

LA SCIENCE ET LA VIE

MAGAZINE DES SCIENCES ET DE LEURS APPLICATIONS A LA VIE MODERNE

Rédigé et illustré pour être compris de tous

Paraît tous les deux mois. - Abonnements : France, 17 francs; Étranger, 26 francs. - Chèques postaux : N° 91-07-Paris
RÉDACTION, ADMINISTRATION et PUBLICITÉ : 13, rue d'Enghien, PARIS — Téléphone : Bergère 37-36

*Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays.
Copyright by La Science et la Vie Février 1922.*

Tome XXI

Février-Mars 1922

Numéro 61

LES DERNIERS PERFECTIONNEMENTS DE LA TÉLÉPHONIE SANS FIL

Par Jean MARCHAND

INGÉNIEUR I. E. G.

PRESQUE tous les grands quotidiens ont relaté les résultats remarquables obtenus par la téléphonie sans fil, non plus au cours d'expériences longuement préparées, mais dans le domaine des applications pratiques.

C'est ainsi qu'on a pu signaler les services rendus par ce nouveau mode de communication appliqué aux avions commerciaux. Les avions « Goliath », de la Compagnie des Grands Express Aériens, partis de l'aérodrome du Bourget et se dirigeant sur Lausanne, ont pu se tenir constamment en liaison téléphonique avec l'un ou l'autre de ces deux terrains d'atterrissage.

L'an dernier, exactement le 12 novembre 1921, le paquebot *Paris*, de la Compagnie Générale Transatlantique, ayant à son bord des délégués du gouvernement français se rendant à la conférence de Washington, et muni au dernier moment d'un petit poste radiotélégraphique d'avion de la Société Française radioélectrique, a pu communiquer, par téléphonie sans fil, soit avec la côte française, soit avec la côte

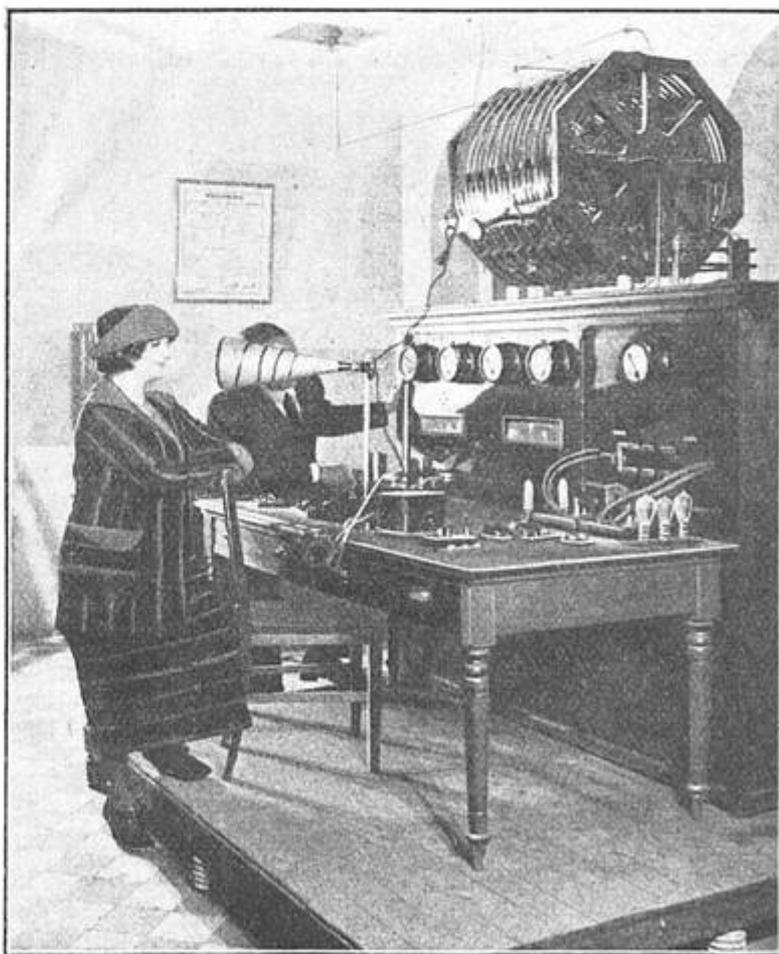


FIG. 1. — M^{lle} BROTHIER, DE L'OPÉRA-COMIQUE, CHANTE DEVANT LE MICROPHONE DE LA STATION DE SAINTE-ASSISE
Sa voix fut entendue dans un rayon de 1.600 kilomètres.

américaine, à près de 1.000 kilomètres. Tous les journaux ont reproduit un long message destiné à M. Paul Laffont, sous-secrétaire d'Etat des Postes et Télégraphes, qu'un passager du *Paris* a téléphoné le 13 novembre alors que le paquebot était à 163 kilomètres de la côte française. Le *Paris*, continuant sa route, conservait sans interruption la communication avec la France et on l'entendait encore parler, alors qu'il en était éloigné de 953 kilomètres (515 milles).

Le poste français correspondant était identique au poste du *Paris* et avait été installé au dernier moment à Ouessant.

Toute la presse a rendu également compte d'une démonstration particulièrement intéressante qui a eu lieu le 26 novembre 1921 à Paris. Les convives d'un banquet donné à l'hôtel *Luquetia* par la Société amicale des Ingénieurs de l'École supérieure d'électricité, ont pu entendre, par téléphonie sans fil, un concert vocal qui avait lieu à la station de T. S. F. de Sainte-Assise (Seine-et-Marne). Les auditeurs, enthousiasmés, ont applaudi *la Marseillaise*, la valse de *Mireille* et un air du *Barbier de Séville*, chantés par M^{lle} Brothier, de l'Opéra-Comique, à 40 kilomètres de la salle du banquet. La voix était entendue de tous avec une grande intensité et une netteté parfaite. Ce concert fut entendu par de nombreuses stations radioélectriques françaises et étrangères, dans un rayon de plus de 1.600 kilomètres.

Enfin, le 9 décembre 1921, les souverains belges purent entendre nettement, à Bruxelles, plusieurs artistes français chantant devant un tout petit microphone du poste d'émission de la tour Eiffel.

On sait que le fonctionnement du téléphone ordinaire est basé sur les modulations d'un courant continu par la voix agissant sur un microphone, modulations qui sont transmises intégralement par la ligne à l'écouteur téléphonique.

La radiotéléphonie utilise les mêmes phénomènes, à l'exception du transport par ligne. Celle-ci est remplacée par les ondes électromagnétiques qui, en se propageant à travers l'éther, transportent avec elles les vibrations caractéristiques de la voix.

Ces ondes prennent naissance chaque fois qu'une antenne est parcourue par un courant à haute fréquence, et elles se propagent dans l'espace à la vitesse de la lumière, soit 300.000 kilomètres à la seconde.

Pour émettre des signaux de télégraphie sans fil, il suffit d'interrompre et de rétablir, avec un manipulateur, le courant électrique de haute fréquence circulant dans l'antenne

en suivant la cadence des points et des traits constituant les lettres de l'alphabet Morse.

Pour déceler le passage dans l'antenne réceptrice des courants de haute fréquence qui y prennent naissance, le procédé le plus employé consiste à faire agir ces courants sur un récepteur téléphonique du modèle utilisé pour la téléphonie avec fil, en interca-

lant dans le circuit qui contient ce récepteur l'appareil dont le rôle est bien connu actuellement et nommé « détecteur ».

Cette condition étant remplie, on entendra une série de bruits cadencés, brefs ou longs, représentant les lettres ou les chiffres du Morse; la télégraphie sans fil est dès lors complètement réalisée.

Pour faire de la radiotéléphonie, il faut

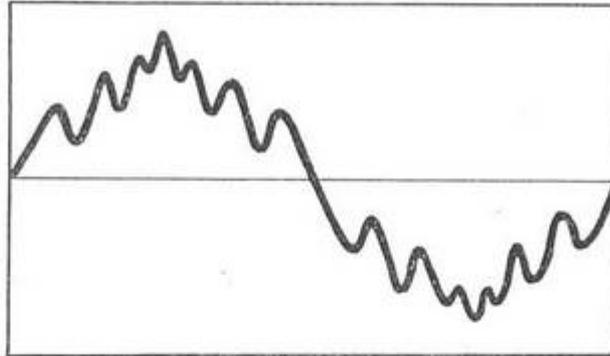


FIG. 2. — VIBRATIONS SONORES CORRESPONDANT A UNE FRACTION DE MOT PARLÉ

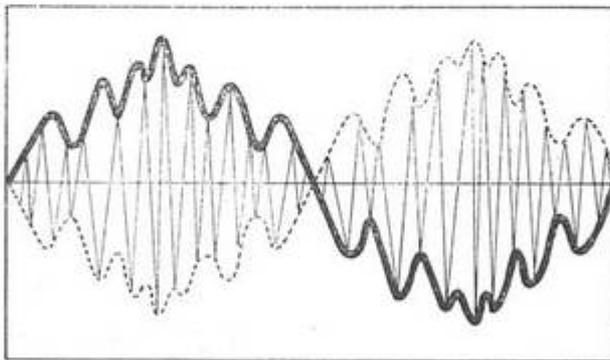


FIG. 3. — ONDES ENTRETENUES « MODULÉES » PAR L'ACTION DES VIBRATIONS SONORES

Les ondes électromagnétiques servent au transport des vibrations sonores. Elles sont modulées par elles comme le courant continu employé en téléphonie ordinaire est modulé par la voix.

laisser le manipulateur fermé et émettre d'une façon ininterrompue des ondes électromagnétiques allant vers l'antenne du poste récepteur. Cette émission d'ondes remplace la ligne métallique qui relie les deux correspondants dans le cas ordinaire de la téléphonie avec fil.

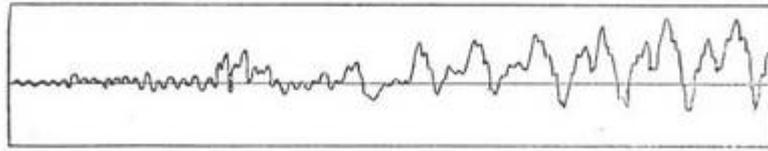


FIG. 4. — VIBRATIONS CORRESPONDANT AU MOT « QUI »

Tandis que, dans cette dernière, on « module » un courant continu par l'action du microphone, en radiotéléphonie ce sont les ondes électromagnétiques, seul lien entre les deux correspondants, qui seront « modulées » par la voix. Pour obtenir ce résultat, il suffit de faire agir le courant modulé du circuit microphonique sur la source de courants de haute fréquence qui alimente l'antenne émettrice.

La figure 2 représente les vibrations sonores correspondant à une fraction de mot. Ce même tracé peut représenter également les vibrations de courant microphonique exactement en concordance avec les premières.

Enfin, la figure 3 représente les modifications qui affectent les ondes régulières quand on fait agir les vibrations vocales sur la source de haute fréquence par l'intermédiaire du microphone et montre clairement le mécanisme de la superposition des vibrations sonores aux ondes électromagnétiques.

Les ondes rayonnées par l'antenne du poste émetteur, modulées par l'action du microphone, portent donc l'empreinte des vibrations sonores et la conservent pendant tout leur parcours à travers l'éther. Lorsqu'elles frappent l'antenne réceptrice, elles font naître des courants de haute fréquence qui parviennent au récepteur téléphonique après avoir été « redressés » par le détecteur, mais ces courants de haute fréquence ne sont plus de grandeur

constante, comme dans le cas des signaux de télégraphie sans fil. Les ondes modulées sont, en effet, comparables à une série de vagues de hauteurs inégales; les unes sont hautes, les autres sont plus basses; en venant frapper l'antenne réceptrice, elles produisent des effets proportionnels à leur hauteur.

On s'explique dès lors pourquoi les courants engendrés dans l'antenne portent, eux aussi, l'empreinte des vibrations sonores. Ces courants, comme dans le cas de la téléphonie avec fil, produiront, en passant dans les petites bobines de l'aimant de l'écouteur téléphonique, des attractions plus ou moins fortes de la membrane vibrante qui reproduira finalement le mot prononcé dans le microphone du poste émetteur. Dans le cas de la radiotéléphonie, il n'y a plus à craindre les effets de « distorsion » des courants téléphoniques qui se manifestent souvent au cours de la transmission par fil. L'éther transmet fidèlement, sans les altérer, toutes les modulations de la voix; ceci explique la grande netteté d'une réception radiotéléphonique obtenue avec des appareils bien étudiés; on peut presque toujours discerner

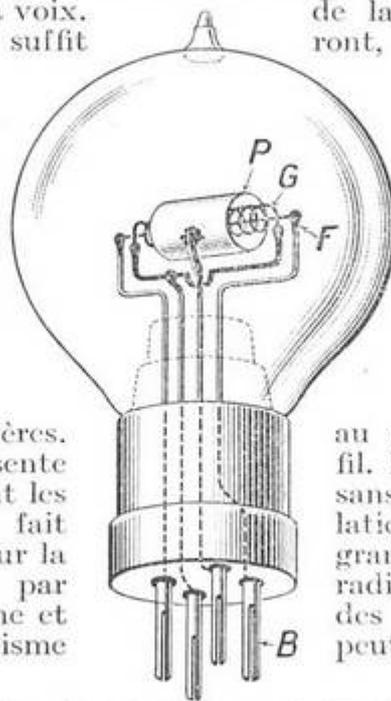


FIG. 5. — TYPE COURANT D'AUDION
La lampe à trois électrodes a fait accomplir à la téléphonie sans fil d'énormes progrès. Placée sur l'appareil au moyen des broches B, elle réalise un détecteur très sensible, un amplificateur puissant ou un générateur d'ondes entretenues très pures, grâce aux courants qui circulent entre le filament F et la plaque P modifiés suivant l'état électrique de la grille G influencée par les vibrations.

le timbre de la voix, qui est très souvent déformé par la téléphonie avec fil.

La production d'ondes amorties ou d'ondes entretenues a été expliquée en détail dans les numéros 41, 50, 52, 54, 58 de *La Science et la Vie*.

Mais la radiotéléphonie exige que les ondes qui servent de véhicule aux vibrations sonores soient parfaitement régulières et parfaitement pures. On conçoit, en effet, que toute irrégularité préexistante dans les ondes, indépendamment de la modulation microphonique, produise sur l'antenne réceptrice un effet parasite

qui « brouille » la réception des vibrations sonores et dénature les sons émis.

Cette condition exclut, par conséquent, les ondes amorties rayonnées par les postes à étincelles et exige l'emploi des ondes entretenues engendrées par un arc électrique, un alternateur à haute fréquence ou une lampe à trois électrodes appelée ordinairement « audion ».

Malgré la portée de 1.200 kilomètres obtenue en 1912 par le professeur Vanni, au cours d'essais entre Rome et Tripoli, on doit considérer que l'arc n'a pas réalisé les espoirs qu'on avait fondés sur lui comme générateur d'ondes pour la radiotéléphonie. Dans un avenir prochain, les alternateurs à haute fréquence, que l'on construit maintenant industriellement et développant jusqu'à 500 kilowatts de puissance, permettront de réaliser, de façon pratique, la radiotéléphonie à très grande distance. Ainsi que

l'antenne émettrice en accouplant par induction cette dernière à la lampe (au moyen d'un transformateur statique).

Les premiers postes émetteurs à lampes datent de 1913. Pendant la guerre, il en fut fait un large emploi par la radiotélégraphie aux armées. De faible puissance au début, on a réussi à réaliser ces postes pour des puissances considérables

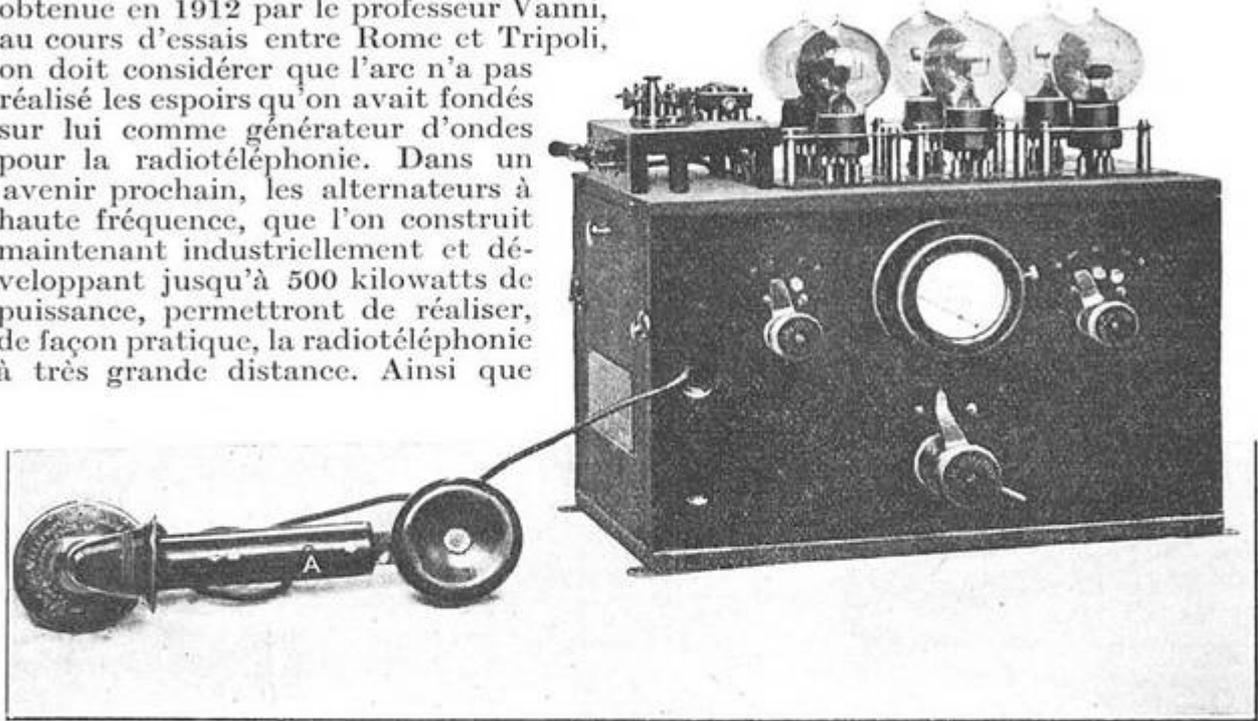


FIG. 6. — POSTE ÉMETTEUR DE RADIOTÉLÉPHONIE DE PETITE PUISSANCE EMPLOYÉ SUR LES NAVIRES ET SUR LES AVIONS

Les six lampes utilisées sont fixées sur la boîte de l'appareil. Sur la face avant on distingue, à gauche, le commutateur d'allumage des lampes ; au centre, l'ampèremètre d'antenne ; à droite, le commutateur de changement d'onde : en bas, la commande de l'accouplement variable avec l'antenne. Le combiné micro-téléphonique placé à côté permet de se rendre compte des dimensions restreintes de ce poste. Le bouton-poussoir A établit les connexions nécessaires pour passer automatiquement de la parole à l'écoute.

nous l'exposerons plus loin, on a, en effet, trouvé le moyen de « moduler » par l'action d'un petit microphone ordinaire les puissances, considérables des courants de haute fréquence fournis par ces machines.

La mise en pratique, peu de mois avant la guerre, des nombreux modèles de lampes à trois électrodes, devait faire accomplir en quelques années des progrès considérables à la radiotéléphonie.

Le fonctionnement de ce générateur d'ondes pures (fig. 5), a été décrit dans *La Science et la Vie*, n° 52, page 248.

Pour utiliser les oscillations qui prennent naissance dans une lampe génératrice il suffit de les faire passer dans

en utilisant plusieurs lampes à trois électrodes de grand modèle, fonctionnant à haut voltage (jusqu'à 25.000 volts) et donnant chacune dans l'antenne des puissances supérieures à un kilowatt.

La mise au point de ce matériel nouveau devait faire accomplir, pendant les trois dernières années, des progrès rapides à la radiotéléphonie et l'amener à un degré de perfectionnement qu'elle n'avait jamais pu atteindre jusqu'alors. En effet, non seulement l'emploi des lampes à trois électrodes a résolu le problème de la production d'ondes entretenues très pures, mais il a fourni aussi une solution très élégante de l'importante

FIG. 7. — GÉNÉRATRICE A HÉLICE ALIMENTANT UN POSTE D'AVIONS

La vitesse de déplacement de l'aéroplane fait tourner l'hélice qui entraîne la dynamo. Celle-ci possède deux induits et fournit du courant continu à



7 volts et à 700 volts pour le chauffage des filaments et l'alimentation des circuits de plaque des lampes génératrices du poste émetteur.

question de l'emploi du microphone. Jusqu'alors, on avait rencontré de très grosses difficultés pour « moduler » par la parole les courants de haute fréquence engendrés dans l'antenne, dès que la puissance mise en jeu devenait un peu importante. Le microphone à grenaille de charbon est, en effet, un appareil très sensible mais incapable de supporter des courants dépassant quelques dixièmes d'ampère. Si l'on essaie de le faire agir sur des courants trop intenses, il chauffe exagérément, les grains de charbon se soudent entre eux et l'appareil devient très rapidement inutilisable. Malgré l'invention de microphones spéciaux, tels que les microphones à liquide, très ingénieux, mais trop facilement déréglables, on n'était pas parvenu à moduler, d'une façon satisfaisante, la puissance oscillante d'un émetteur capable de réaliser des portées supérieures à 1.000 kilomètres.

La lampe à trois électrodes a permis d'utiliser le microphone avec des courants intenses, non plus directement, mais par l'intermédiaire de relais amplificateurs successifs.

Pour les communications aux moyennes distances, c'est le système d'émission d'ondes entretenues par lampe à trois

électrodes qui prévaut actuellement. Dès que l'énergie dépasse une dizaine de kilowatts, l'alternateur à haute fréquence, plus industriel, plus mécanique, reprend et conserve un grand avantage.

Si l'on emploie un poste émetteur d'une puissance déterminée, la portée qu'il permettra d'atteindre en téléphonie sera, en général, inférieure de moitié à celle qui pourra être réalisée en envoyant des signaux Morse. Ceci tient à ce que le manipulateur agit par « tout ou rien » sur l'émission des ondes, les laissant passer avec leur pleine intensité, ou les supprimant totalement dans l'intervalle des signaux Morse, tandis qu'en radiotéléphonie, les vibrations sonores affectent les ondes d'une façon très inégale par l'intermédiaire du microphone. Certaines de ces vibrations sont de très faible intensité et ne laissent qu'une empreinte très peu profonde sur l'onde émise. Lorsque celle-ci s'affaiblit en voyageant à travers l'éther, cette faible empreinte s'affaiblit elle-même beaucoup plus vite que l'onde qui la porte et elle peut devenir incapable d'agir sur le récepteur téléphonique à l'arrivée. Or,

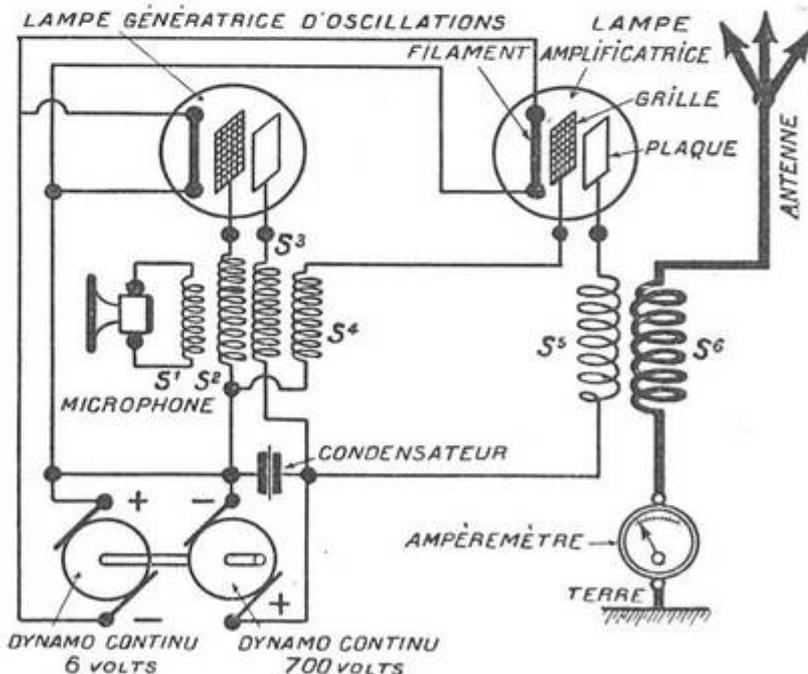


FIG. 8. — SCHÉMA DE L'APPAREIL REPRÉSENTÉ FIGURE 6
Les courants microphoniques agissent sur la grille de la lampe génératrice par l'intermédiaire des bobines de couplage S¹ S². Le circuit de plaque de cette lampe, où se produisent les oscillations, est couplé par le transformateur S³ S⁴ avec les grilles des cinq lampes amplificatrices dont une seule est figurée, les autres étant montées en parallèle avec la première. Les vibrations amplifiées passent dans l'antenne par le transformateur S⁵ S⁶.

pour que la voix soit reçue d'une façon compréhensible, il faut que toutes ses modulations arrivent à l'antenne réceptrice. On s'explique donc que la portée d'un poste de téléphonie sans fil soit déterminée, non pas seulement comme en télégraphie, par la puissance des ondes, mais bien par la fraction de cette puissance qui correspond à la vibration sonore la plus faible dans le mot prononcé.

Les postes montés sur les avions *Goliath* et sur le paquebot *Paris*, ont permis d'obtenir les résultats pratiques intéressants mentionnés au début de cet article.

Leur portée est très variable, suivant la hauteur des mâts du navire qui détermine celle de l'antenne; elle varie aussi suivant les avions; elle est, en moyenne, de 150 kilomètres dans les conditions normales.

La figure 6 représente la boîte qui renferme les principaux organes de l'émetteur. Cet ensemble, peu encombrant (il mesure 33 centimètres dans sa plus grande dimension), permet de le placer facilement dans la carlingue d'un avion. Les lampes à trois électrodes qu'on aperçoit à la partie supérieure sont au nombre de six dont une génératrice.

Sur la face avant de la boîte, se trouvent un commutateur qui permet d'allumer ou d'éteindre les six lampes, le cadran d'un ampèremètre thermique indiquant l'intensité des courants de haute fréquence dans l'antenne, un deuxième commutateur à trois plots servant à donner à l'émission la longueur d'onde choisie qui peut avoir 600, 800 ou 900 mètres, et, enfin, une manette qui agit sur le couplage par induction de l'antenne avec le circuit d'oscillations.

Le « combiné » microtéléphonique,

analogue au modèle de certains appareils téléphoniques avec fil, est relié par un cordon souple à l'appareil. Il comprend essentiellement un microphone à grenaille de charbon très sensible avec son cornet, et le récepteur téléphonique à membrane.

La source d'énergie nécessaire pour alimenter le poste est constituée par une petite machine électrique d'une puissance totale de 300 watts (moins de 1/2 HP). C'est une dynamo à courant continu comportant deux inducts et, par conséquent, deux collecteurs. L'un d'eux fournit le

courant à basse tension (7 volts) pour le chauffage des filaments des lampes, l'autre donne du courant à 700 volts pour l'alimentation des circuits de plaque. Un régulateur-conjoncteur, analogue à celui d'une dynamo d'éclairage d'automobile, maintient la tension constante malgré les variations de vitesse. Une petite batterie d'accumula-

teurs de trois éléments est placée « en tampon » sur le collecteur à 7 volts; elle a pour but de régulariser le débit du courant de chauffage et aussi d'alimenter (sous 4 volts) les filaments des lampes de l'appareil de réception.

Lorsque le poste est monté à bord d'un avion, la génératrice (fig. 7), revêtue d'un capot fuselé, pour diminuer la résistance au vent, est fixée sur le bord antérieur d'une des ailes de l'avion. L'extrémité de son arbre porte une hélice qui se met à tourner, sous l'action du déplacement d'air produit par le mouvement de l'avion en vol, à une vitesse de 4.500 tours par minute environ.

Le principe du fonctionnement de cet appareil est représenté par le schéma 8. Une première lampe, dite génératrice, produit des oscillations dans son circuit

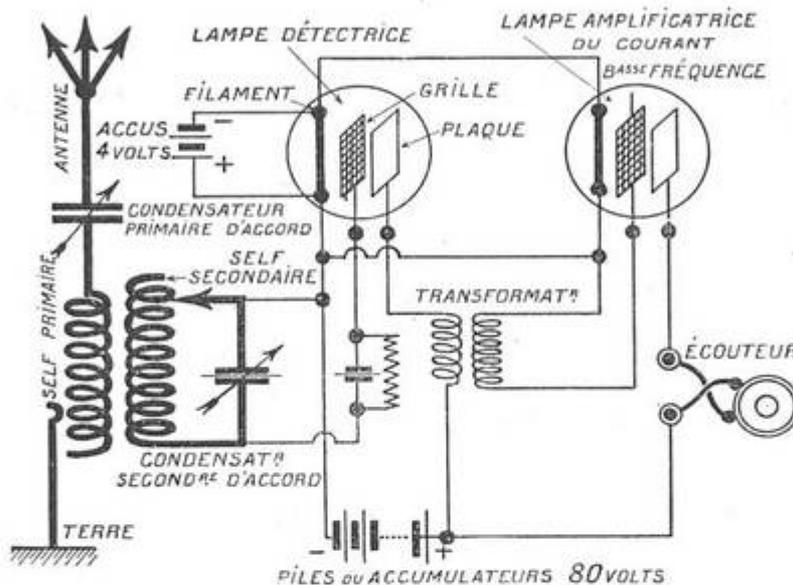


FIG. 9. — SCHÉMA DU POSTE RÉCEPTEUR DE RADIOTÉLÉPHONIE CORRESPONDANT À L'APPAREIL FIGURE 6

Les vibrations reçues par l'antenne sont d'abord « détectées » par la première lampe à trois électrodes, puis amplifiées par une ou plusieurs lampes amplificatrices montées en parallèle.

de plaque couplé par l'intermédiaire d'un transformateur S^3 - S^4 avec les grilles d'un groupe de cinq autres lampes qui amplifient les oscillations et les font passer dans l'antenne grâce au transformateur S^5 - S^6 . Nous n'avons figuré sur notre schéma qu'une seule lampe amplificatrice, les quatre autres sont, en effet, montées « en parallèle » avec la première, c'est-à-dire que les cinq grilles sont reliées ensemble et les cinq plaques également. Cette disposition

petits audions. La première lampe amplifie les oscillations de haute fréquence reçues dans l'antenne, la seconde les détecte et la troisième amplifie les oscillations détectées qui sont envoyées finalement, au moyen de deux fils, dans les bobines agissant sur la membrane du récepteur téléphonique du « combiné » que nous avons décrit plus haut.

Le courant de chauffage des filaments est donné par deux éléments de la batterie d'accumulateurs de 6 volts mentionnée

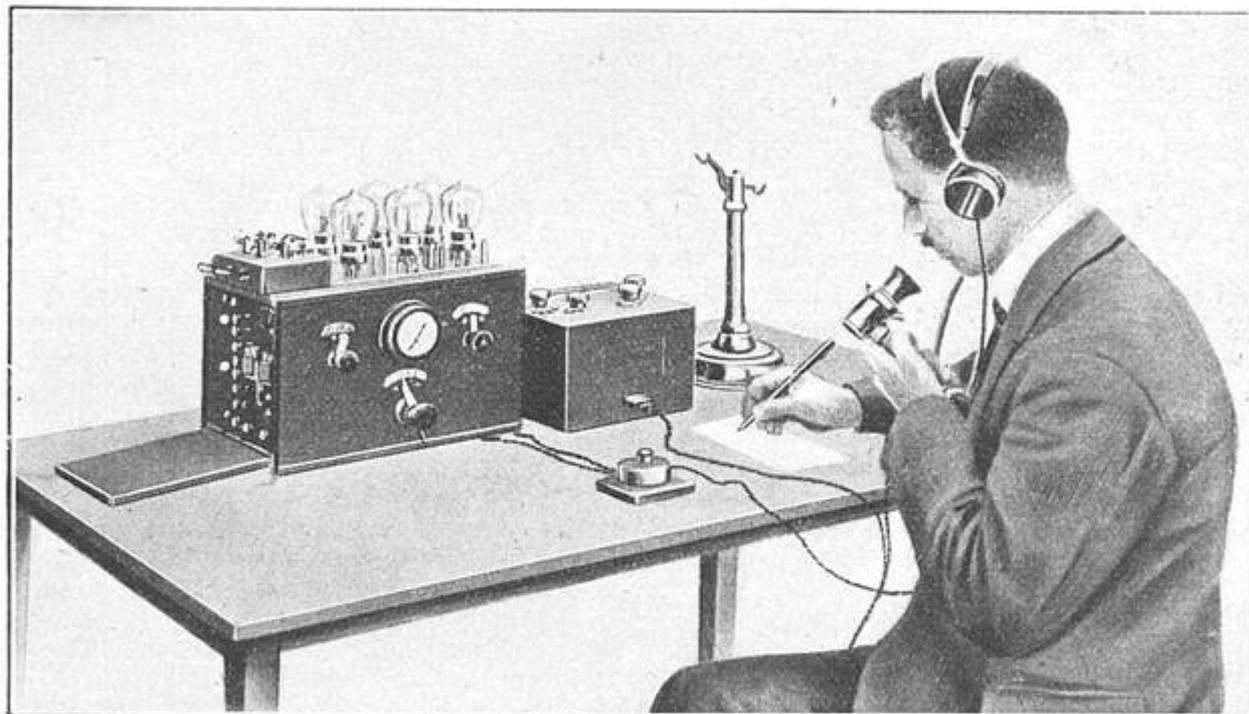


FIG. 10. — POSTE ÉMETTEUR ET RÉCEPTEUR UTILISÉ SUR LES AVIONS

Le combiné microtéléphonique est remplacé par un casque à deux récepteurs pour l'écoute et un microphone maintenu par un collier à hauteur de la bouche du pilote de l'aéroplane.

a pour effet de multiplier par 5 la puissance d'une lampe et ne change rien au principe du fonctionnement. Trois condensateurs fixes (non figurés) et montés en dérivation sur la bobine S^3 , permettent d'obtenir l'une ou l'autre des trois longueurs d'ondes différentes précitées. Le microphone agit sur la grille de la lampe génératrice par l'intermédiaire des bobines de couplage S^1 et S^2 .

Les courants de haute fréquence engendrés par la première lampe, sont donc « modulés » par la parole avant d'être amplifiés par les cinq autres lampes.

Le récepteur, séparé de l'appareil, que nous venons de décrire, est contenu dans une boîte plus petite. Il comporte trois

plus haut. La tension nécessaire pour alimenter les plaques est fournie par une batterie d'accumulateurs ou de piles de 80 volts. Ce récepteur permet de recevoir dans de bonnes conditions les émissions faites sur les longueurs d'ondes comprises entre 300 et 1.000 mètres.

La figure 12 montre, parmi d'autres appareils appartenant au poste principal, les appareils provisoires de radiotéléphonie du paquebot *Paris*. On reconnaît, à gauche de la photographie, sur une tablette, l'émetteur dont nous avons parlé ; ses lampes sont recouvertes d'un capot protecteur. Un peu plus à droite, sur la table, se trouve l'appareil récepteur d'un modèle un peu différent de celui

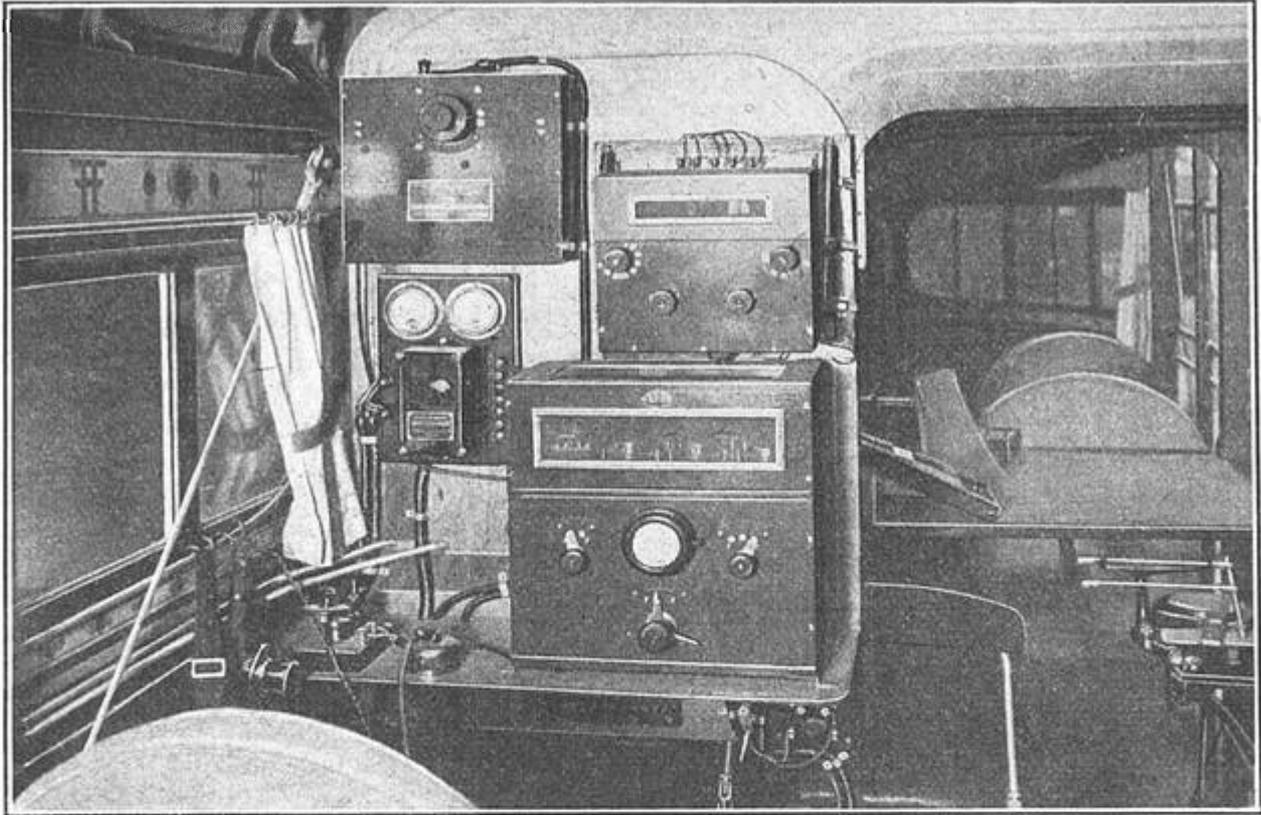


FIG. 11. — LA CABINE DE TÉLÉPHONIE SANS FIL A BORD D'UN AVION « GOLIATH »

Sur la tablette se trouve l'émetteur radiotéléphonique comportant six lampes à trois électrodes protégées par un capot. A gauche, en haut, le variomètre servant à ajuster la longueur d'onde d'émission. Au-dessous, le tableau de contrôle de la génératrice de courant continu. En bas le manipulateur pour la T. S. F.

que nous avons décrit. Ici, la dynamo à deux collecteurs donnant les courants à 6 volts et 700 volts pour l'alimentation de l'émetteur, est entraînée par un moteur électrique qui fonctionne sur le courant à 110 volts de la distribution du bord. L'antenne utilisée sur le *Paris* est constituée par deux fils parallèles, longs de 130 mètres, soutenus par les mâts du paquebot à 23 mètres au-dessus de la cabine de télégraphie sans fil.

Pour les postes destinés à réaliser de plus longues portées et nécessitant des puissances plus grandes afin d'engendrer les courants de haute fréquence dans l'antenne, on est conduit à employer des lampes à trois électrodes de plus grandes dimensions que celles que nous avons décrites jusqu'ici. Le poste ultra-moderne représenté par la figure 13 utilise trois lampes de 200 watts placées à la partie inférieure et à l'intérieur du meuble. On n'aperçoit que les organes de commande et de contrôle placés à l'extérieur. Cet appareil, qui permet également la télégraphie (le manipulateur est situé sur

la tablette), peut être utilisé soit à bord d'un navire, soit sur un gros avion pour réaliser des portées exceptionnellement grandes, soit sur un dirigeable, soit enfin dans une station fixe. La portée, extrêmement variable, suivant ces différents emplois, est, en moyenne, voisine de 360 kilomètres pour la radiotéléphonie.

L'appareil, installé actuellement dans les dépendances de la station de Sainte-Assise (fig. 14), utilise, pour la production des ondes, huit lampes d'une puissance unitaire de 500 watts. Les quatre premières sont des « valves » qui redressent le courant d'alimentation fourni par un alternateur de 5 kilowatts, à 600 périodes par seconde. Le courant redressé, sensiblement continu, alimente les plaques des quatre dernières lampes qui jouent le rôle de lampes génératrices d'oscillations.

Le circuit du microphone, alimenté par une batterie d'accumulateurs de 6 volts, agit, par l'intermédiaire d'un transformateur, sur la grille d'une petite lampe à 3 électrodes. Les courants microphoniques, accrus par cette petite lampe,



FIG. 12. — VUE PARTIELLE DE LA CABINE DE T. S. F. DU « PARIS »

Au premier plan et à gauche, se trouve l'émetteur de téléphonie sans fil ; au-dessus, un variomètre d'accord ; au fond, par terre, on voit le récepteur. Les autres appareils de la cabine sont destinés à la télégraphie sans fil. Ce poste a déjà réalisé, au cours d'une traversée récente, une portée de plus de 900 kilomètres.

sont amplifiés à nouveau par une nouvelle lampe d'une puissance plus grande. Ils agissent finalement sur les grilles d'un groupe de quatre lampes en parallèle de 500 watts qui modifient la tension d'alimentation des lampes génératrices.

Ce poste permet des portées de 1.000 à 1.600 kilomètres. Il peut être monté sur un paquebot ou être employé pour réaliser une station fixe. Il a servi en dernier lieu pour les démonstrations de radiotéléphonie et de transmission de chants et de musique à distance, organisées le 26 novembre 1921 au cours d'un banquet et, le 15 décembre, à l'occasion du « Gala de la T. S. F. », donné par le Radio-Club au théâtre des Champs-Élysées. L'émission était reçue à Paris sur une petite antenne en T de 30 mètres de longueur, placée sur la terrasse du bâtiment ; la prise de terre était faite sur une conduite d'eau. Le dispositif de réception comprenait un résonateur destiné à « syntoniser » la réception avec la longueur d'onde de 2.800 mètres utilisée (fig. 15). Comme il s'agissait de faire entendre les émissions

radiotéléphoniques à tous les auditeurs d'une vaste salle, un dispositif amplificateur très puissant avait été prévu. Il comprenait un premier amplificateur à résonance à quatre lampes donnant trois degrés successifs d'amplification et détectant les courants de réception. Un deuxième amplificateur à six lampes, installé à la suite du premier, donnait encore six degrés d'amplification.

Enfin, un récepteur téléphonique haut-parleur, muni d'un pavillon analogue à celui d'un phonographe, était placé à la sortie du deuxième amplificateur.

Ce dispositif amplifiait environ dix millions de fois la puissance des oscillations recueillies par l'antenne réceptrice, de sorte que la parole et les chants étaient reproduits avec une fidélité remarquable et étaient perçus très distinctement par tous les auditeurs.

Outre ces applications artistiques, la radiotéléphonie apporte la solution d'un problème qui intéresse au plus haut point l'exploitation des transports de force par lignes électriques à haute tension.

La question des liaisons téléphoniques sur les réseaux de distribution de courant électrique est primordiale.

L'établissement d'une ligne téléphonique sur les poteaux qui servent au transport de force se heurte à de très grandes difficultés. En effet, l'induction due à la proximité des conducteurs à haute tension rend toute conversation pratiquement impossible et, bien que des études sérieuses aient été faites pour éliminer les troubles dus à l'induction, le problème n'est pas encore complètement résolu. Même s'il l'était complètement, il n'en resterait pas moins un danger assez sérieux pour le personnel. On a cité, notamment, le cas d'un accident mortel survenu à un homme qui s'était enroulé dans un fil tombé à terre d'une ligne téléphonique placée sous un transport de force à 45.000 volts. De plus, en cas de coupure de la ligne, la communication devient impossible au moment où elle serait le plus utile.

Certaines sociétés ont été amenées à construire des lignes téléphoniques spéciales utilisant des supports différents de ceux du transport d'énergie, mais le coût d'établissement de telles installations est très élevé pour les longues distances et les grands frais engagés sont loin de donner une sécurité complète.

On a trouvé récemment une solution très élégante dans l'emploi de petits postes de radiotéléphonie de très faible puissance. Equipés avec des antennes d'une hauteur moyenne de 15 mètres, leur puissance est suffisante pour assurer une communication sûre dans un rayon atteignant une trentaine de kilomètres.

Mais cette portée peut être accrue con-

sidérablement si l'on utilise l'effet directeur des ondes par les fils de transport d'énergie. En plaçant l'antenne d'émission au voisinage de la ligne, les ondes, modulées au préalable par le microphone, sont rayonnées par l'antenne et collectées par la ligne qui les conduit sous forme de courants à haute fréquence jusqu'au poste correspondant.

A l'arrivée, une antenne réceptrice, placée également au voisinage de la ligne, est induite par les courants de haute fréquence qui agissent enfin sur le récepteur. Dans un tel dispositif, les courants de haute fréquence se superposent aux courants du transport de force sans qu'il en résulte aucune gêne à la réception, l'effet de ces derniers pouvant être facilement éliminé.

La transmission de la parole reste assurée, bien entendu, même si les lignes du réseau sont rompues accidentellement et tombées à terre; les ondes quittent la ligne coupée, franchissent l'espace et rejoignent l'autre tronçon. On peut, par ce procédé, réaliser des portées de l'ordre d'une centaine de kilomètres.

Le matériel nécessaire pour réaliser ce système de communication est d'un fonctionnement extrêmement simple;

la figure 17 représente tous les appareils d'émission, de réception et d'appel à l'exclusion des accumulateurs et d'un petit convertisseur pour l'alimentation des lampes. La figure schématique 18 montre la disposition des circuits émetteurs et récepteurs ainsi que l'agencement des antennes par rapport à la ligne.

Le poste comprend deux antennes, l'une pour l'émission, l'autre pour la réception. Toutes deux sont constituées par deux fils tendus parallèlement à la

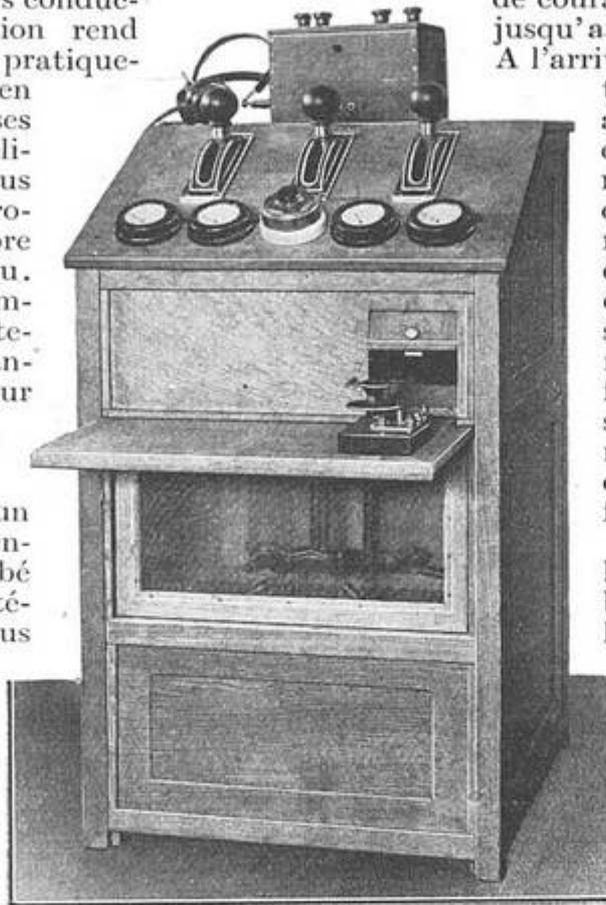


FIG. 13. — POSTE ÉMETTEUR RADIOTÉLÉPHONIQUE ULTRA-MODERNE

D'une portée de 350 kilomètres, ce poste est enfermé dans un meuble élégant. Il utilise trois lampes ayant chacune une puissance de 200 watts, placées à la partie inférieure et à l'intérieur du meuble. Le manipulateur, placé sur la tablette, permet de transmettre des signaux de télégraphie sans fil.

ligne de transport d'énergie sur une longueur de 80 à 120 mètres, à un écartement de 1 à 2 mètres, de façon qu'elles ne puissent, en aucun cas, même accidentellement, venir en contact avec les fils du réseau à très haute tension.

L'émetteur utilise à volonté une ou deux petites lampes à trois électrodes, suivant la portée à réaliser. Le circuit microphonique agit ici simplement par

est déclenchée par une simple émission sur l'onde pour laquelle le récepteur est accordé, mais, pour celle-ci seulement. Dans le cas où le poste peut être appelé par plusieurs correspondants différents, il est nécessaire que l'appel soit accompagné d'une indication désignant le poste appelant. Un appareil ingénieux nommé « indicateur d'appel », a été créé à cet effet ; il provoque l'allumage

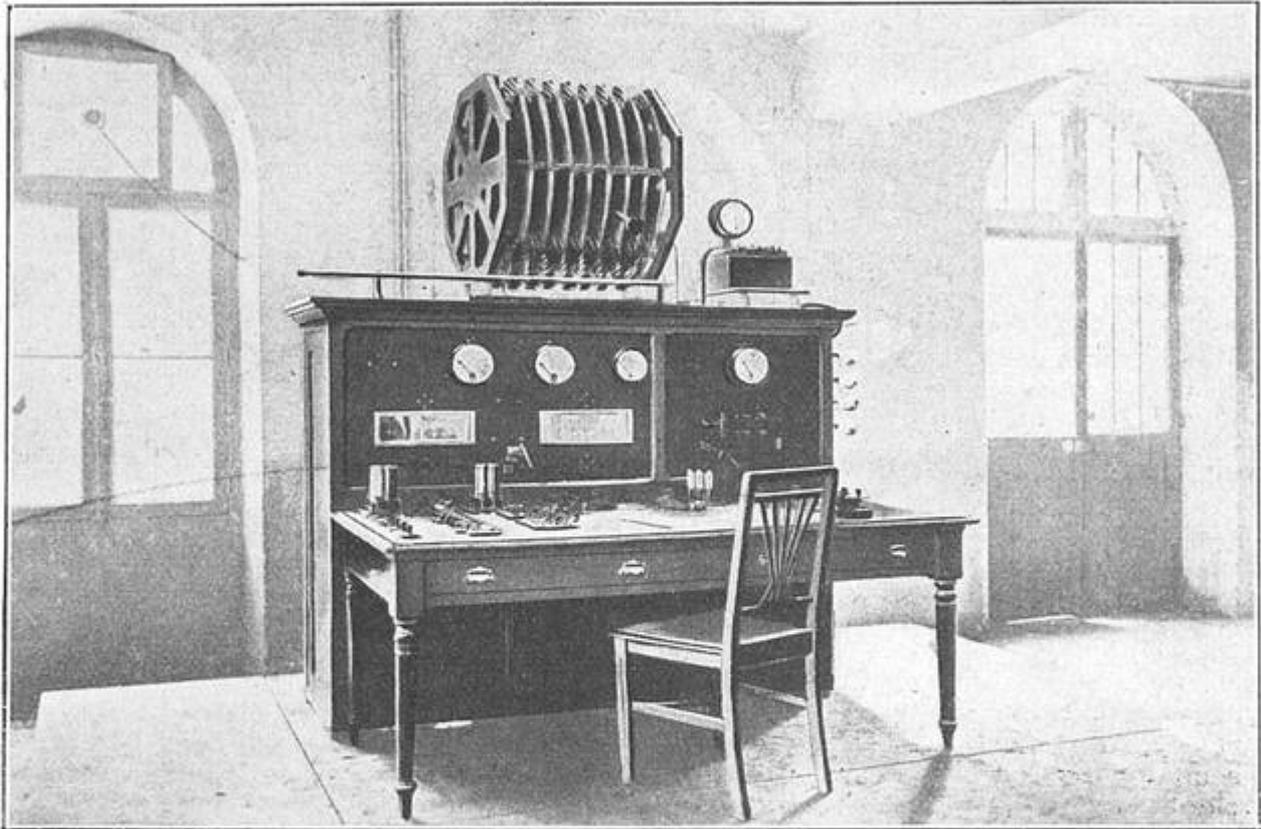


FIG. 14. — POSTE RADIOTÉLÉPHONIQUE ÉMETTEUR DE LA STATION DE SAINTE-ASSISE

Ce poste permet de réaliser des portées de 1.600 kilomètres. Il utilise, pour la production des ondes entretenues, huit lampes de 500 watts. Le courant d'alimentation des circuits de plaque de ces lampes est fourni par un alternateur de 5 kilowatts, produisant des courants à 600 périodes par seconde.

absorption sur l'antenne. L'émetteur permet l'emploi de sept ondes différentes qui correspondent aux trous disposés sur la face avant. L'énergie nécessaire pour faire fonctionner le poste est fournie par un petit groupe convertisseur alimenté soit directement par le réseau, soit par des accumulateurs, afin que l'installation puisse fonctionner, même en cas de panne du secteur de distribution.

Le récepteur ne comporte qu'une seule lampe servant à la fois de détecteur et d'amplificateur. Il est complété par un annonceur avec sonnerie, qui avertit lorsque le poste est appelé. La sonnerie

d'une petite lampe indicatrice du poste radiotéléphonique qui a fait l'appel.

Le croquis 16 représente schématiquement un réseau comprenant, en *A*, *B* et *C*, trois postes fixes pouvant communiquer deux à deux. Sur la ligne est placé un poste mobile qui peut être installé dans le camion de l'équipe de réparation et qui, mis en station en un point quelconque de la ligne, permet aux surveillants de communiquer avec l'un quelconque des postes du réseau.

Les premiers essais du système que nous venons de décrire ont eu lieu l'été dernier sur le réseau de la Compagnie

Electrique du Nord ; des postes étaient installés à Hirson et à Beautor. Les résultats ont été pleinement satisfaisants et plusieurs autres secteurs électriques sont maintenant munis de ces appareils qui sont appelés à supplanter à bref délai les liaisons à fil pour l'exploitation des réseaux de distribution de courant.

Une application intéressante de ces dispositifs est à envisager également pour l'exploitation des chemins de fer. Ils permettront de réaliser d'une façon sûre les liaisons entre stations, entre trains et gares, et entre trains en marche. On dispose, en effet, le plus souvent le long d'une voie ferrée, de nappes de fils métalliques parallèles à la voie qui peuvent être utilisés pour canaliser les ondes magnétiques émises par les petits postes que nous venons de décrire.

Malgré les résultats merveilleux et vraiment pratiques de la radiotéléphonie, il ne semble pas qu'elle puisse supplanter la téléphonie avec fil dans les communications entre abonnés d'une même ville ou d'un même pays. La gamme de longueurs d'ondes utilisables pour la radiotéléphonie n'est pas infinie, et si l'on considère qu'il faut laisser une marge suffisante pour qu'elles ne risquent pas de se brouiller mutuellement à la réception, on s'aperçoit que le nombre de communications possibles se-

rait loin d'être suffisant pour faire face à tous les besoins d'une exploitation intensive dans la même région. Il ne faut pas oublier, d'autre part, que l'éther est déjà traversé par les ondes de nombreux postes de télégraphie sans fil qui ne parviennent à éviter le brouillage que grâce à une réglementation judicieuse ; or, les longueurs d'ondes utilisées par ces postes ne sont, évidemment, plus disponibles pour la radiotéléphonie.

Mais il existe nombre d'applications pour lesquelles la radiotéléphonie permettra de réaliser des liaisons jusqu'alors à peu près impossibles ou malaisées par d'autres procédés.

Des postes fixes permettront de relier entre elles, dans les régions dépourvues de communications, des fermes ou des châteaux éloignés, des usines ou des chantiers appartenant à la même entreprise ; des stations de montagne souvent isolées par les neiges.

Des stations plus puissantes installées

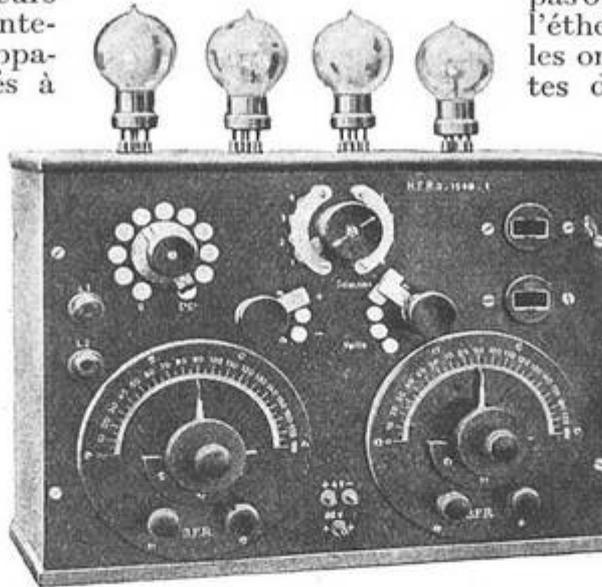


FIG. 15. — TYPE D'AMPLIFICATEUR DÉTECTEUR A RÉSONANCE

Cet appareil a été utilisé le 26 novembre 1921 à l'occasion d'un banquet organisé par la Société Amicale des Ingénieurs de l'École supérieure d'Electricité pendant lequel les convives ont entendu M^{lle} Brothier, de l'Opéra-Comique, qui chantait devant un microphone à la station de Sainte-Assise, à 40 kilomètres de Paris.

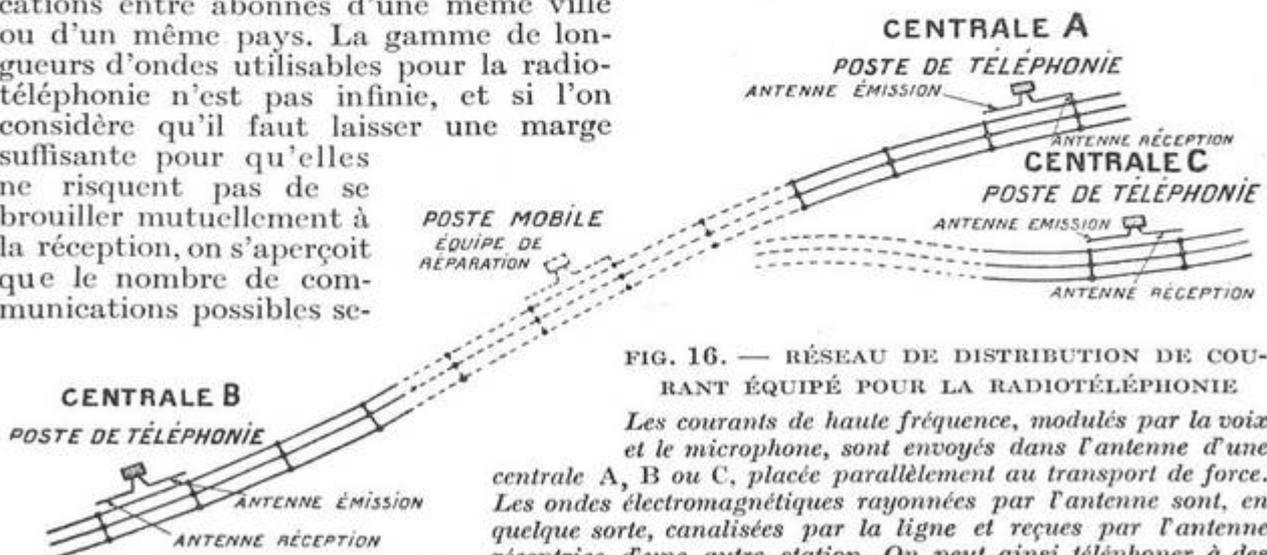


FIG. 16. — RÉSEAU DE DISTRIBUTION DE COURANT ÉQUIPÉ POUR LA RADIOTÉLÉPHONIE

Les courants de haute fréquence, modulés par la voix et le microphone, sont envoyés dans l'antenne d'une centrale A, B ou C, placée parallèlement au transport de force. Les ondes électromagnétiques rayonnées par l'antenne sont, en quelque sorte, canalisées par la ligne et reçues par l'antenne réceptrice d'une autre station. On peut ainsi téléphoner à des

distances considérables avec une puissance très faible. Une équipe de réparation sur la ligne restera constamment en communication avec les centrales A, B ou C grâce à un petit poste monté dans un camion.

dans les capitales ou les villes importantes pourront téléphoner à heures fixes des messages d'information, cours de bourses, résultats sportifs, etc... que recevront un très grand nombre de postes récepteurs placés chez les abonnés de toute une région. Le nombre des abonnés pourra être multiplié d'autant mieux que le matériel d'un poste récepteur est relativement peu coûteux. On disposera ainsi d'un

rapidement affaiblis par la grande « capacité » que possèdent les deux armatures du câble, nécessaires pour sa solidité.

Les particuliers pourront utiliser eux-mêmes ces liaisons radiotéléphoniques transcontinentales avec la plus grande facilité. On a, en effet, réussi à actionner à distance une station radiotéléphonique au moyen d'une ligne téléphonique à fil ordinaire. Un abonné quelconque du

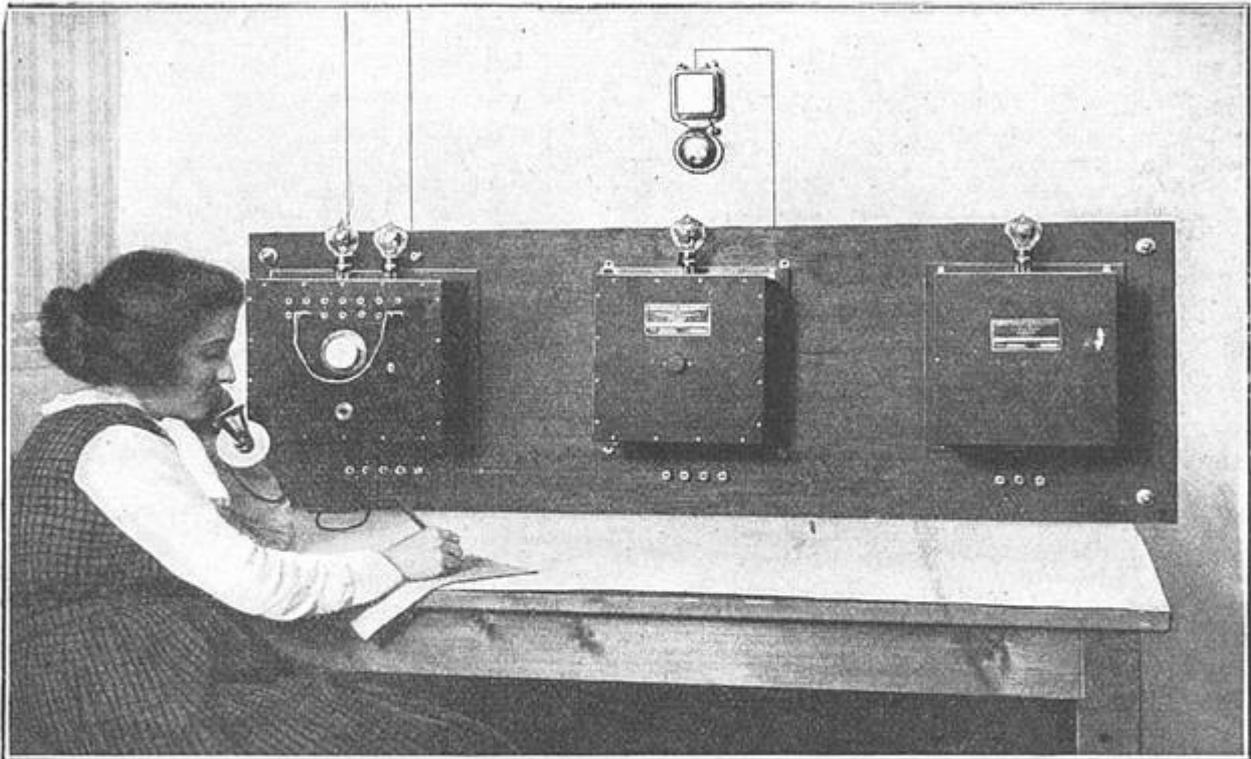


FIG. 17. — POSTE ÉMETTEUR ET RÉCEPTEUR DE RADIOTÉLÉPHONIE AVEC APPEL ASSURANT LES COMMUNICATIONS ENTRE LES CENTRALES ET LES SOUS-STATIONS D'UN RÉSEAU DE DISTRIBUTION D'ÉLECTRICITÉ OU DE TRANSPORT DE FORCE

L'émetteur placé à gauche, utilise à volonté une ou deux lampes à trois électrodes, suivant la portée à réaliser. Au centre, se trouve l'appareil récepteur et, à droite, est placé l'annonceur qui avertit le poste appelé par une sonnerie ou une lampe.

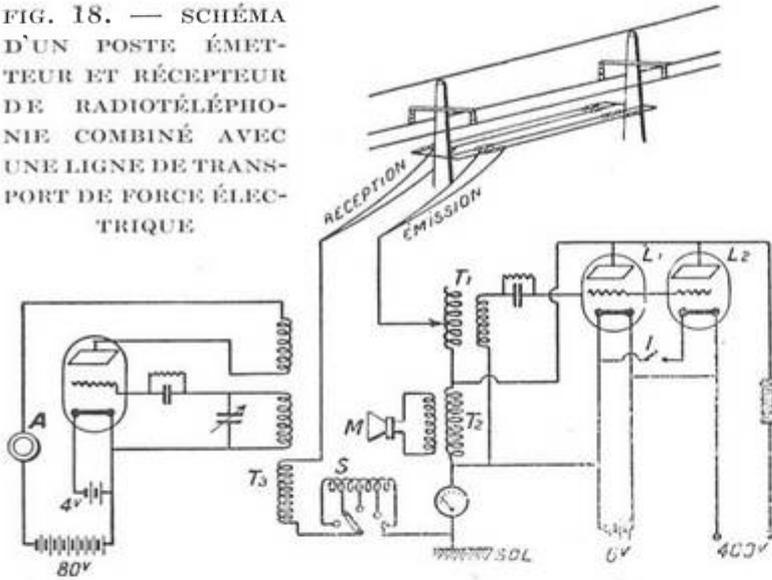
moyen ultra-rapide pour diffuser dans tout un pays les nouvelles et les idées.

Ces mêmes stations pourront être employées à donner à leurs abonnés des auditions de musique, de chants, ou à leur faire entendre une pièce de théâtre.

Des postes plus puissants encore, équipés avec les alternateurs à haute fréquence dont nous avons parlé, permettront de communiquer entre continents partout où les câbles sous-marins sont incapables de transporter la voix. On sait, en effet, que les câbles d'une certaine longueur ne peuvent transmettre les courants téléphoniques qui sont très

réseau d'État pourra, en demandant la communication avec la station radiotéléphonique, parler de chez lui avec un correspondant habitant l'Algérie, par exemple. Il entendra sa réponse dans son propre récepteur, exactement comme s'il téléphonait à un autre abonné de la même ville. Ce nouveau mode de liaison paraît convenir tout spécialement à nos possessions du nord de l'Afrique et à la Corse avec lesquelles on ne peut téléphoner actuellement. Il suffirait d'installer deux stations radiotéléphoniques, de puissance appropriée à la distance, l'une sur la côte française et l'autre sur la côte algé-

FIG. 18. — SCHEMA D'UN POSTE ÉMETTEUR ET RÉCEPTEUR DE RADIODÉLÉPHONIE COMBINÉ AVEC UNE LIGNE DE TRANSPORT DE FORCE ÉLECTRIQUE



Les variations de courant produites par les paroles prononcées devant le microphone M modulent, par l'intermédiaire du transformateur T_2 , les courants de haute fréquence engendrés et amplifiés par les lampes L_1, L_2 . L'antenne est accouplée à l'appareil au moyen du transformateur T_1 . L'interrupteur I permet de mettre à volonté une ou deux lampes en circuit. Le schéma de réception, situé à gauche, est constitué par un transformateur T_3 , une lampe détectrice et un écouteur téléphonique A. La bobine de self induction S permet d'obtenir l'accord voulu.

rienne. La station française serait reliée par fil au réseau téléphonique de la métropole et la station algérienne serait reliée au réseau local. Un abonné parisien pourrait être mis en communication avec la station française côtière, les courants modulés par son microphone, transportés par le fil, agiraient sur l'émission de cette dernière et traverseraient la Méditerranée sous forme d'ondes modulées. La station algérienne recueillerait ces ondes, les transformerait en courants téléphoniques qui parviendraient par fil au récepteur d'un abonné quelconque du réseau algérien (voir la fig. 19 ci-contre).

Enfin, sur mer, la radiotéléphonie permettra aux passagers de se tenir constamment en communication avec la côte.

D'ailleurs, si l'on envisage encore l'emploi de stations côtières servant de relais avec le réseau téléphonique de l'État, ainsi qu'il vient d'être expliqué, les particuliers pourront téléphoner très facilement d'une ville quelconque et de chez eux avec un navire en pleine mer.

Enfin, par temps de brouillard, les bateaux pourront être guidés au moyen des indications qui leur seront téléphonées de la côte où des postes radiogoniométriques auront permis au préa-

lable de déterminer leur position. On pourra ainsi conduire de la côte un navire et l'amener au port en toute sécurité.

Rappelons l'utilisation que font les avions des postes radiotéléphoniques pour parler avec le sol, signaler leur approche aux terrains d'atterrissage et en recevoir les avis intéressant la navigation aérienne tels que vitesse et direction du vent, arrivée d'une bourrasque, brume, etc...

On voit que, malgré la restriction que nous avons faite au début, un champ extrêmement vaste s'ouvre pour les applications pratiques de la radiotélé-

phonie. Les agriculteurs pourront facilement recevoir

des prévisions régionales du temps de l'Office national météorologique, au moment même où elles sont élaborées. En effet, une installation de téléphonie sans fil de la Tour Eiffel permettra de téléphoner directement, de l'Office national météorologique, des prévisions régionales qui pourront être entendues dans toute la France. Il suffira, pour écouter ces transmissions, de posséder un appareil récepteur très simple pouvant être installé chez soi à peu de frais et utilisé sans aucune instruction préalable de lecture au son, ce qui écarte la difficulté principale de la vulgarisation de la T. S. F.

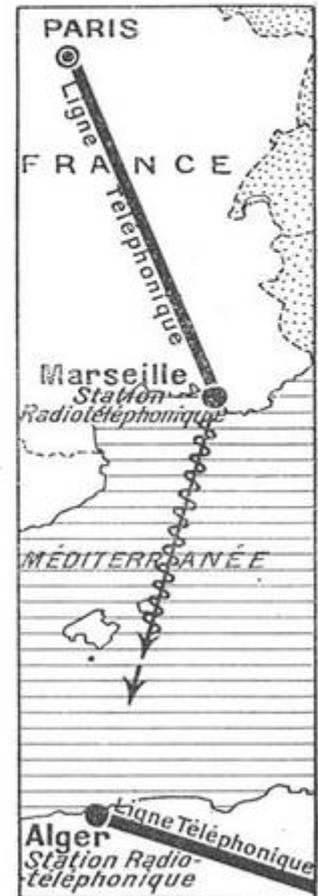


FIG. 19. — COMBINAISON DE LA TÉLÉPHONIE ORDINAIRE ET DE LA RADIODÉLÉPHONIE

JEAN MARCHAND.