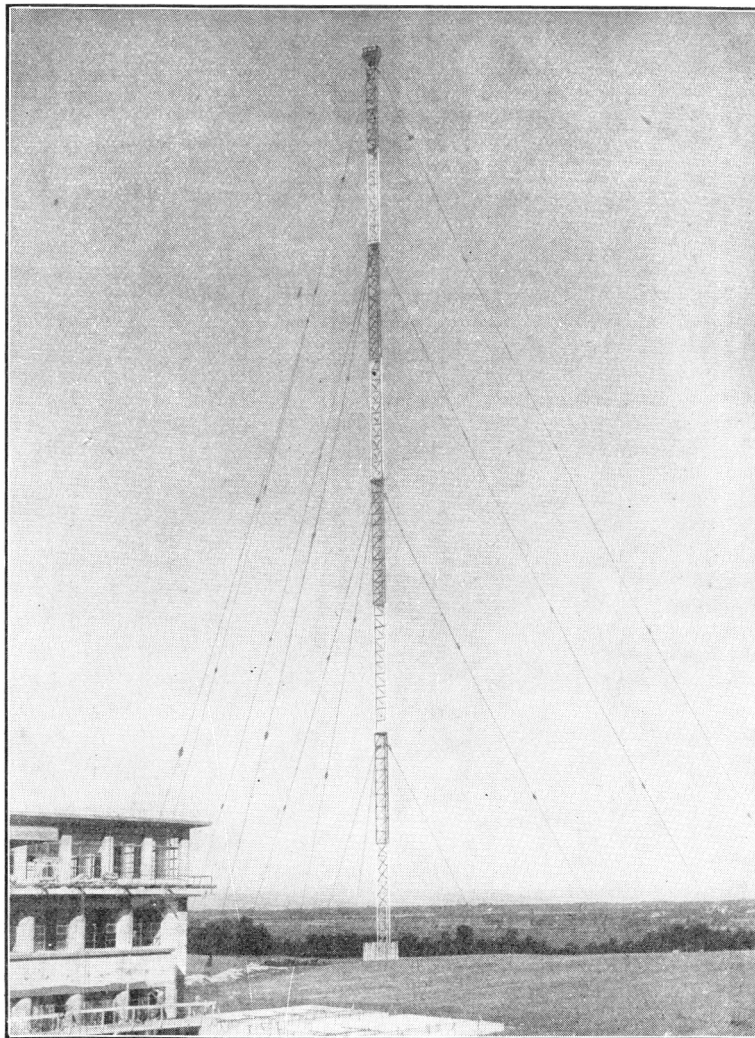


FIG. 8. — PYLONE D'ANTENNE DE L'ÉMETTEUR DE LYON-TRAMOYES
Cette station émet sur 463 de longueur d'onde avec une puissance de 120 kW.

done une opération délicate. Elle doit être très soigneusement réglée, car c'est d'elle que dépend l'exactitude de reproduction des sons à transmettre.

Le procédé de modulation le plus habituellement utilisé consiste à faire varier la tension de grille ou la tension d'anode de la lampe triode d'un étage en ajoutant à la tension constante qui alimente cette électrode, une tension variable de même forme que le courant microphonique. On l'obtient en faisant passer ce courant convenablement amplifié dans le primaire d'un transformateur dont le secondaire est intercalé sur le

circuit de la grille ou de l'anode. On préfère, en général, produire la modulation par variation de tension de cette dernière électrode.

Pour que la modulation atteigne une profondeur suffisante, il faut que la variation de tension pour les sons les plus forts, soit du même ordre de grandeur que la tension continue à laquelle on alimente la lampe triode à moduler.

Il peut sembler favorable de moduler l'oscillation haute fréquence sur l'un des petits étages à faible puissance et à faible tension, et d'éviter ainsi une très grande amplification préalable du courant microphonique qui, comme l'amplification haute fréquence, doit se faire sans distorsion. Ayant modulé un des petits étages, les étages consécutifs de l'émetteur amplifient la haute fréquence déjà modulée.

C'était la seule solution adoptée jusqu'à ces dernières années. Elle présente toutefois un inconvénient : le rendement des étages de haute fréquence modulée et, en particulier, celui du dernier pour lequel, à cause de la grande puissance en jeu, la question de rendement est intéressante, ne peut être bon et ne peut dépasser 30 à 35 %. La raison en est que ces étages ne doivent pas altérer les qualités de la modulation. Etant modulés, ils marchent à amplitude variable ; pour une profondeur de modulation, qui approche de l'unité lors des transmissions de sons très intenses, cette amplitude atteint à l'instant de la crête de modulation à peu près le double de l'amplitude durant les silences et s'annule presque pendant les creux. Or, l'amplitude maximum tolérable pour la tension d'anode ne doit pas atteindre la tension continue de l'anode, car si celle-ci s'annulait, il ne passerait plus de courant dans la lampe. On est ainsi obligé d'admettre durant les silences une amplitude d'oscilla-

tion faible, afin que, lors des transmissions des sons très forts, il n'y ait pas d'instant pendant lequel le courant soit supprimé. Durant les silences et pendant les sons faibles, la lampe fonctionne donc à une puissance beaucoup plus petite que celle qu'elle serait capable de fournir. C'est une condition très défavorable au rendement, car les sons intenses ont une courte durée, vis-à-vis de celle des silences et des sons faibles.

L'amplification de la haute fréquence modulée sur un des petits étages conduit ainsi à de mauvais rendements et à une

consommation de puissance beaucoup supérieure à la puissance fournie à l'antenne.

Moduler le dernier étage évite cet inconvénient, car on n'amplifie plus de haute fréquence modulée, mais conduit à des difficultés qui n'ont été surmontées que récemment. Pour moduler assez profondément les lampes puissantes du dernier étage dont la tension continue d'anode est 20 000 V et qui émettent durant les silences une puissance égale à 100 kW, il faut élever la tension du courant microphonique jusqu'à plusieurs milliers de volts et lui faire fournir une puissance de l'ordre de 50 kW. Un microphone ne met en jeu qu'une puissance égale à une très faible fraction de watt. On doit alors réaliser une chaîne d'amplificateurs à basse fréquence, analogue à celle des amplificateurs de haute fréquence, et l'intercaler entre le microphone et les anodes des lampes qui fonctionnent sur l'antenne ; elle aboutit à un très gros transformateur téléphonique à noyau de fer. On n'est arrivé que depuis peu à construire de tels transformateurs permettant la modulation du dernier étage. Les stations ainsi équipées comprennent deux chaînes d'amplificateurs, l'une à haute fréquence issue du maître oscillateur, l'autre à basse fréquence issue

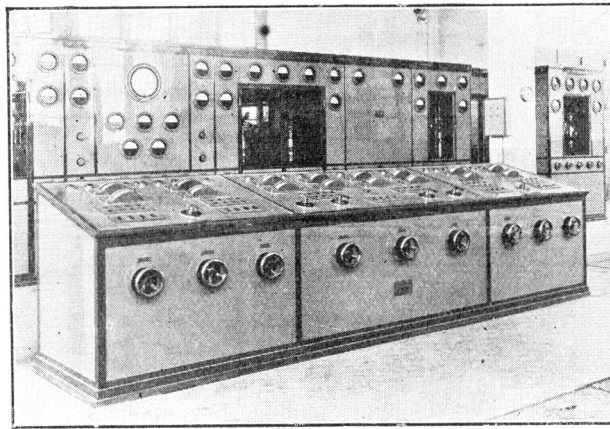


FIG. 9. — PUPITRE DE COMMANDE DES DIFFÉRENTS CIRCUITS DE L'ÉMETTEUR DE VILLEBON (PARIS-P.-T.-T.)

Sur ce pupitre sont rassemblés tous les appareils de mesure et les organes de commande nécessaires pour assurer l'alimentation des étages successifs de l'émetteur et régler leur fonctionnement. Derrière le pupitre se trouve l'étage d'amplification à 120 kW.

continue d'anode est 20 000 V et qui émettent durant les silences une puissance égale à 100 kW, il faut élever la tension du courant microphonique jusqu'à plusieurs milliers de volts et lui faire fournir une puissance de l'ordre de 50 kW. Un microphone ne met en jeu qu'une puissance égale à une très faible fraction de watt. On doit alors réaliser une chaîne d'amplificateurs à basse fréquence, analogue à celle des amplificateurs de haute fréquence, et l'intercaler entre le microphone et les anodes des lampes qui fonctionnent sur l'antenne ; elle aboutit à un très gros transformateur téléphonique à noyau de fer. On n'est arrivé que depuis peu à construire de tels transformateurs permettant la modulation du dernier étage. Les stations ainsi équipées comprennent deux chaînes d'amplificateurs, l'une à haute fréquence issue du maître oscillateur, l'autre à basse fréquence issue

du microphone. L'une apporte au dernier étage les oscillations de haute fréquence, l'autre les courants de basse fréquence qui produisent la modulation.

Une autre solution très ingénieuse permet de moduler les petits étages, tout en conservant un très bon rendement. C'est celle qui a été imaginée par M. H. Chireix, sous le nom de *modulation par déphasage*.

Comme nous l'avons expliqué, la cause du mauvais rendement de l'amplification en haute fréquence modulée provient du fait que les lampes fonctionnent à amplitude variable. M. H. Chireix a imaginé un procédé qui module la phase et non l'amplitude. Il est appliqué actuellement dans plusieurs stations du réseau français. C'est le procédé qui, actuellement, permet d'obtenir le meilleur rendement, tout en conservant la bonne qualité du son.

L'antenne

Les antennes des stations de radiodiffusion sont portées par des pylônes dont la hauteur peut atteindre ou même dépasser 200 mètres.

Lorsqu'il s'agit des stations à ondes longues, de longueurs égales ou supérieures

à 1 000 m, l'antenne oscille en quart d'onde.

Des antennes aussi hautes auraient, pour les stations à ondes moyennes, 200 à 500 m de longueurs d'onde, des oscillations en quart d'onde de période beaucoup supérieure à celle des ondes à émettre. On règle donc l'antenne, sans essayer de l'accorder, de telle sorte que sa vibration corresponde à un système d'ondes stationnaires comprenant entre le sol et l'extrémité de l'antenne une demi-onde, plus une fraction de quart d'onde. On l'excite près du sol et on la réunit à l'émetteur par une ligne d'alimentation ou *feeder*.

Ces antennes ont l'avantage de produire un rayonnement plus intense à la surface du sol et de restreindre le rayonnement

dans les directions inclinées. Elles diminuent le rayonnement indirect qui, réfléchi sur les couches ionisées de la haute atmosphère, interfère avec le rayonnement direct et produit le phénomène gênant de l'évanouissement des signaux ou *fading*.

L'alimentation en énergie des stations de radiodiffusion

L'énergie est, en général, fournie par les réseaux de distribution sous forme de courant triphasé à 50 périodes. Il faut l'utiliser sous forme de courant continu, la plus grosse puissance étant celle qui est absorbée par les lampes du dernier étage de l'émetteur.

Ayant donc, par des transformateurs, amené la tension à la valeur convenable, on redresse le courant à l'aide de valves triphasées à vapeur de mercure. Ces redresseurs donnant un courant qui n'est pas exactement constant, on supprime les irrégularités par un filtre constitué par une très grosse bobine d'inductance en série sur le circuit et par un condensateur en dérivation.

Le courant de chauffage des filaments est fourni sous

10 à 20 volts par des machines à courant continu entraînées par des moteurs montés sur le réseau. Des batteries d'accumulateurs alimentent les plus petits étages.

Toutes les manœuvres sont commandées d'un pupitre qui est installé dans la même salle que l'émetteur.

Outre les organes essentiels dont il vient d'être question, une station de radiodiffusion vraiment moderne comporte aussi des circuits et des relais de manœuvre, des organes de sécurité destinés à la protection du personnel et des appareils, des instruments de mesure, qui permettent le réglage de la station, le contrôle de sa marche, la vérification de la bonne qualité de la modulation dont dépend la qualité de l'émission.

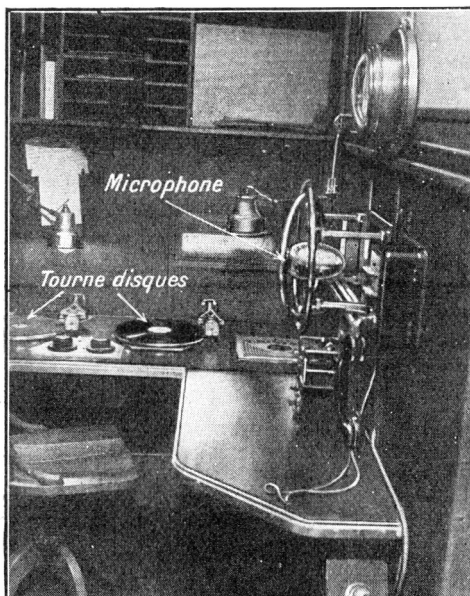


FIG. 10. — UN COIN DE LA CABINE DU SPEAKER DU STUDIO DE PARIS-P.-T.-T. Le speaker dispose d'un microphone ainsi que d'un tourne-disques qui est utilisé pour la transmission d'enregistrements.



FIG. 11. — CARTE DU RÉSEAU DES CABLES SPÉCIAUX QUI RELIENT LES ÉMETTEURS ET LES STUDIOS DU RÉSEAU D'ÉTAT FRANÇAIS DE RADIODIFFUSION

Les câbles en service sont indiqués en traits pleins; ceux en construction en traits mixtes.

Comment s'effectue la prise de son

La prise de son est faite dans le studio ou dans la salle de concert par un ou plusieurs microphones.

On emploie des microphones de grande fidélité qui fournissent des courants très faibles. Il faut immédiatement les amplifier avant de les canaliser par des fils, car il est nécessaire que les courants utiles dans ces fils soient beaucoup plus intenses que ceux des perturbations accidentelles dues, par exemple, aux courants d'éclairage.

On achève l'amplification jusqu'au ni-

veau convenable par des étages d'amplification disposés dans une salle voisine.

Un câble téléphonique conduit ensuite le courant à l'émetteur.

Dans les grandes salles, on dispose plusieurs microphones dont on mélange les courants. On fait prédominer l'action de l'un ou l'autre microphone, de façon à obtenir sur un récepteur l'impression qu'aurait un auditeur dans la salle. C'est là une opération délicate qui, si elle est mal conduite, altère la valeur artistique des transmissions.

Bien souvent plusieurs stations de radio-

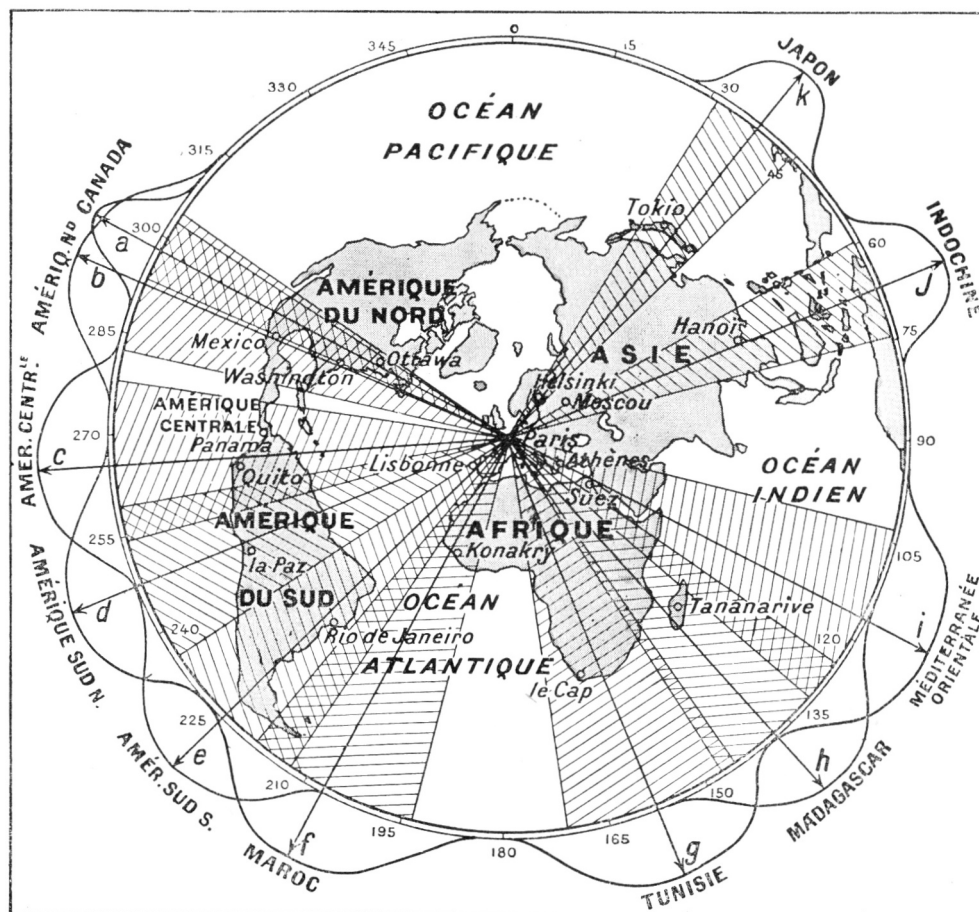


FIG. 12. — VOICI LES FAISCEAUX D'ONDES DIRIGÉES ÉMIS PAR LA STATION « RADIO-MONDIAL »
 Les courbes a à k indiquent l'énergie rayonnée par chaque antenne dans les directions voisines de celle de l'axe du faisceau. L'ouverture des faisceaux hachurés limite les régions où l'audition est très bonne (la valeur du champ y est supérieure à la moitié du champ maximum). L'émission sur chaque faisceau peut être effectuée sur des longueurs d'ondes voisines de 16 m, 19 m, 25 m, 31 m ou 50 m. Cependant les antennes ont été spécialement calculées, suivant les faisceaux, pour certaines de ces longueurs d'ondes.

diffusion transmettent simultanément un même programme. De la salle de concert part une ligne qui aboutit à un central téléphonique où des amplificateurs remettent au niveau convenable le courant sur les divers câbles interurbains qui aboutissent aux émetteurs (voir la carte, figure 11). Pour un concert donné à Paris et diffusé par le poste de Marseille, la plus grande partie de la liaison est, pour les

auditeurs de la Provence, établie par fil. Ces retransmissions exigent une absence aussi parfaite que possible de distorsion des appareils de liaison. La technique des amplificateurs et des transmissions téléphoniques par les lignes souterraines a fait assez de progrès, au cours de ces dernières années, pour que la commande à très grande distance d'un émetteur n'introduise pas de troubles.
 C. GUTTON.