

vol 1/1

C

C

L'ONDE ÉLECTRIQUE

SOCIÉTÉ DES AMIS DE LA T. S. F.

BUT DE LA SOCIÉTÉ

Les grands progrès réalisés en télégraphie sans fil dans ces dernières années, sous la pression des nécessités de la guerre, sont dus, pour une bonne part, aux travaux coordonnés de tous les techniciens français, dont le rôle a été considérable, et a permis à la France de prendre incontestablement le premier rang dans le développement de cette science nouvelle.

La télégraphie sans fil a fait une partie de la force de notre pays ; c'est maintenant un devoir pour nous de maintenir sur le terrain scientifique l'union réalisée avec tant de cœur pendant la guerre.

C'est dans ce but que s'est constituée la **Société des Amis de la T. S. F.** De précieux encouragements nous sont venus par la constitution d'un Comité de patronage où de hautes personnalités de la Science et de l'Industrie nous apportent leur plus large concours.

Nous faisons aujourd'hui appel à tous, amateurs, techniciens ou industriels, aux Sociétés et aux groupements de tout ordre, pour leur demander de se réunir autour du Comité de patronage de la **Société des Amis de la T. S. F.**

En dehors de toute préoccupation commerciale, la **Société des Amis de la T. S. F.** s'efforcera d'établir entre ses membres des relations suivies au moyen de réunions et de conférences techniques, et de contribuer à l'avancement de la radiotélégraphie théorique et appliquée et des sciences qui s'y rattachent : un bulletin périodique, à la fois scientifique et de large vulgarisation, est publié par les soins de la Société et adressé gratuitement à tous ses membres. Grâce à une bibliographie étendue, ils pourront y suivre le développement de la T. S. F. en France et dans tous les pays étrangers.

L'extrait des Statuts, dont la rédaction est en harmonie avec les Statuts-type du Conseil d'Etat que l'on trouvera ci-après, indique les différentes formes d'adhésion. Les personnes en cours d'études ou de formation professionnelle pourront s'inscrire comme Membres associés.

LES FONDATEURS :

H. ABRAHAM,
Professeur à la Sorbonne.

A. BLONDEL,
Membre de l'Institut.
Général FERRIÉ.

P. BRENOT,
*Directeur de la Compagnie Générale
de Télégraphie sans Fil.*

J. CORNU,
*Chef de bataillon du Génie en retraite,
Administrateur-Directeur
de la Société d'Études et de Recherches
industrielles.*

A. PEROT,
Professeur à l'École Polytechnique.
Société des Ingénieurs Coloniaux

J. PARAF,
*Directeur de la Société
des Forces Motrices de la Vienne.*

EXTRAIT DES STATUTS

ARTICLE PREMIER. — La Société des Amis de la T. S. F. a pour but :

1^o De contribuer à l'avancement de la radiotélégraphie théorique et appliquée, ainsi qu'à celui des sciences et industries qui s'y rattachent ;

2^o D'établir et d'entretenir entre ses membres des relations suivies et des liens de solidarité.

Elle tient des réunions destinées à l'exposition et à la discussion des questions concernant la radiotélégraphie et tout ce qui s'y rattache.

Elle publie un bulletin qui est adressé gratuitement à tous ses membres.

Elle recourt à toutes les formes d'activité de nature à réaliser le but qu'elle poursuit.

Elle s'interdit toute ingérence dans les entreprises industrielles ou commerciales quelconques, autres que celles qui concernent son administration propre.

La durée de la Société est illimitée.

Elle a son siège à Paris.

ART. 2. — La Société se compose de membres titulaires — dont certains en qualité de membres bienfaiteurs ou de membres donateurs — de membres associés et de membres d'honneur.

Tout membre titulaire qui aura pris l'engagement de verser pendant cinq années consécutives une subvention annuelle d'au moins 1.000 francs pour favoriser les études et publications scientifiques ou techniques entre-

prises par la Société, recevra le titre de membre bienfaiteur.

Ceux qui, parmi les membres titulaires, auront fait don à la Société, en dehors de leur cotisation, d'une somme de 300 francs au moins, seront inscrits en qualité de donateurs.

Les personnes âgées de vingt-cinq ans au plus, en cours d'études ou de préparation professionnelle, peuvent être admises à faire partie de la Société en qualité de membres associés. Les membres associés, dont l'admission est subordonnée aux mêmes règles que celle des membres titulaires, ne sont toutefois élus que pour cinq années, après lesquelles ils deviennent d'office membres titulaires, à moins qu'ils ne déclarent se retirer de la Société.

Tous les membres de la Société, sauf les membres d'honneur, paient une cotisation annuelle dont le minimum est fixé comme suit :

Membres titulaires	(Particuliers.	25 francs
	(Sociétés ou collectives	100 —

Membres associés	15 —
------------------	------

Les particuliers, membres titulaires, peuvent racheter leur cotisation annuelle moyennant le versement d'une somme égale à quinze fois leur cotisation annuelle.

Les membres de la Société résidant à l'étranger devront verser, en sus de leur cotisation annuelle, une somme de 5 francs par an pour couvrir le supplément des frais postaux entraîné par le service du bulletin.

L'ONDE ÉLECTRIQUE

REVUE MENSUELLE

PUBLIÉE PAR

LES AMIS DE LA T. S. F.

COMITÉ DE PATRONAGE

MM.

Georges LEMOINE, président de l'Académie des Sciences.

L. E. BERTIN, vice-président de l'Académie des Sciences.

Alfred LACROIX, secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences.

Emile PICARD, secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences.

Henri DESLANDRES, ancien président de l'Académie des Sciences.

BLOT-GARNIER, président de l'Union des Horlogers de France.

Henri BOUSQUET, président du Conseil d'administration de la Compagnie Générale de Télégraphie sans Fil.

Gabriel CORDIER, président de l'Union des Industries métallurgiques et minières.

J. DAL PIAZ, président du Conseil d'administration de la Compagnie Générale Transatlantique.

MM.

S. DERVILLE, président du Syndicat des Chemins de fer de Ceinture de Paris.

Charles FERRAND, président de la Chambre syndicale des Constructeurs de Navires.

Hubert GIRAUD, administrateur-délégué de la Société Générale de Transports Maritimes à Vapeur.

Société des Ingénieurs Coloniaux.

J. LE CESNE, président de l'Union Coloniale française.

Raynald LEGOUÉZ, président de l'Union des Syndicats de l'Electricité.

A. MESSIMY, ancien ministre.

Denis PÉROUSE, président du Syndicat des Armateurs de France.

J.-B. POMEY, ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

Pour tous renseignements concernant la Rédaction, s'adresser à
M. CORNU, secrétaire général, 102 bis, rue Didot, PARIS-XIV^e (Saxe 21-23)

ÉTIENNE CHIRON, ÉDITEUR
40, RUE DE SEINE
PARIS

Library
Boulder Laboratories
National Bureau of Standards
Boulder, Colorado

DEC 2 1954

L'ONDE ÉLECTRIQUE

Revue mensuelle publiée par les Amis de la T. S. F.

ABONNEMENT D'UN AN		Étienne CHIRON	PRIX
		ÉDITEUR	DU NUMÉRO (64 PAGES)
France	30 fr.	40, RUE DE SEINE, PARIS	3 francs
Étranger	35 fr.	CHÈQUES POSTAUX : PARIS 53-35	

Pour ce qui concerne la Rédaction de *l'Onde Électrique* et la Société des Amis de la T. S. F.
 :: :: :: s'adresser à M. CORNU, 102 bis, rue Didot, PARIS-XIV^e :: :: :: ::

L'Onde Électrique, dont nous présentons ici le premier numéro, a été principalement créée pour permettre à la Société des Amis de la T. S. F., dont elle est l'organe, de réaliser le double programme exposé dans les statuts de la Société :

Contribuer à l'avancement de la Radiotélégraphie théorique et appliquée ainsi qu'à celui des sciences et industries qui s'y rattachent ;

Établir et entretenir entre ses Membres des relations suivies et des liens de solidarité

Chaque numéro de L'Onde Électrique comprendra en principe :

Une partie technique inédite où les spécialistes exposeront en toute liberté le résultat de leurs travaux, où les industriels trouveront une tribune pour faire connaître leurs idées, où les Membres de la Société pourront se mettre au courant des dernières recherches et des derniers progrès.

Une partie bibliographique donnant des analyses et des

références sur tout ce qui se publiera dans les revues techniques spéciales, tant françaises qu'étrangères.

Une partie « Amateurs » où des causeries d'un niveau moins élevé permettront aux Membres associés d'accroître leurs connaissances en télégraphie sans fil.

C'est par ces trois genres d'articles que L'Onde Électrique espère contribuer à l'avancement de la Radiotélégraphie.

Pour établir, entre les Membres de la Société des Amis de la T. S. F., les liens de solidarité qui leur seront si précieux, le bulletin sera largement ouvert à tous les desiderata, à toutes les suggestions de ses lecteurs

La Direction sera toujours heureuse d'entrer en correspondance avec eux. Une rubrique d'offres et de demandes d'emploi, des renseignements sur les déplacements et changements de situation des membres de la Société, pourront être insérés sur leur demande.

L'Onde Électrique est également à la disposition des organes des divers groupements radiotélégraphiques actuellement existants, pour publier toutes communications qui pourraient leur être utiles.

Le journal répondra pleinement aux intentions de ses fondateurs si, tout en devenant la revue technique ouverte à tous et entièrement indépendante, il contribue en même temps à resserrer les liens de confiance réciproque et d'amitié que la guerre avait noués entre les radiotélégraphistes français.

LES FONDATEURS.

LES AMPLIFICATEURS A RÉSISTANCES

Par LÉON BRILLOUIN

1. *Introduction.* — Je rappellerai ici la théorie des amplificateurs à résistances, tels que nous les avons réalisés dès 1916, M. G. Beauvais et moi. De nombreux articles, souvent incomplets, ont déjà paru sur ce sujet; je ne les discuterai pas en détail, et expliquerai le fonctionnement réel, tel que j'ai pu l'analyser lors de l'étude très détaillée que j'en ai faite. La plupart des résultats datent de 1916 ou 1917, comme en fait foi le dépôt des brevets correspondants (*). Je terminerai

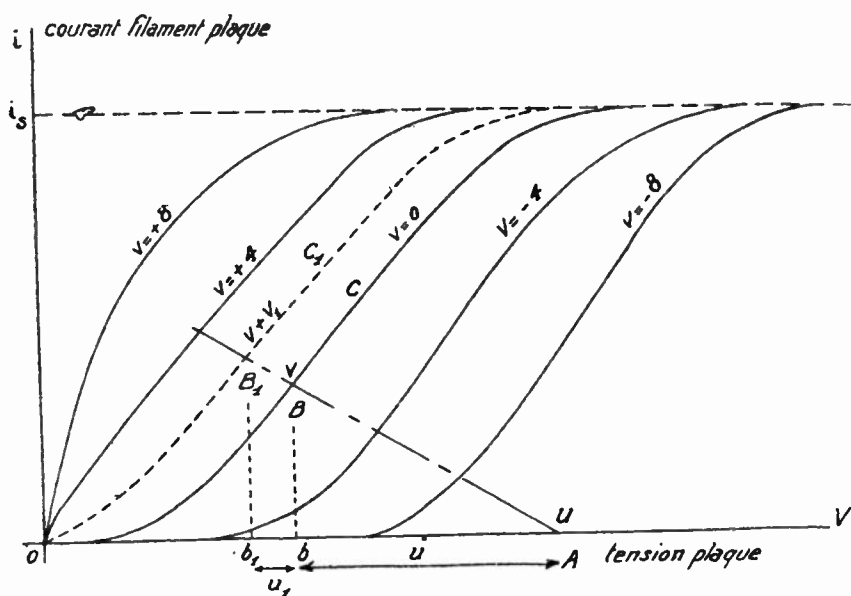


Fig. 1.

par une description des derniers types d'appareils réalisés par la Société Indépendante de télégraphie sans fil, sous une forme qui constitue un réel perfectionnement pratique.

2. *Rappel des propriétés des lampes amplificatrices.* — Les lampes amplificatrices à trois électrodes, souvent appelées audions, fournis-

(*) Brevets français : Brillouin et Beauvais, n° 493 332, du 27 mars 1916;

— Brillouin et Beauvais, n° 492 666, du 7 nov. 1916;

— Brillouin, n° 503 765, du 8 oct. 1917;

— Brillouin, n° 503 765, du 8 oct. 1917;

et brevets étrangers correspondants.

sent, entre filament et plaque, un courant qui dépend des tensions appliquées à la grille et à la plaque. La figure 1 rappelle la forme des courbes caractéristiques, si l'on prend pour abscisse la tension V de plaque, et pour ordonnée le courant i filament-plaque. Chaque courbe correspond à une valeur fixe de la tension de grille, v . Dans leur partie médiane, ces courbes sont sensiblement rectilignes, et l'on peut, dans cette région, exprimer la relation entre i , v , V par une formule telle que :

$$(1) \quad V + kv - b = \rho i.$$

Ceci signifie que la lampe est équivalente à une résistance ρ (20 000 à 25 000 ω environ pour les lampes T. M.) soumise à la tension V et à une force électromotrice auxiliaire $kv - b$; le facteur k (8 à 10 dans les lampes T. M.) représente le coefficient d'amplification en potentiel pour la lampe étudiée. Ces résultats sont valables lorsque $(V + kv - b) 1/\rho$ est un peu supérieur à zéro et un peu inférieur à la valeur i_s du courant de saturation.

Quelques auteurs ont essayé de faire la théorie du mouvement des

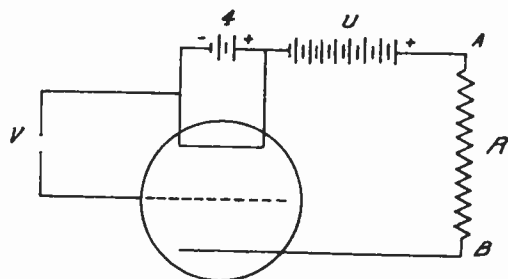


Fig. 2.

électrons dans la lampe, mais ces tentatives sont actuellement encore très incomplètes et ne redonnent pas nettement les résultats expérimentaux que nous venons de rappeler.

3. *Résistance dans le circuit plaque.* — Si la plaque de la lampe est reliée à une batterie, de tension U , par l'intermédiaire d'une résistance R , il sera facile de trouver le potentiel que prendra cette plaque B. La formule (1) donne

$$(2) \quad V + kv = (\rho + R) i$$

et le potentiel du point B (plaque) est $V = U - Ri$. Ceci se retrouve aisément sur la figure 1. Le potentiel de B est donné par l'intersection de la caractéristique avec la droite $V = U - Ri$.

Si l'on fait maintenant varier la tension grille en la faisant passer

à la valeur $v + v_1$, la courbe représentative nouvelle, C_1 , coupe la droite en un point B_1 , dont le potentiel est inférieur à celui de B . Élever la tension de grille a donc pour résultat d'augmenter le courant de plaque i , et d'abaisser la tension de plaque V . Ceci se retrouve sur la formule (2); à la tension $v + v_1$, correspond l'équation

$$(3) \quad U + k(v + v_1) - b = (\rho + R)i_1.$$

Le nouveau potentiel de la plaque est $V_1 = U - Ri_1$. Et la variation de ce potentiel est donnée par

$$(4) \quad u_1 = V_1 - V = -R(i_1 - i) = -\frac{R}{\rho + R}kv_1.$$

Il semblerait intéressant d'augmenter R autant que possible, pour approcher de la valeur $-kv_1$; on est limité par les zones courbes des caractéristiques, pour lesquelles les hypothèses ci-dessus cessent d'être valables. Pour des tensions de 80 à 160 volts à la batterie plaque, les valeurs optimum des résistances R sont de 75 000 ω environ pour les lampes T. M. employées. Le rapport $\frac{R}{\rho + R}$ est alors de l'ordre de 0,8; le coefficient k étant voisin de 8, on voit que le montage à résistance donne une amplification en potentiel de

$$\frac{u_1}{v_1} = \frac{R}{\rho + R}k = 0,64.$$

On trouve bien, dans la réalité, une amplification de cet ordre pour chaque étage.

4. *Schéma complet d'un étage d'amplification.* — Pour former un étage d'amplificateur, il faut transmettre à la grille de la lampe suivante la variation de tension obtenue sur la plaque de la première lampe. On peut obtenir ce résultat en connectant directement ces deux points — avec une pile convenable intercalée. — Mais ces piles accessoires sont peu pratiques, et, s'il s'agit d'amplifier un courant alternatif, on obtient un montage beaucoup plus commode par l'emploi d'une capacité de liaison (fig. 3).

La capacité C relie la plaque P_1 de la première lampe à la grille G_2 de la deuxième lampe. Celle-ci est, en outre, reliée par une résistance r à un point à potentiel fixe, par exemple le point $+4$ V. Cette résistance r , très élevée, a pour but de maintenir à une valeur moyenne convenable le potentiel moyen de la grille. Certains auteurs jugent préférable de mettre une tension négative sur les grilles; cela n'a, en réalité, qu'une très faible importance, tant qu'il s'agit d'amplifier de

*

très petites oscillations ; pour des oscillations d'un peu grande amplitude, une tension négative des grilles et une tension très élevée des plaques sont préférables ; il faut, en effet, éviter que les points de fonctionnement de la lampe n'atteignent les portions courbes des

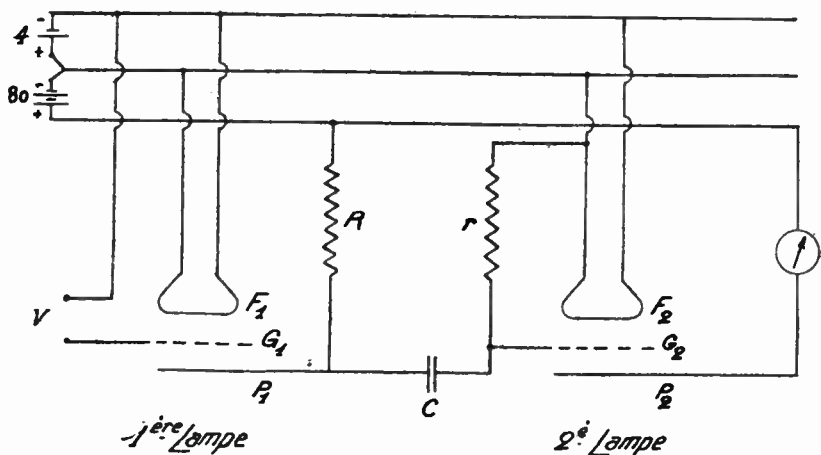


Fig. 3.

caractéristiques, ce qui provoquerait des déformations de la forme du courant. D'ailleurs, dès que les oscillations sont grandes, le potentiel moyen des grilles s'abaisse automatiquement, ainsi que nous l'expliquerons plus loin.

Le fonctionnement du schéma (3) est très facile à expliquer. Si j'applique à la grille G_1 une tension alternative v_1 de pulsation ω , j'obtiens aux bornes de la résistance R une tension alternative u , proportionnelle à v_1 , ainsi que nous l'avons vu au paragraphe précédent. Cette tension u , débite sur le circuit $C r$. Le diagramme vectoriel (fig. 4) indique alors le courant i' qui passe dans ce circuit dérivé : le vecteur OG_2 donne la tension alternative appliquée à la grille de la seconde lampe. Si l'on veut que OG_2 soit presque égal à OP_1 , on doit prendre

$$(5) \quad r \gg \frac{1}{C\omega}$$

Il y aura toujours un léger décalage d'un angle φ entre les deux vecteurs. Pratiquement, la résistance r est de quelques mégohms,

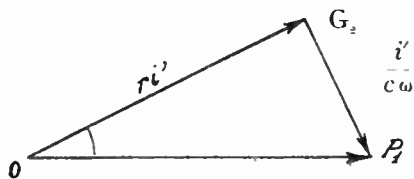


Fig. 4.

5 Ω , par exemple; il faut, pour être exact, compter aussi la résistance moyenne de l'espace filament grille (F, G_1) de la deuxième lampe. Au point de fonctionnement que prend automatiquement la lampe, cette résistance interne atteint un ou deux mégohms environ; ces deux résistances en parallèle font donc à peu près 1 Ω ; la capacité C a une valeur relativement élevée, mais le courant dérivé i' est de toutes façons très faible, ce qui justifie les approximations faites plus haut. On pourra donc, au moyen d'un appareil déterminé, amplifier des oscillations ayant toutes les fréquences supérieures à une certaine limite ω_1 ; cette limite est donnée par la condition (5); on peut admettre, par exemple, une perte de tension de 1/10 entre OP_1 et OG_1 , ce qui donne la condition

$$Cr\omega_1 = 10 \quad \omega \geq \omega_1$$

L'expérience vérifie très exactement ces résultats; un amplificateur muni de capacités de liaison de 0,5 MF, par exemple, amplifie uniformément pour toutes les fréquences supérieures à 200. Pour les oscillations de haute fréquence de la télégraphie sans fil, la capacité de liaison pourra être de 0.0005 MF ou même moins. Si l'on porte les capacités à quelques microfarads, l'amplificateur peut fonctionner sur des fréquences très basses, une par seconde et même moins. Le schéma est donc d'une extrême souplesse. J'indiquerai plus loin les restrictions relatives aux très courtes longueurs d'onde (très hautes fréquences), pour lesquelles se manifestent des effets parasites gênants.

5. *Valeur de la tension moyenne de grille. Effets détecteurs.* — Nous avons examiné jusqu'ici les faits les plus importants, qui forment les phénomènes du premier ordre. Mais il est intéressant d'examiner aussi quelques-uns des effets du deuxième ordre, parmi lesquels la détection dans le circuit grille. Un type de raisonnement indiqué par M. G. Beauvais permet d'aborder ce problème. Examinons comment se fixe le potentiel moyen de la grille. La figure 5 donne la caractéristique du courant grille. L'intersection de cette courbe avec la droite D , d'équation

$$(6) \quad v = v_a - ri,$$

donne en G le potentiel v_g que prend la grille. J'ai noté v_a le potentiel fixe de l'extrémité de la résistance r de grille. On a

$$v_a = +4$$

dans le schéma de la figure 4. La tangente T de la courbe au point G donne la résistance apparente de l'espace filament-grille.

Si je transmets des oscillations de tension à la grille, par la capacité C , le point représentatif oscillera, le long de la courbe, entre deux

Dans cette expression, les termes en $(v' - v_0)^2$ sont négligeables, la variation moyenne de tension étant très petite devant l'amplitude a des oscillations. En prenant la moyenne dans le temps, on obtient le courant moyen $\bar{i}$

$$(10) \quad \bar{i} = i_0 + (v' - v_0) f'_0 + \frac{a^2}{4} f''_0.$$

La grille G étant réunie au point à tension fixe v_A par la résistance r , les tensions et courants moyens i' et v' doivent satisfaire, eux aussi, à la relation (6) qui devient

$$(11) \quad v' = v_A - r i_0 - (v' - v_0) r f'_0 - \frac{a^2}{4} r f''_0.$$

En tenant compte de (6 bis) on obtient

$$(12) \quad (v' - v_0) (1 + r f'_0) = - \frac{a^2}{4} r f''_0.$$

On voit que, pour rendre aussi grande que possible la variation de tension $v' - v_0$, il faut choisir une valeur de résistance r et un point de fonctionnement tels que $r f''_0$ soit très grand et $1 + r f'_0$ très petit. Dans la région utilisée, la caractéristique de grille est peu inclinée;

$\frac{1}{f'_0}$ représente une résistance à peu près égale à 1 mégohm; comme r est de l'ordre de quelques mégohms, le terme $1 + r f'_0$ sera égal à quelques unités et compris, en général, entre 1 (pour $r=0$) et 20. Quant au terme en $r f''_0$, il est maximum lorsque le point de fonctionnement est sur une zone de caractéristique à très forte courbure.

Pour des résistances r très élevées (supérieures à 20 mégohms), on pourra simplifier le résultat, en négligeant 1 devant $r f'_0$, ce qui donne

$$(12 \text{ bis}) \quad v' - v_0 = - \frac{a^2 f''_0}{4 i f'_0}.$$

La valeur de r n'influe plus alors sensiblement.

6. *Effet détecteur en oscillations modulées.* — Il importe d'examiner d'assez près ce nouveau problème, car il comporte quelques complications par rapport aux phénomènes précédemment décrits. Je supposerai donc que j'envoie dans l'amplificateur des oscillations de pulsation ω modulées avec une pulsation ω' ; elles seront, par exemple, de la forme

$$v = A \cos \omega' t. \cos \omega t.$$

Un tel résultat est obtenu, lorsqu'au moyen d'une hétérodyne on produit des battements de pulsation ω' sur une onde entretenue fondamentale ω ; s'il s'agit d'une réception musicale, ω' pourra être de l'ordre de 5 000 environ.

Je n'ai, dans ce cas, rien à changer aux paragraphes relatifs à l'amplification de fréquence ω . Mais la théorie du § 5 est à modifier. Il y a, comme je l'indiquais à la fin de l'exposé, un courant supplémentaire moyen débité par la grille; mais, *au lieu d'être continue, la variation de courant a une fréquence musicale ω'* ; ce courant musical ne passera pas seulement par la résistance r , mais retournera aussi par C , dans R et la plaque P_1 de la première lampe (v. fig. 3); appelons R' la résistance constituée par les deux résistances ainsi connectées en parallèle, c'est-à-dire R et la lampe, prise entre P_1 et F_1 . La résistance R vaut 75 000 ω ; la résistance P_1, F_1 est, nous l'avons vu, de 25 000 ω environ; l'ensemble équivaut à une résistance R' de 18 750 ohms. Pour conserver le même fonctionnement qu'au paragraphe précédent, il faut que le circuit G, G, R', A ait une résistance nettement supérieure à r ; sinon, la résistance r est shuntée par R' et la capacité C ; ceci donne la condition

$$\left(\frac{1}{C\omega'}\right)^2 + R'^2 \gg r^2$$

ou

$$\left(\frac{1}{C\omega'}\right)^2 \gg r^2 - R'^2.$$

La résistance R' (18 750 ohms) est négligeable devant r qui vaut quelques mégohms. Nous devons donc écrire que $\frac{1}{C\omega'}$ est nettement plus grand que r ; admettons, par exemple, une valeur de 20 mégohms, et voyons quelle capacité C cela nous conduit à adopter.

$$\frac{1}{C\omega'} = 20 \cdot 10^6.$$

La pulsation ω' de modulation peut être de l'ordre de 5 000 environ, ce qui correspond à un son de fréquence 800: nous aurons alors

$$C = \frac{1}{20 \cdot 10^6 \cdot 5000} \text{ farad} = \frac{1}{100000} \text{ microfarad}.$$

On voit que cette condition conduit à diminuer le plus possible la capacité de la lampe que l'on veut faire agir en détecteur.

7. *Vérification expérimentale, valeur optima.* — Ce fait est très facile à contrôler expérimentalement. On écoute, dans un amplificateur à haute fréquence, des battements à fréquence 800 environ — ou bien un poste musical — ou un vibreur; on fait varier progressivement la capacité de la lampe détecteur (pratiquement la dernière lampe de l'amplificateur); dès que la capacité augmente trop, la récep-

tion s'affaiblit; avec une capacité de l'ordre du millième de MF, la réception est à peu près tuée. Si les battements écoutés sont à très basse fréquence, ou si l'on écoute un poste ronflé (ω' très petit), on pourra, sans affaiblissement notable, augmenter C jusqu'à des valeurs plus élevées, mais on finira toujours par supprimer l'effet détecteur avec une capacité trop grande.

Ce fait a été utilisé dans tous les amplificateurs à résistance. Il est avantageux, en effet, de ne détecter les oscillations qu'après amplification; l'effet détecteur a un rendement d'autant meilleur que les oscillations ont une plus grande amplitude; pour de petites oscillations, le détecteur donne un courant redressé à peu près proportionnel au carré de l'amplitude des oscillations; on s'arrange donc pour que les premières lampes de l'amplificateur ne détectent pas, et que, seule, la dernière lampe de haute fréquence fasse détecteur. Ceci s'obtient très aisément, en donnant aux capacités de liaison des premières lampes des valeurs un peu élevées (0,0005 MF par exemple) et en mettant une très petite capacité sur la dernière lampe. La valeur de cette dernière capacité dépend étroitement de la valeur de la résistance de grille r ; le tableau suivant donne, dans les hypothèses indiquées plus haut, des valeurs correspondantes :

r en mégohms	5	2,5	1	0,75	0,5
C en microfarads	0,00001	0,00002	0,00005	0,00007	0,0001

La capacité C doit être pourtant capable de transmettre, avec un rendement convenable, la haute fréquence à la grille G_1 . La formule 5 a donné la condition correspondante. On voit que, pour des longueurs d'onde plus courtes que 19 000 mètres, une capacité de l'ordre de 0,0002 serait utile, si la résistance r est de 5 mégohms. Il y aura donc un compromis à établir entre ces deux conditions opposées. Supposons une onde de 9 500 m. de longueur d'onde ($\omega = 20\,000$), la condition (5) s'écrirait $C r \omega > 1$; admettons $C r \omega = 5$, ceci nous donne $C = 0,00005$, et nous permet de détecter avec un rendement excellent une modulation de pulsation $\omega' = 1\,000$ (fréquence 170, environ); une modulation $\omega' = 5\,000$ donnera lieu à un abaissement de l'ordre de $1/3$ dans le pouvoir détecteur, ce qui n'a rien d'exagéré (*).

(*) Cette difficulté a souvent échappé; la très grande variabilité de rendement du détecteur à lampe ainsi monté le rend impropre aux mesures. La forme de la courbe de courant influe sur la détection. Cette propriété est très gênante; elle peut fausser, en particulier, les mesures faites avec un voltmètre amplificateur Abraham-Bloch, et en rend l'étalonnage illusoire si on ne l'a pas fait avec un courant de même fréquence, même modulation et même forme de courbe que celui que l'on veut mesurer.

8. *Courtes longueurs d'onde; effets parasites.* — J'indiquais, à la fin du § 4, la gamme de fréquences pour laquelle un amplificateur donné peut avoir un bon rendement. Ce sont, en théorie, toutes les fréquences supérieures à une fréquence limite ω_1 . En réalité, les faits se présentent sous un aspect un peu différent. Un amplificateur peut (phénomènes de détection mis à part) avoir son rendement maximum depuis la fréquence ω_1 jusqu'à une certaine fréquence maximum ω_u . Cette fréquence maximum est assez variable, suivant la construction de l'appareil. Si l'on emploie des résistances sans self ni capacité (*), et que les résistances et capacités soient placées près des lampes, avec de très courtes connexions, la limite est assez uniformément voisine de la fréquence 300 000 ($\lambda = 1\ 000\text{ m.}$) avec les lampes T. M. normales. La cause en est dans la présence de capacités para-

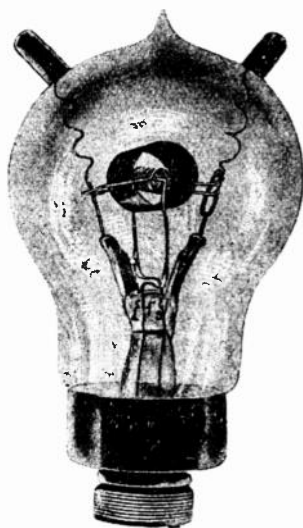


Fig. 6. — Lampe à cornes.

sites dans la lampe. Il y a des capacités de quelques centimètres entre le filament, la grille et la plaque. Ces capacités shuntent les résistances mises en circuit, et abaissent l'amplification. Une étude

(*) Des résistances en fil bobiné sont utilisables seulement dans le domaine des fréquences inférieures à 30 000 environ. Au delà, leur self, leur capacité (donc leur longueur d'onde propre) compliquent et gênent tout. Pour les courtes longueurs d'onde, on peut employer comme résistances des tiges de graphite, crayons, papiers crayonnés ou mieux, des résistances à dépôt cathodique dont nous parlerons dans un prochain article.

détaillée m'a montré qu'une grande part de ces capacités se trouve due, au voisinage des fils de sortie dans le pied en verre de l'ampoule. En écartant ces fils, ou mieux, en ne laissant sortir par le pied que les deux connections du filament, tandis que la grille et la plaque ont des sorties indépendantes, on diminue très sérieusement les capacités parasites. Avec de telles lampes, dites lampes à cornes, on peut réaliser des amplificateurs qui fonctionnent jusqu'à 200 m. de longueur d'onde.

Jusqu'à 1 500 ou 2 000 m., ils fournissent un rendement supérieur à celui d'amplificateurs ordinaires. Pour les plus grandes longueurs d'ondes, les deux modèles sont exactement équivalents. Les derniers appareils réalisés par la Société Indépendante de T. S. F. permettent à volonté l'emploi des lampes à cornes ou de lampes ordinaires.

9. *Résumé et conclusions.* — J'ai rappelé, dans cet article, les propriétés essentielles des montages d'amplificateurs à résistances. La théorie de l'amplification, et l'explication de l'effet détecteur ont été données; j'ai montré comment l'expérience vérifie les interprétations théoriques, et insisté spécialement sur l'influence de la note de modulation sur le rendement de la détection. De nombreux articles ont été publiés à l'étranger sur les amplificateurs à résistances; je ne crois pas qu'ils apportent à ces questions une contribution bien nouvelle; l'ensemble des faits résumés dans cet article date d'études effectuées en 1916-1917, au moment de l'établissement des premiers appareils. Je donnerai, dans un second article, une série d'expériences curieuses, que j'eus l'occasion de faire à propos des phénomènes d'accrochages d'oscillations entretenues dans les amplificateurs.

16 octobre 1921.

LÉON BRILLOUIN,

Docteur ès sciences,

*Ingénieur-Conseil à la Société Indépendante
de T. S. F.*

SUR L'EMPLOI DES LAMPES AMPLIFICATRICES EN CHRONOGRAPHIE

Par Henri ABRAHAM et René PLANIOL

Les remarquables propriétés des lampes amplificatrices en font un instrument de travail précieux pour un grand nombre de questions expérimentales. L'objet de la présente note est de montrer quels services ces appareils peuvent rendre dans la mesure précise des intervalles de temps par les méthodes chronographiques.

Les dispositifs que nous allons décrire ont été étudiés en vue de leur application aux mesures astronomiques faites chaque soir dans les observatoires pour la détermination de l'heure avec les lunettes à « micromètre impersonnel ».

Détermination astronomique de l'heure. — On sait en quoi consistent ces mesures. L'astronome vise une étoile avec une « lunette méridienne », c'est-à-dire avec une lunette qui ne peut que tourner autour d'une axe fixe exactement perpendiculaire au méridien. L'observateur ne cesse pas de suivre l'étoile, et il déplace le « réticule » de l'oculaire d'un mouvement continu, de manière à maintenir constamment l'image de l'étoile en face d'un même point de ce réticule. Des contacts électriques envoient automatiquement des courants indicateurs dans un « chronographe » aux instants où le réticule mobile passe devant une série de repères fixes. Les époques de ces passages ayant été ainsi inscrites par le chronographe pour une étoile qui est sur le point de passer dans le plan du méridien, on retourne la lunette et on recommence la même opération pour la même étoile qui, maintenant, passe par des positions symétriques des premières par rapport au méridien. La moyenne de tous les instants de passage inscrits par le chronographe fournit alors la valeur la plus probable de l'heure exacte à laquelle l'étoile se trouvait juste dans le plan du méridien.

Il n'est pas rare qu'une soirée d'observations astronomiques nécessite l'observation de quelques dizaines d'étoiles. Il faut donc que l'astronome puisse relever les inscriptions du chronographe, qui sont très nombreuses, par des procédés simples et précis qui ne lui prennent pas trop de temps.

Les positions des étoiles sont connues des astronomes avec une précision telle qu'il est possible de faire une détermination d'heure à

un centième de seconde près. Il faut donc que le chronographe permette de déterminer *à moins de un centième de seconde près* l'époque de chacun des « tops » qui lui sont successivement transmis par l'instrument d'observation.

Horloge astronomique. — Interpolation. — Les mesures de temps des observations astronomiques sont rapportées aux battements du balancier d'une horloge, la « pendule directrice » de l'observatoire. Le balancier, qui bat la seconde, a une période de deux secondes; et la pendule directrice envoie, elle aussi, un « top » électrique au chronographe toutes les deux secondes. La détermination de l'époque exacte d'un signal d'observation consiste donc, en définitive, dans l'évaluation de la proportion dans laquelle le signal de l'observation partage un intervalle de temps de deux secondes, et cette « interpolation » doit être faite à moins de un centième de seconde près.

Chronographes galvanométriques enregistreurs. — Relevé des inscriptions. — On emploie fréquemment comme chronographes enregistreurs des appareils galvanométriques écrivant à l'encre avec une plume siphon sur une bande de papier qui se déroule d'un mouvement continu et bien régulier. Nous avons utilisé, de préférence, une sorte de galvanomètre à fer mobile, le « magnéto-oscillographe », qui écrit à la pointe sèche sur papier enfumé (*). Cet appareil, construit par les ateliers Carpentier, obéit environ au millième de seconde et donne des tracés d'une extrême délicatesse, beaucoup plus fins que les tracés à l'encre, de sorte que l'on peut faire des mesures très précises sans avoir besoin de dérouler du papier à une trop grande vitesse (*).

Le relevé des observations se fait sur les bandes, où l'on mesure les distances des signaux, en admettant que le déroulement du papier a été *rigoureusement uniforme* pendant chaque intervalle de deux secondes.

Malheureusement, cette supposition n'est pas toujours exacte, et cela peut entraîner des erreurs assez graves dans les mesures.

Emploi des diapasons. — On a parfois proposé de tourner cette difficulté en inscrivant sur la même bande chronographique les vibrations d'un diapason en même temps que le signaux de l'horloge et

(*) H. Abraham et E. Bloch. — Amplificateurs et oscillographes. *Revue générale de l'Électricité*, t. VII, p. 211 et 255, Février 1920.

(*) Nous avons fait réaliser dans les ateliers Beaudouin un ensemble mécanique pour l'entraînement du papier avec enfumage continu et fixage instantané à sec par laminage.

ceux des observations : on peut alors considérer avec plus de raison le mouvement du papier comme uniforme pendant une vibration du diapason.

Cette méthode est excellente lorsque l'on n'a qu'un petit nombre de mesures à effectuer. Mais elle est absolument inapplicable pour des opérations quotidiennes comportant un grand nombre d'observations, comme celles dont nous nous occupons. La multiplicité des pointés micrométriques rendrait en effet le dépouillement des bandes extrêmement pénible, et d'une durée tout à fait prohibitive.

Nouvelle méthode chronographique. — Pour simplifier le relevé des inscriptions, et pour arriver avec sécurité à la précision du centième de seconde, nous avons proposé de modifier les procédés habituels. Tout d'abord, nous n'employons qu'un seul galvanomètre pour inscrire les observations et « le temps ». On évite ainsi d'avoir à rapporter l'un à l'autre deux tracés voisins, ce qui est toujours une cause d'erreurs; et comme notre galvanomètre revient presque instantanément au zéro après chaque signal, les différents signaux ne se brouillent pas, même quand ils se succèdent très rapidement.

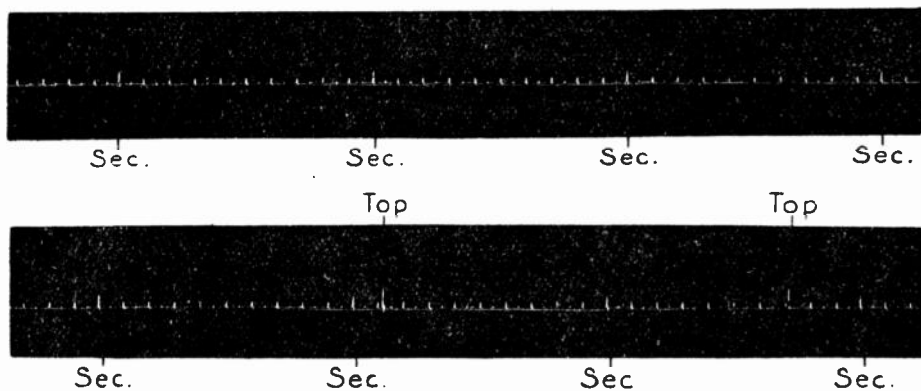


Fig. 1. — Inscription du temps et des « tops » des observations.

Nous proposons en outre de fractionner la seconde en dixièmes et vingtièmes de seconde au moyen d'une horloge auxiliaire qui est remise à l'heure à chaque battement de la pendule fondamentale. Les secondes de la pendule, les dixièmes et demi-dixièmes sont inscrits sur la bande enfumée par le galvanomètre enregistreur ainsi que les « tops » des observations. On distingue aisément tous ces signaux parce qu'on leur a donné des longueurs différentes.

Pour montrer les résultats que l'on peut obtenir, nous donnerons

de suite une reproduction photographique d'une bande originale (fig. 1). Comme le montre la partie supérieure de la figure, le tracé du « temps » a l'aspect d'une règle graduée où les divisions sont des secondes et fractions de secondes. Sur la partie inférieure de la figure, on voit des signaux d'observations qui sont venus se placer entre les signaux de « temps ».

Il n'y a *aucune mesure à faire* pour connaître l'époque de chaque signal. On connaît toujours le numéro de la seconde, et l'on voit immédiatement le chiffre des dixièmes de seconde. Le chiffre des centièmes de seconde se détermine aussi, immédiatement, sans mesure, par lecture directe.

Les tracés sont assez nets pour que l'erreur de lecture soit tout au plus de un ou deux millièmes de seconde.

Toute l'organisation électrique de cette nouvelle méthode chronographique est fondée sur l'emploi d'appareils à lampes (*) que nous allons décrire maintenant.

Fractionnement de la seconde par un appareil à lampes. — L'appareil est fondé sur le même principe que le « multivibrateur » (*). La figure 2 donne le diagramme du montage. Deux lampes amplificatrices L_1 et L_2 sont alimentées par une batterie de chauffage p et par une batterie de haute tension P . Les « plaques » des deux lampes sont reliées au pôle positif de la batterie P par des résistances ($r_1 = r_2 = 50\,000$ ohms). Chacune des deux « grilles » est reliée d'une part à la plaque de l'autre lampe par un condensateur ($C_1 = C_2 = 0,5$ microfarad), et d'autre part au pôle positif de la batterie de chauffage par une résistance de décharge ($R_1 = R_2 = 100\,000$ ohms).

Il est aisé de se rendre compte que ce système de deux lampes fortement liées ne peut pas se maintenir dans un régime stable dans lequel les deux circuits de plaque débiteraient en même temps. Pendant que la lampe L_1 débite, la lampe L_2 a un courant de plaque nul parce que sa grille est fortement négative. Mais la charge négative de cette grille G_1 et celle de son condensateur C_1 se dissipent progressivement à travers la résistance de décharge R_1 , et le potentiel de G_1 finit par atteindre une valeur telle que la plaque P_1 puisse commencer à débiter du courant. A ce moment le régime devient brusquement instable; le potentiel de la grille G_1 devient presque instantanément négatif, et la plaque P_1 cesse de débiter. Il en est ainsi jusqu'à ce que

(*) Nous avons également étudié un chronomètre mécanique donnant les dixièmes de seconde avec remise à l'heure à chaque battement de l'horloge directrice.

(*) H. Abraham et E. Bloch. Mesure en valeur absolue des périodes des oscillations de haute fréquence (Comptes rendus, t. 168, p. 1105. — 1919).

G_1 redevienne positive et qu'une nouvelle inversion se produise; et les inversions se répètent périodiquement.

L'intervalle de deux inversions de même sens est proportionnel à la « constante de temps » $C_1 R_1 + C_2 R_2$, et l'on peut donner à la période telle valeur que l'on désire en agissant sur les capacités C ou sur les résistances R . Avec des capacités C de l'ordre de 0.5 microfarad et des résistances R de l'ordre de 100.000 ohms, la période est voisine

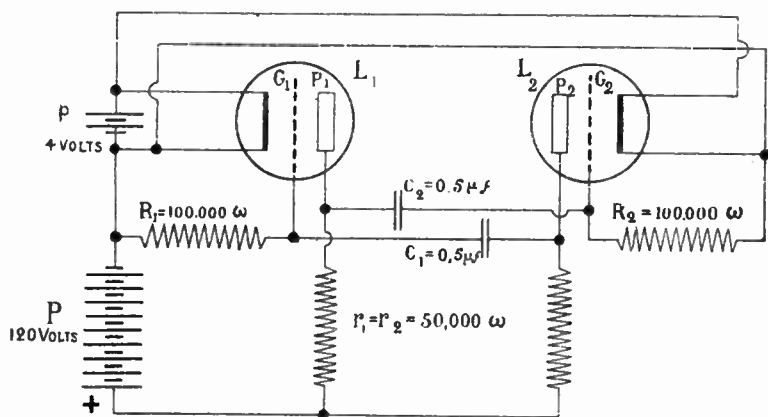


Fig. 2. — Diagramme d'un « multivibrateur ».

de un dixième de seconde, et l'ajustement de la période à cette valeur exacte peut se faire à moins de un pour mille près. Chaque inversion est alors séparée de la suivante exactement par un vingtième de seconde.

Remise à l'heure par la pendule directrice. — L'appareil que nous venons de décrire bat régulièrement les dixièmes et vingtièmes de seconde tant qu'on ne trouble pas son régime électrique. Mais si l'on apporte brusquement une charge électrique positive sur l'une des deux grilles, pendant que cette grille est négative, on provoque une inversion prématurée, après laquelle le régime régulier se rétablit sans changement.

Pour remettre à l'heure l'horloge auxiliaire constituée par notre multivibrateur, il suffit donc de faire commander la percussion électrique dont nous venons de parler par les contacts de la pendule directrice. Le multivibrateur, remis à l'heure à chaque battement de la pendule, fractionne alors correctement en dixièmes et vingtièmes de secondes les doubles secondes de la pendule fondamentale.

Ce sont encore des lampes amplificatrices qui sont chargées de la remise à l'heure du multivibrateur par l'horloge directrice.

Cette seconde partie du montage est représentée par le diagramme ci-contre (fig. 3).

La pendule directrice possède une roue à cames R qui, toutes les deux secondes, soulève un levier A pour établir pendant une seconde

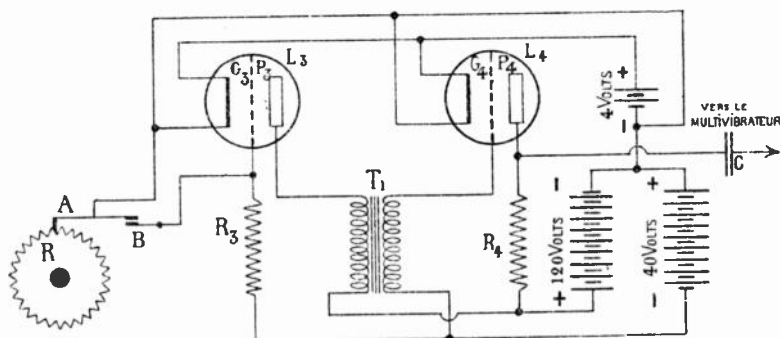


Fig. 3. — Diagramme de la synchronisation.

un contact électrique avec le ressort B. Nous nous servons de ce contact pour faire varier brusquement le potentiel de la grille d'une lampe L_3 . Quand le contact est ouvert, la grille G_3 est rendue fortement négative par une batterie auxiliaire reliée à G_3 par une grande résistance R_3 et la plaque P_3 ne débite pas de courant. Quand au contraire le contact est fermé, la grille est ramenée au potentiel du filament, et la plaque débite brusquement un courant qui cesse, brusquement aussi, au moment où le contact est de nouveau ouvert. On manœuvre ainsi des courants notables en ne faisant passer dans le contact de l'horloge que des courants extrêmement faibles qui ne peuvent pas le détériorer.

Le courant de la plaque P_3 est envoyé dans le circuit primaire d'un transformateur T_1 dont le secondaire est relié d'une part au pôle négatif de la batterie auxiliaire, et d'autre part à la grille G_4 d'une autre lampe L_4 . Au repos, la plaque P_4 de cette lampe ne débite pas de courant. Elle ne débite pas non plus quand l'une des variations du courant primaire crée dans le circuit secondaire une force électromotrice qui tend à rendre la grille encore plus négative. Mais la plaque P_4 débite un courant instantané au moment de l'autre inversion, qui rend la grille G_4 positive.

Une résistance R est placée dans le circuit de la dernière plaque P_4 . Le potentiel de cette plaque subit donc une variation instantanée une fois toutes les deux secondes, à chacun des battements de la pendule fondamentale. C'est cette variation instantanée de potentiel que

l'on fait agir sur le « multivibrateur » pour le remettre à l'heure : l'action est transmise à la lampe L, par l'intermédiaire d'un petit condensateur C.

Inscription du temps. — Pour ne pas troubler le fonctionnement du batteur de temps au dixième de seconde, on n'inscrit pas directement les courants qui le traversent, et l'on utilise encore, pour l'inscription, des lampes auxiliaires actionnées par leurs grilles. C'est le courant de la plaque de la dernière de ces lampes que l'on envoie, finalement, dans le chronographe.

Nous n'insisterons pas sur les détails de cette partie du montage. Nous indiquerons seulement que la lampe qui agit sur l'enregistreur a sa grille fortement négative, de sorte que, d'une manière générale, le circuit de plaque ne débite pas de courant, et que la plume de l'enregistreur est sur sa ligne de zéro. Des courants instantanés lui sont envoyés, comme nous l'avons indiqué, à chaque battement de la pendule, et à chaque inversion du « multivibrateur ». Des artifices très simples permettent de régler une fois pour toutes les amplitudes relatives de ces impulsions.

On obtient ainsi le tracé qui a été reproduit dans la partie supérieure de la figure 1. La bande du chronographe ressemble tout à fait, comme nous l'avons dit, à une règle graduée sur laquelle sont marquées les secondes et les fractions de secondes.

Inscription des signaux des observations. — Les observations sont représentées, quelles qu'elles soient, par des contacts électriques qui sont alternativement ouverts et fermés. L'instant que l'on doit noter est, suivant le cas, celui de la fermeture ou celui de l'ouverture du contact. C'est à ce moment précis qu'il faut envoyer un courant instantané dans le chronographe proprement dit.

Nous savons déjà comment les lampes amplificatrices donnent la solution de ce nouveau problème. Nous avons vu, en effet, dans un paragraphe précédent, celui qui concerne la remise à l'heure par la pendule directrice (fig. 3), comment un groupe de deux lampes transforme en courant instantané l'ouverture, ou, à volonté, la fermeture d'un contact. On ajoute donc encore deux lampes à l'appareil, (ce seront les dernières) et le courant de plaque de la dernière lampe est envoyé dans le galvanomètre enregistreur.

Comme le galvanomètre doit enregistrer aussi bien ces signaux d'observations que les courants qui marquent le temps, on est conduit à monter en parallèle sur le galvanomètre les circuits de plaques des deux lampes qui fournissent chacun des groupes de courant.

L'ensemble de l'appareil comporte ainsi huit lampes amplificatrices ou huit « triodes », comme veulent les appeler nos amis d'outre-Manche et d'outre-Océan. Il ne contient que des organes simples et ne comporte qu'un seul réglage, celui de la fréquence des battements au dixième de seconde. Ce réglage se fait simultanément sur les deux

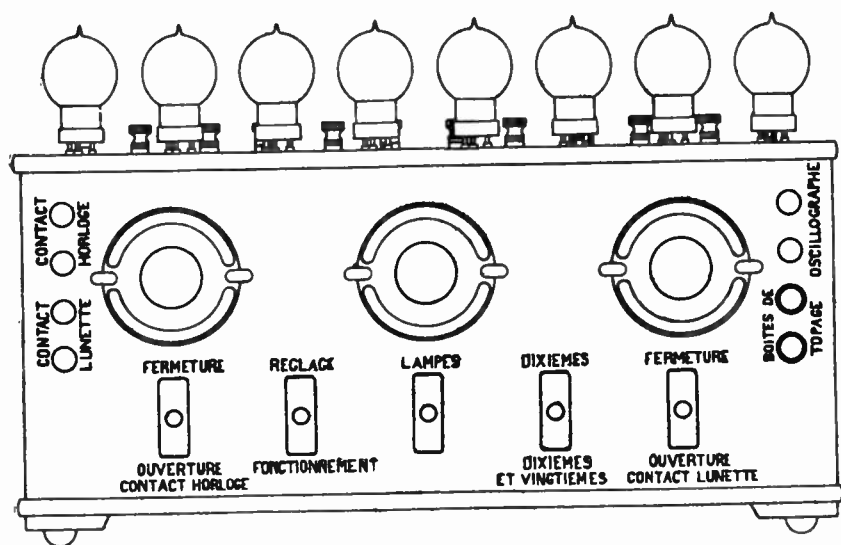


Fig. 4. — Vue générale de l'appareil.

moitiés du « multivibrateur » en agissant sur les manettes de deux rhéostats conjugués.

La figure 4 montre l'aspect général de l'appareil.

Conclusion. — En terminant cette étude déjà trop développée, nous nous bornerons à rappeler ce que nous disions tout à l'heure. Les tracés de la figure 1 montrent que la nouvelle méthode chronographique que nous proposons répond aux conditions du problème qui se posait en astronomie. Les mesures de temps se font *par lecture directe* avec une précision qui dépasse facilement le centième de seconde.

Mais ce sur quoi nous voulons surtout insister, c'est sur l'extrême souplesse des solutions que l'on peut obtenir dans des questions de ce genre en faisant appel à l'emploi systématique des lampes amplificatrices qui doivent maintenant entrer de plus en plus dans l'outillage technique du travail scientifique.

Henri ABRAHAM et René PLANIOL,
Professeur à la Sorbonne. Ingénieur E. S. E.

La réception des ondes entretenues par modulation et son application à l'amplificateur Z de la radiotélégraphie militaire

Par R. JOUAUST

1^o *La réception par modulation.* — Le point faible dans les réceptions radiotélégraphiques réside dans le mauvais rendement des détecteurs-employés.

Ce mauvais rendement est dû à ce fait qu'aucun des détecteurs usuels n'est un redresseur parfait, c'est-à-dire n'arrête complètement une des ondes de la différence de potentiel alternative à laquelle il est soumis. Il en résulte que l'intensité du courant redressé n'est qu'une faible partie de l'amplitude du courant alternatif qui traverse le détecteur.

En outre, les détecteurs à cristaux qui sont les plus sensibles, présentent des difficultés de réglage tels, qu'on tend à les abandonner et à utiliser presque uniquement les propriétés détectrices de la lampe à trois électrodes. La lampe est pourtant environ sept à huit fois moins sensible que la galène.

Un autre inconvénient du détecteur provient de ce fait que l'intensité du courant redressé est proportionnelle au carré de la différence de potentiel aux bornes, fait signalé pour la première fois, il y a plusieurs années, par M. Abraham.

Il en résulte cette conséquence peu avantageuse que la sensibilité du détecteur est d'autant plus faible que la transmission parvient plus faiblement au poste récepteur. Cet inconvénient, il est vrai, ne se manifeste pas dans les réceptions des ondes entretenues par hétérodyne locale.

Les causes de cette amélioration de la détection dans la réception par la méthode hétérodyne ont provoqué de nombreuses discussions parmi les radiotélégraphistes (*).

Cette augmentation de sensibilité semble bien due à ce fait, signalé par Armstrong, que l'on peut régler l'intensité de la source

(*) Liebowitz. *Proceedings of the Institute of Radio Engineers*, t. III, p. 185.
Howe. — — — — — t. VI, p. 275.

(*) Major Armstrong. Travaux techniques américains. Cours professé à la section de radiotélégraphie de l'Ecole supérieure d'Electricité de Paris en 1919.

locale à une valeur telle que le point de fonctionnement du détecteur ait sa valeur optimum.

Mais, même ces conditions de fonctionnement les plus favorables ne correspondent encore qu'à un rendement bien faible.

On peut se demander s'il n'existe pas un procédé de réception plus avantageux que ceux utilisant les propriétés de conduction unilatérale.

Remarquons tout d'abord que le problème de l'audition des ondes entretenues consiste à chercher à abaisser la fréquence des oscillations reçues.

Dans la réception par hétérodyne, l'onde transmise de pulsation ω et l'onde locale de pulsation ω' se superposent dans le détecteur et c'est la dissymétrie dans la conductibilité de ce détecteur qui donne naissance à un courant de pulsation $\omega - \omega'$ qui est de fréquence musicale, si ω' est assez voisin de ω .

Il existe un autre moyen d'obtenir un abaissement de fréquence, ce moyen, c'est la modulation.

Par moduler un courant alternatif, nous entendons faire varier son amplitude suivant une certaine loi. Supposons que la modulation soit faite suivant une loi périodique sinusoïdale; un courant $I \sin \omega t$, modulé complètement à la fréquence $\frac{\omega'}{2\pi}$ devient

$$I \sin \omega t \sin \omega' t = \frac{I}{2} \cos(\omega - \omega') t + \frac{I}{2} \cos(\omega + \omega') t$$

Un courant ainsi modulé se comporte donc comme la somme de deux courants, l'un de fréquence plus élevée, l'autre de fréquence plus faible que l'onde porteuse.

Il est évidemment difficile d'arriver à une modulation complète, mais la modulation à basse fréquence à la transmission, qui a donné la solution du problème de la radiotéléphonie, montre que dans cette voie on peut se rapprocher beaucoup des conditions théoriques optima.

C'est ce qui nous a conduit à chercher s'il n'était pas possible d'assurer la perception des ondes entretenues par modulation haute fréquence à la réception dans des conditions plus avantageuses qu'avec les détecteurs ordinaires.

On conçoit en effet que si ω' est voisin de ω , le courant de pulsation $\omega - \omega'$ est de fréquence musicale et donne des signaux audibles au téléphone.

Dans le cas d'une modulation complète, le courant utile aurait

une intensité égale à la moitié de l'intensité de haute fréquence traversant normalement les organes récepteurs.

Tout système permettant la modulation à haute fréquence conduit à la solution du problème.

Nous avons utilisé dans nos essais la modulation par lampe à trois électrodes.

La figure 1 donne le schéma du montage.

La différence de potentiel haute fréquence produite par la trans-

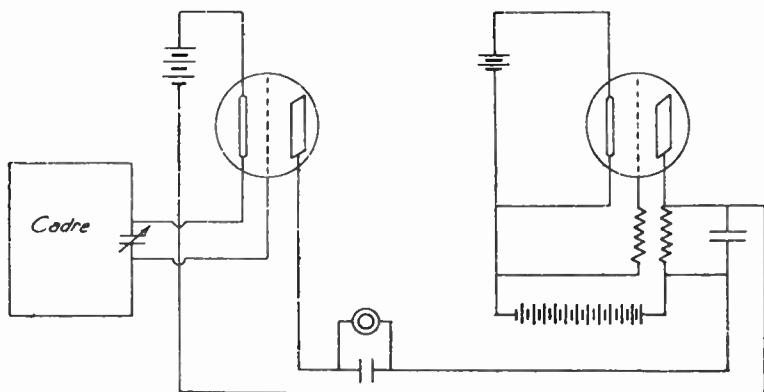


Fig. 1.

mission aux bornes du condensateur de l'appareil de réception est appliquée entre la grille et le négatif du filament d'une lampe, dont la plaque est alimentée uniquement par du courant de haute fréquence.

Pour arriver à ce résultat, on peut par exemple, comme dans la figure 1, réunir d'une part le filament, d'autre part la plaque aux bornes du condensateur d'une hétérodyne ordinaire. Le téléphone shunté par un condensateur de l'ordre de $\frac{1}{1000}$ de microfarad est intercalé dans le conducteur qui va à la plaque.

Les résultats obtenus avec ce dispositif se sont montrés meilleurs que ceux obtenus en utilisant une lampe montée en détecteur et en faisant agir simultanément sur cette lampe les oscillations à recevoir et celles provenant de l'hétérodyne locale.

C'est ainsi qu'il était possible de recevoir très lisiblement à Paris, dans un cadre de deux mètres, le poste de Lyon avec une seule lampe en modulant à haute fréquence, alors que les signaux étaient à peine audibles avec une lampe montée en détecteur.

Aucune tension continue n'est nécessaire entre le filament et la plaque dans laquelle se produit la modulation.

Pratiquement, il y avait dans le montage que nous indiquons une différence de potentiel de l'ordre du volt due à la chute de tension dans la bobine de self-induction de l'hétérodyne, mais on peut l'annuler en intercalant par exemple en série avec le téléphone, un condensateur de l'ordre du microfarad shunté par une résistance de l'ordre du mégohm, ou bien au moyen d'une dérivation prise sur un potentiomètre sans modifier en quoi que ce soit les résultats obtenus.

Aucun gain notable n'a d'autre part été constaté, en superposant à la différence de potentiel de haute fréquence une différence de potentiel continu.

2° L'amplificateur Z.

Le procédé de réception des ondes entretenues que nous venons de décrire a été appliqué dans la construction d'un amplificateur réalisé

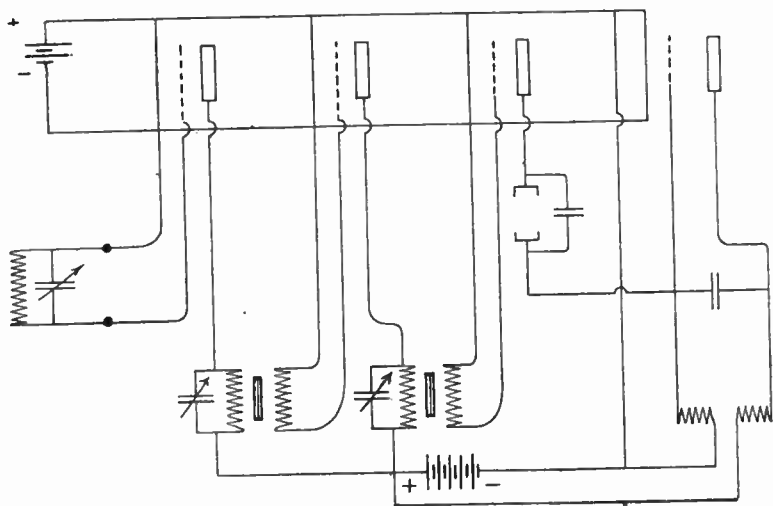


Fig. 2. — Amplificateur haute fréquence à résonance 10 000 m à 25 000 m

dans le laboratoire de l'Établissement Central du matériel de la Radiotélégraphie militaire, et désigné sous le nom d'amplificateur Z.

Cet appareil, exécuté sous la direction personnelle du général Ferrié, est destiné aux diverses missions du service géographique de l'armée chargées de délimitations ou de levés en Afrique.

Il devait leur permettre de comparer les signaux horaires scientifiques (battements) envoyés par les postes de Lyon et de Croix d'Hins

à leur chronomètre local pour la détermination des différences de longitude. Il a été construit uniquement pour recevoir ces deux postes.

Étant données les difficultés de transport qu'on rencontre dans les pays où les missions sont amenées à opérer, il devait être très léger, peu encombrant et devait pouvoir fonctionner avec des lampes à

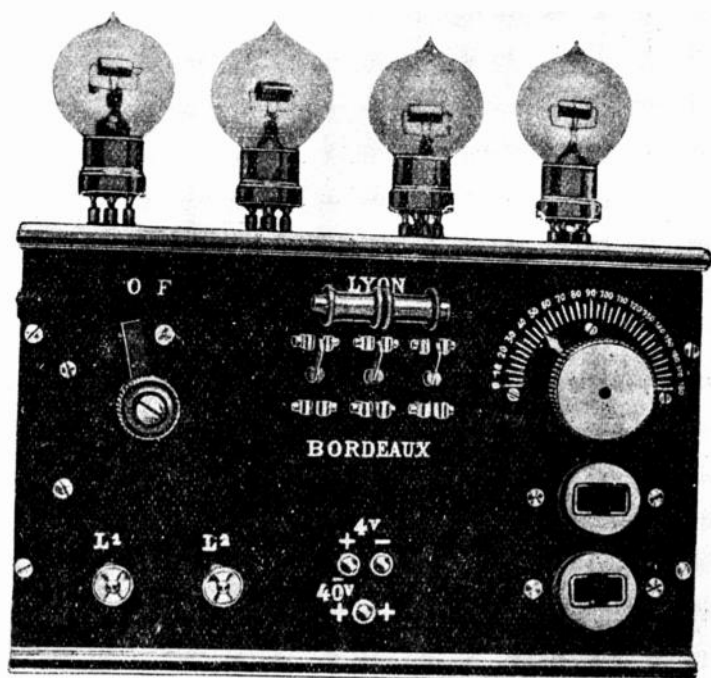


Fig. 3.

consommation réduite dans lesquelles le chauffage du filament peut être assuré par des piles.

La figure 2 donne le schéma de principe de l'appareil, et la figure 3 une vue générale.

L'amplificateur comporte deux lampes amplifiant la haute fréquence, avec liaison par transformateurs à fer, une lampe modulatrice et une lampe hétérodyne pour l'alimentation en haute fréquence de la lampe modulatrice.

Les noyaux des transformateurs sont constitués par des cylindres de fil de fer de 0,1 millimètre. Ces noyaux ont environ 1 centimètre de diamètre et 7 centimètres de longueur.

Sur ces noyaux sont disposées des bobines cloisonnées sur lesquelles sont disposés les enroulements primaires et secondaires.

Ces transformateurs à circuit magnétique ouvert ont de grands coefficients de self-induction, aussi a-t-on placé en dérivation sur leurs primaires des condensateurs permettant de réaliser la résonance pour l'onde que l'on veut recevoir.

Étant donné que l'appareil est destiné uniquement à recevoir des postes déterminés, on a utilisé des condensateurs fixes.

La manœuvre du commutateur placé sur la face antérieure permet de mettre en service les condensateurs destinés à la réception de Lyon, ou ceux destinés à la réception de Bordeaux.

La résonance n'est du reste pas si aiguë qu'il ne soit possible de recevoir dans la position marquée Lyon, tous les postes compris entre 14 000 et 16 000 mètres de longueur d'onde.

L'hétérodyne de l'appareil est d'un modèle tout à fait nouveau, au point de vue réalisation.

Il utilise comme circuit électrique un montage employé dans beaucoup d'appareils du même genre. Une bobine de self-induction avec un condensateur en dérivation est connectée d'une part à la grille, d'autre part à la plaque, le filament est réuni au milieu de cette bobine.

Pour éviter que cette hétérodyne ne fût trop lourde et trop encombrante, le général Ferrié eut l'idée d'utiliser une bobine de self-induction à noyau de fer et à couches multiples placée dans un champ magnétique variable. Pour les longueurs d'onde envisagées, il est possible de réaliser ainsi des bobines peu volumineuses et ayant un coefficient de self-induction élevé.

L'emploi du fer présente un autre avantage.

La variation de longueur d'onde se produit, non plus en modifiant la capacité du condensateur qui est un condensateur fixe, mais en faisant varier par aimantation du noyau la self-induction de la bobine.

Lorsqu'un noyau de fer a été amené sous l'action d'un champ continu en un point A de sa courbe d'aimantation (fig. 5), si on le soumet à un champ alternatif de faible amplitude, l'induction dans le métal décrit une boucle d'hystérésis telle que B A et sa perméabilité apparente, celle qui intervient dans la détermination de la self-induction de la bobine par le champ alternatif considéré, est mesurée par le coefficient angulaire de la droite BA.

Si on fait croître l'induction produite par le champ continu, cette perméabilité apparente, appelée quelquefois perméabilité réversible, est d'abord constante (lord Rayleigh) puis décroît.

En approchant ou en éloignant d'un aimant permanent une bobine à noyau de fer, on fera donc varier son coefficient de self-induction.

Les bobines à noyau de fer utilisées dans l'amplificateur Z ont environ 3 centimètres de long et 1 centimètre de large.

Le noyau de fer est constitué par du fil de 0,1 millimètre de diamètre et a un diamètre de 5 millimètres.

Comme on le voit dans la figure 4, cette bobine tourne entre les pôles d'un aimant permanent. Sa self-induction est donc maximum lorsque l'axe de la bobine est perpendiculaire à la droite, joignant les pôles de l'électro.

L'aimant permanent a été muni de pièces polaires rapportées.

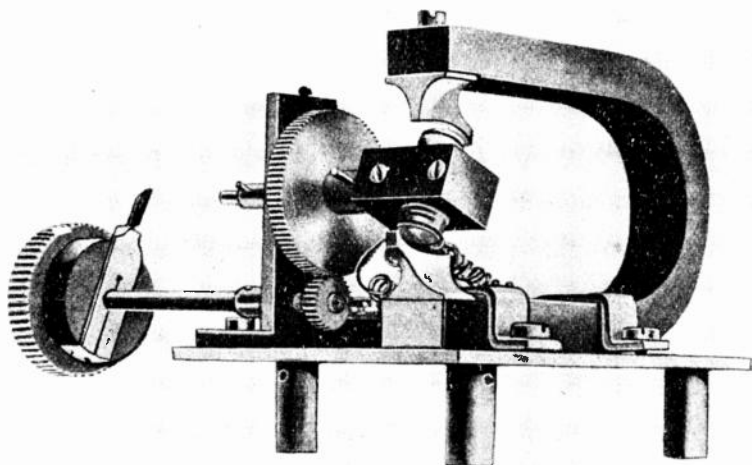


Fig. 5.

La forme de ces pièces a été soigneusement déterminée de façon que la longueur d'onde du système constitué par la bobine et le condensateur en dérivation varie linéairement en fonction de l'angle dont a tourné la bobine.

Le mouvement de la bobine est commandé par un engrenage tel, qu'une rotation de 180° de la manette de commande ne corresponde qu'à une rotation de 90° de l'axe de la bobine.

Deux condensateurs fixes peuvent être placés en dérivation sur cette bobine, leur mise en service étant commandée par l'inverseur placé sur la face antérieure.

Avec le condensateur correspondant à la position marquée Lyon,

la longueur d'onde de l'hétérodyne varie de 10 000 mètres à 19 000 mètres, avec celui correspondant à la position Bordeaux, de 18 000 à 25 000 mètres.

On remarquera sur le schéma de principe que la batterie d'alimentation de la plaque de l'hétérodyne est intercalée entre les deux moitiés de la bobine. Ce montage a été employé pour éviter l'existence d'une tension continue entre la plaque et le filament de la lampe

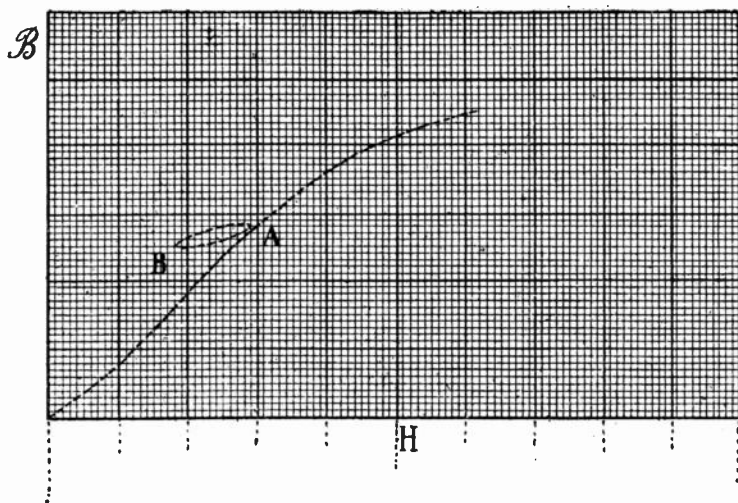


Fig. 5.

modulatrice, dont la plaque est alors alimentée par une tension de haute fréquence prélevée aux bornes de l'une des demi-bobines de l'hétérodyne.

L'appareil ainsi réalisé pèse 4 800 grammes.

Il a été possible avec cet appareil de recevoir très lisiblement le poste américain d'Annapolis, dans une bobine à section carrée de 20 centimètres de côté et de 10 centimètres de large.

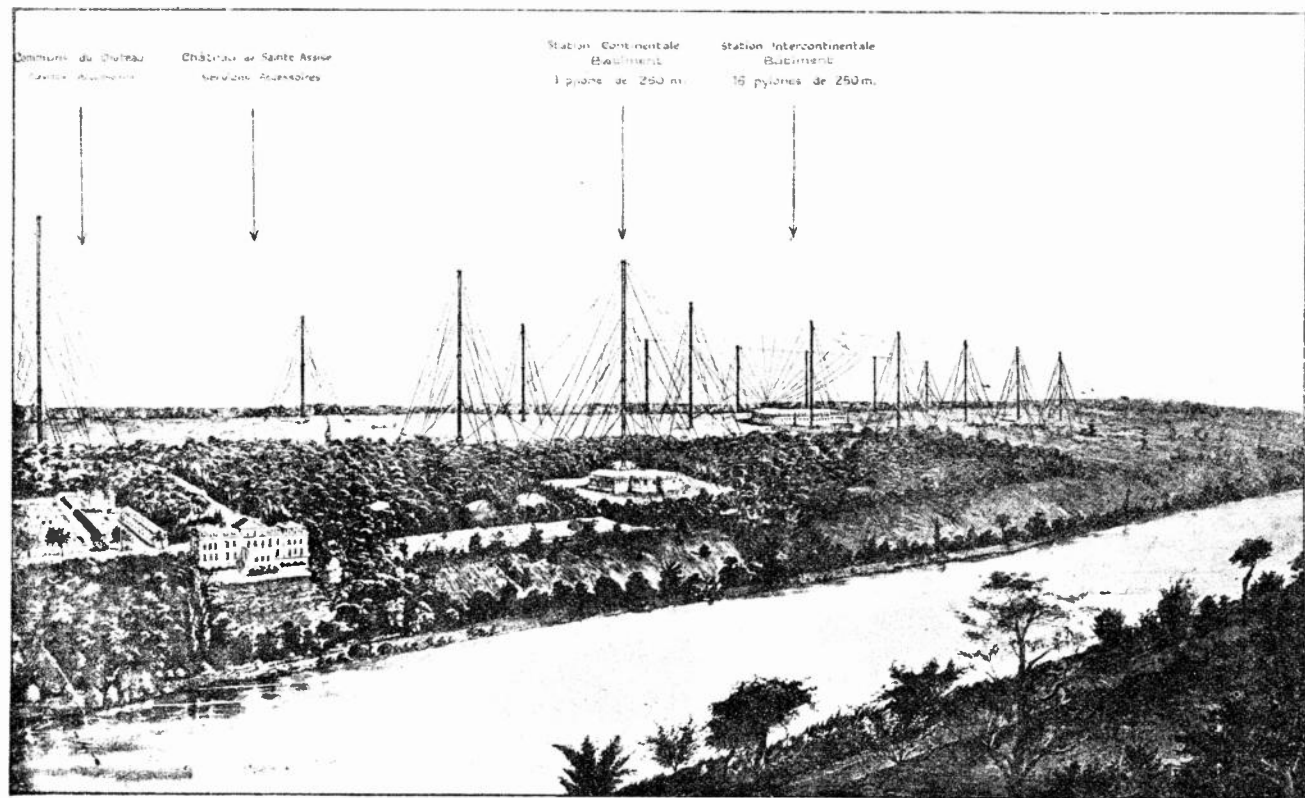
Mis en service au poste de Nogent-le-Rotrou, dépendant du centre radiotélégraphique de Paris, il a permis une écoute régulière des postes américains.

Il est, bien entendu, possible de faire suivre cet appareil, le cas échéant, d'un amplificateur basse fréquence, avec ou sans dispositif sélectif de basse fréquence.

R. JOUAUST,

Ingénieur électricien,

*Professeur à la section de radiotélégraphie
de l'École supérieure d'Électricité.*



Le Centre Radioélectrique de Sainte-Assise.

UNE INDUSTRIE FRANÇAISE RADIOÉLECTRIQUE

Par P. BRENOT

I

Par la souplesse, la rapidité, la variété des relations de toutes sortes qu'elles peuvent assurer, par la diffusion des nouvelles qu'elles permettent d'effectuer, par les applications auxquelles elles se prêtent pour la sécurité des transports aériens ou maritimes, pour la géodésie, la météorologie, etc..., les stations de télégraphie sans fil constituent non seulement des outils commerciaux de premier ordre, pratiques, sûrs, économiques, mais aussi de merveilleux organes de gouvernement, de précieux moyens d'influence.

Les organisations radioélectriques d'un pays doivent être considérées comme d'un intérêt vital.

Grâce aux progrès modernes, aux avantages des liaisons par télégraphie sans fil sur les liaisons par câbles, ces organisations sont maintenant, pour tous les États, un des éléments essentiels sur lequel s'appuie la politique des communications. Pour les pays qui, comme le nôtre, sont extrêmement pauvres en communications sous-marines, l'organisation radioélectrique est la base même de cette politique.

A l'étendue de nos réseaux radioélectriques, à leur puissance de trafic, on pourra bientôt mesurer l'importance de nos tractations économiques, de notre situation internationale.

L'ami de la télégraphie sans fil n'est donc pas seulement un esprit curieux et ouvert aux progrès d'une science particulièrement captivante, il est avant tout un bon citoyen.

Quels peuvent être, au dehors, les principaux ouvriers de l'œuvre à poursuivre, quels sont ceux qu'il importe de soutenir, de pousser sans cesse en avant dans le développement de nos organisations de télégraphie sans fil à travers le monde, avec l'aide de l'État, de l'opinion publique, ce sont nos industries radioélectriques.

Les administrations ne peuvent obtenir de concessions à l'étranger. Elles ne peuvent y soutenir aucune lutte commerciale. Par leur nature même, elles y sont officiellement impuissantes, tant pour

créer des réseaux radioélectriques, que pour drainer le trafic susceptible de se dériver vers leurs réseaux nationaux.

Seules, les compagnies privées sont aptes au travail à accomplir.

Leurs organisations, leurs puissances représenteront donc pour nous, Français, la presque totalité de nos possibilités au dehors dans la lutte politique ou économique sur le terrain des communications.

*
* *

Jusqu'en ces dernières années, malheureusement, les divers domaines d'application de la télégraphie sans fil, en dehors de la France, étaient restés l'apanage presque exclusif de groupements étrangers, qui, disposant de moyens financiers puissants et de vastes organisations, s'efforçaient d'assurer l'exploitation mondiale de la télégraphie sans fil sous toutes ses formes.

La Grande-Bretagne, malgré son immense réseau de câbles, établi par l'Eastern et la Western Telegraph, et parcourant toutes les mers du monde (le réseau de l'Eastern desservant le Pacifique représente plus de 100 000 kilomètres de conducteurs), avait su se créer, en télégraphie sans fil, une situation privilégiée, par l'intermédiaire de la Compagnie Marconi.

Cette Compagnie, disposant d'un capital social de 3 000 000 de livres, d'un capital de réserve de 4 000 000 de livres, avait créé de nombreuses firmes associées ou filiales entre autres The Marconi International-Marine Communication, au capital de 1 500 000 de livres, exploitant plusieurs milliers de postes de bord, et une douzaine d'autres Compagnies, au Canada, en Hollande, en Belgique, en Norvège, en Espagne, en Roumanie, en Chine, en Australie, au Brésil, en Argentine, etc...

Disposant de grandes stations transatlantiques en Angleterre, au Canada, elle s'efforçait d'en faire la tête de ligne de réseaux rayonnant à travers le monde. Elle avait obtenu d'importantes concessions dans quelques pays.

En Allemagne, l'Allegemeine Electricitäts Gesellschaft et Siemens, puissantes sociétés d'électricité, le groupe de la Deutsche Bank, avaient fondé la Compagnie « Telefunken » (Gesellschaft für Drahtlose Telegrafie).

Concessionnaire du grand poste de Berlin (Nauen), énergiquement soutenue politiquement et financièrement, Telefunken commençait la réalisation de réseaux mondiaux avec l'aide de plusieurs filiales, dont Transradio Compania Radiotelegrafica-Argentina à Buenos-Aires, Atlantic Communications Co (États-Unis), Telefunken East Asiatic

Wireless Telegraph Company, en Chine, et Deutsche Südseegesellschaft für Drahtlose Telegrafie.

Cette dernière firme, subventionnée par le Gouvernement allemand, fut fondée par Telefunken associée à la Deutsch Niederlandische Telegrafengesellschaft, qui exploitait le réseau sous-marin allemand du Pacifique, comprenant 7 000 kilomètres de câbles, reliant la Chine aux possessions allemandes et hollandaises et aux réseaux britanniques et américains.

Une autre Compagnie allemande, concessionnaire d'une grande station près Hanovre (Eilvese), et fondée pour exploiter les brevets Goldschmidt, a été englobée dans le groupe Telefunken.

Aux États-Unis s'était constituée une Société très importante, englobant les principaux groupes s'occupant de télégraphie sans fil : Radio Corporation of America, au capital de 25 000 000 de dollars en actions de préférence, et 25 000 000 de dollars en actions ordinaires, soutenue par les groupes de General Electric Co, American Telegraph and Telephone, Western Electric, Westinghouse, etc...

Radio Corporation of America exploitait et construisait aux États-Unis plusieurs stations de grande puissance.

En France, aucune organisation semblable :

Deux ou trois compagnies rivales, au capital modeste de quelques millions de francs.

Leurs techniciens étaient de premier ordre. Leurs systèmes, l'avenir l'a prouvé, étaient les meilleurs. Leurs dirigeants étaient intelligents et actifs.

Néanmoins, le développement de cette industrie radioélectrique restait lent, et, en dépit de quelques succès très méritoires, surtout si l'on tient compte de la modestie des moyens mis en œuvre, on devait considérer que notre pays n'était susceptible d'obtenir, dans le domaine des communications par télégraphie sans fil mondiales, qu'une influence infime.

La situation navrante, créée par notre lamentable pauvreté en voies sous-marines, allait s'accroître encore, alors que l'invention de la télégraphie sans fil nous avait apporté pourtant le moyen de reprendre, dans les communications mondiales, le rôle que méritait notre pays, et qui est indispensable à son développement.

*
* *

Le pourquoi d'un tel état de choses se trouve être dans la manière exclusive dont furent longtemps interprétées en France les lois sur le monopole de l'État en matière télégraphique.

Une industrie de communications ne peut prospérer, ne peut se développer, que sous un régime de liberté. L'action à l'étranger est délicate et difficile. Qu'il s'agisse d'une concession de cosn-

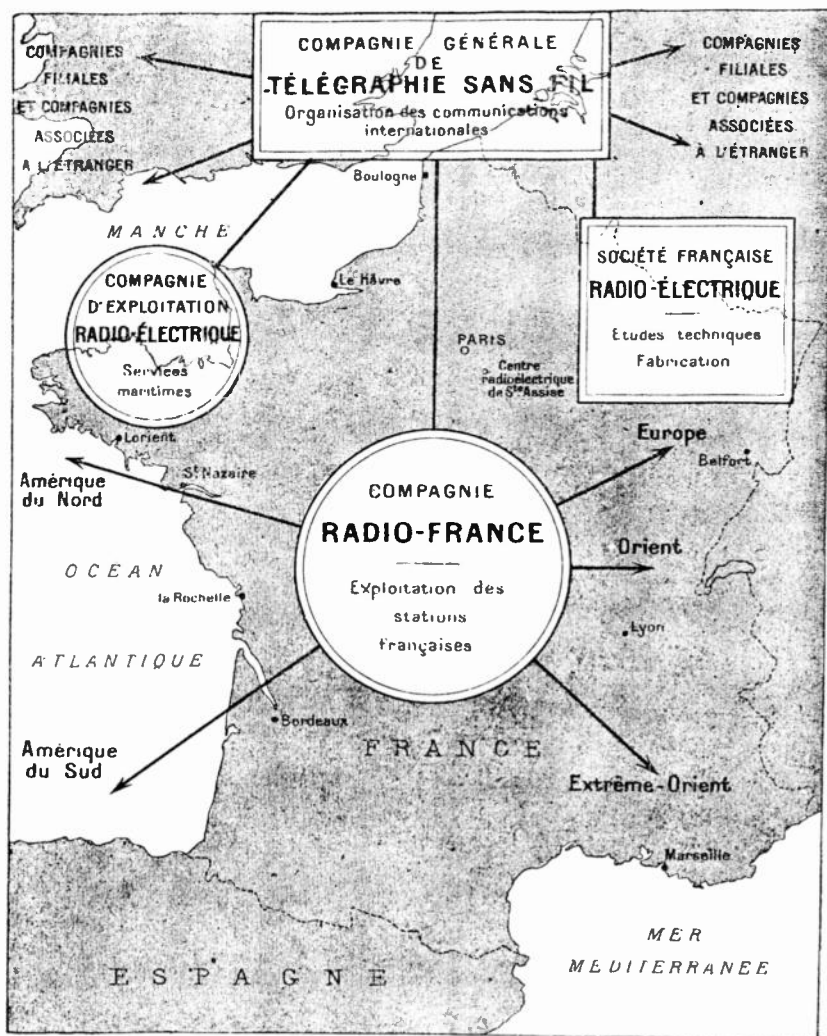


Fig. 1. — Schéma d'une grande organisation industrielle de télégraphie sans fil française.

truction, d'exploitation, les chances d'aboutir sont faibles ou nulles, si en face de concurrents qui disposent de correspondants « chez eux », qui apportent, non seulement du matériel, mais aussi une ou plusieurs communications, on ne peut proposer qu'une liaison

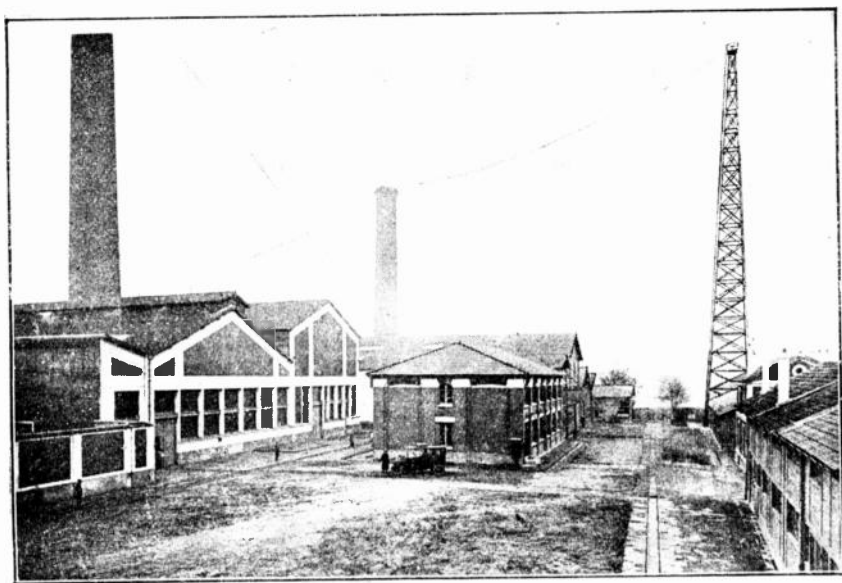


Fig. 2 — Usine de constructions.

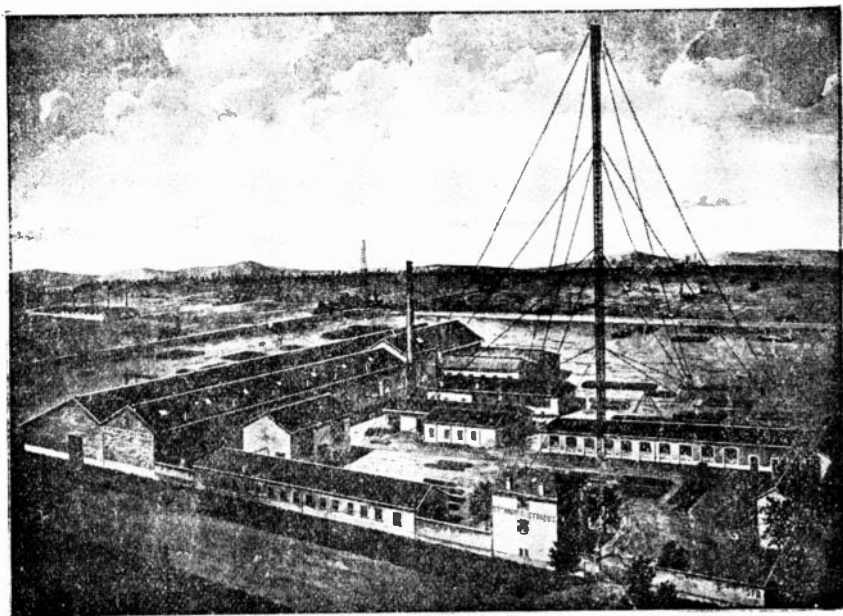


Fig. 3. — Usine des pylônes.

éventuelle avec des postes d'État, et si, à côté de l'affaire commerciale à conclure, doivent ainsi être poursuivies des négociations à caractère diplomatique.

Les compagnies étrangères s'adressant à un pays désireux d'organiser des liaisons radiotélégraphiques pouvaient lui dire : « Je construirai votre réseau, et il se reliera à notre capitale, où j'exploite la télégraphie sans fil, où vous aurez ainsi un libre correspondant, en relations directes avec les autres nations importantes, travaillant avec les méthodes commerciales, et avec qui vous pourrez contracter, discuter librement. »

Les compagnies françaises ripostaient : « Je construirai votre réseau, mais je n'exploite rien en territoire français, par suite du monopole de l'État. Je demanderai à mon Gouvernement qu'il vous accorde une communication avec l'une de ses stations, dans la limite des heures laissées disponibles par les autres services. C'est à l'État français que s'adresseront éventuellement vos demandes, vos réclamations au cours du trafic. »

Le client n'hésitait évidemment jamais, s'il avait le souci de sa liberté, de ses intérêts économiques.

Et les lois sur le monopole d'État, interprétées par les pouvoirs publics comme s'opposant à ce qu'une concession d'exploitation fut donnée à une compagnie privée, sous une forme quelconque, étrangeaient ainsi, à sa naissance, notre industrie radioélectrique, en faisaient un enfant mort-né, digne frère de notre industrie des câbles, réduisaient à zéro le rôle de la France dans la politique internationale des communications, pour le plus grand dommage du pays..

Les stations de l'État même devaient inévitablement être frappées du même coup.

Pour faire du trafic il faut être deux, et notre pays ne pouvait espérer récolter, en dehors de son trafic propre, que les résidus échappés à l'action commerciale soutenue dans le monde entier par les compagnies étrangères.

* * *

Il fallait quelque courage dans de semblables conditions pour essayer de créer en France une importante industrie de télégraphie sans fil.

Convaincus de l'avenir de ce moyen de communications, convaincus de la supériorité de nos techniciens et de nos systèmes, soutenus par une élite, persuadés que, devant l'évidence des faits, les pouvoirs publics seraient contraints d'abandonner leur conception du monopole, des hommes audacieux osèrent néanmoins courir le risque.

Rachetant les principales compagnies françaises de télégraphie sans fil, éliminant le contrôle étranger qui avait réussi à s'imposer à quelques-unes d'entre elles, s'assurant le concours de célèbres techniciens, et le contrôle des brevets fondamentaux couvrant les meilleurs systèmes connus, ils créèrent, avec la collaboration de la Compagnie Française des Câbles télégraphiques, de la Banque de Paris et des Pays-Bas, et de plusieurs autres importants établissements financiers français, un solide groupement radioélectrique.

Ce groupement est formé de sociétés étroitement associées dont

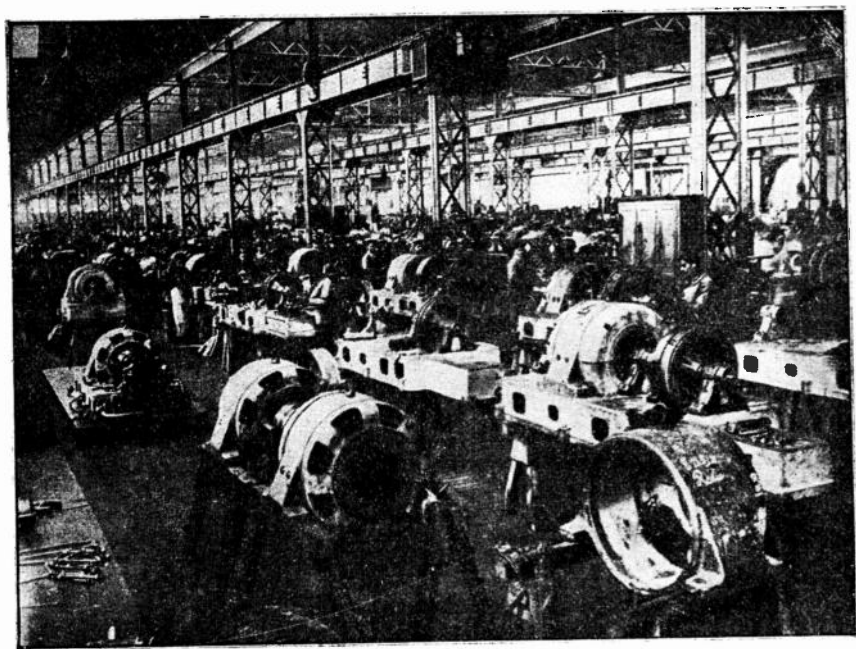


Fig. 4. — Fabrication en série des alternateurs de haute fréquence.

le personnel total dépasse 2 000 personnes, et qui, tout en associant leurs efforts vers un but commun, se sont partagé les divers domaines d'application de la radioélectricité (fig. 1) :

La Compagnie Générale de Télégraphie sans fil (capital 50 000 000 de francs) chargée de l'organisation de radiocommunications internationales;

La Société Française Radio-Électrique (capital 7 000 000 de francs) chargée des études et de la construction du matériel;

La Compagnie Radio-Maritime (capital 5 000 000 de francs), char-

gée de l'entretien et de l'exploitation de toutes les stations de navires et d'avions.

La Compagnie Radio-France (capital 60 000 000 de francs), chargée de l'exploitation des stations françaises.

Ces Compagnies, groupées dans un même immeuble, fonctionnent comme les membres d'un même corps..

Elles disposent, à Levallois, d'un établissement couvrant une superficie de 12 000 mètres carrés, réservé aux études et à la construction du matériel radioélectrique spécial, et comportant trois grands laboratoires, une station d'essais avec usine thermique de 160 HP et pylônes de 75 mètres. Le personnel de cet établissement est d'environ cinq cents personnes, dont une centaine d'ingénieurs et assistants techniques (fig. 2).

Un troisième laboratoire installé aux environs de Paris, à Villecresnes, permet d'effectuer les expériences de réception nécessitant un isolement particulier.

Une usine, située à Lyon, couvrant 27 000 m², est affectée à l'étude et à la fabrication des pylônes. Dans cette usine fonctionne, en outre, une station d'études, à ondes entretenues, comportant une antenne de 100 mètres de hauteur et disposant d'une puissance de 25 kilowatts-antenne (fig. 3).

Le gros matériel électrique, les alternateurs de haute fréquence de 25 à 500 kilowatts-antenne sont construits en série dans les ateliers de la Société Alsacienne de Constructions Mécaniques, à Belfort, avec laquelle les Compagnies de Télégraphie sans fil ont une entente, et qui leur a réservé des halls spéciaux dans ses usines (fig. 4).

Enfin, à Suresnes, une usine spéciale étudie et construit les tubes à vide de réception et d'émission, sous le contrôle d'une Société associée spéciale « La Radiotechnique ».

A côté de cette organisation de production, fut développée une organisation commerciale, qui entreprit une action énergique sur tous les points du globe, particulièrement dans l'Amérique du Sud, en Europe Centrale, dans les Balkans, dans les Pays Scandinaves, en Extrême-Orient, où des missions ne cessèrent de soutenir le bon combat.

Des Sociétés filiales furent constituées en Pologne (Radiopol), en Roumanie (Radioelectrica), en Tchécoslovaquie (Radioslavia), en Argentine (Société Franco-Argentine).

*
**

Mais il fallait rivaliser dans une lutte difficile avec des groupe-

ments étrangers ayant des années d'avance, une situation acquise, fortement soutenus par leurs gouvernements (dans le Pacifique, en Argentine, par exemple, le Gouvernement allemand garantissait un intérêt de 6 % aux capitaux des filiales de Telefunken) : et le groupement français restait lourdement, presque irrémédiablement, handicapé par l'ostracisme dont les pouvoirs publics frappaient les Compagnies privées en leur refusant toute concession d'exploitation en France. C'est ainsi qu'en Argentine, Américains, Allemands commençaient leurs travaux pour relier l'Amérique du Sud aux États-Unis, à l'Europe, alors que les Compagnies françaises négociaient toujours, qu'en Pologne les Américains obtenaient un contrat pour la liaison avec les États-Unis, qu'au Brésil, en Argentine, en Colombie, en Espagne, des concessions étaient données aux Anglais, qui, d'un autre côté, avaient obtenu une concession en Chine, etc.

Des hommes de gouvernement intelligents et patriotes comprirent la gravité de cette situation. Ils virent la nécessité impérieuse de doter notre pays d'un grand centre radioélectrique commercial, susceptible d'attirer vers lui le trafic mondial et de confier la réalisation de ce centre, et son exploitation, à un organisme, ayant la vitalité, la souplesse, la liberté des entreprises industrielles.

C'était là le secret de la réussite des Américains, des Anglais, des Allemands, et la démonstration s'en accentuait, implacable, contre notre pays, depuis des années, dans le domaine de la télégraphie sous-marine, comme dans celui de la radiotélégraphie.

Rien, dans nos lois sur le Monopole, ne justifiait d'ailleurs l'attitude prise jusqu'alors par les pouvoirs publics, en dehors des habitudes administratives.

A l'unanimité le Gouvernement se rangea à la manière de voir du Sous-Secrétaire d'État des Postes et des Télégraphes.

En octobre 1920, la Compagnie Générale de Télégraphie sans Fil fut autorisée à construire et à exploiter à Paris un grand centre de télégraphie sans fil, susceptible de communiquer avec tous les pays du monde. Tous les droits et contrôles de l'État étaient sauvegardés et sans courir de risques, sans engager aucuns capitaux, l'État devait recevoir une importante part des bénéfices.

Le centre projeté était de beaucoup le plus puissant du monde.

Très avantageuse pour l'État, la convention l'était aussi pour les Compagnies françaises par ses répercussions extérieures.

En signant le contrat avec la Compagnie Générale de Télégraphie sans Fil, le Gouvernement posa ainsi la première pierre d'une œuvre considérable, nouvel élément de force pour le pays.

II

Le Grand Centre Radioélectrique, dont la création fut décidée, devait prévoir par son ampleur les exigences futures des liaisons commerciales.

Sur un terrain de 300 hectares, dans le domaine de Sainte-Assise, à 9 kilomètres de Melun, furent inaugurés le 9 janvier 1921 les travaux de la nouvelle organisation, comportant :

1° Deux postes à valves, de 5 kilowatts, avec antennes soutenues par un pylône de 100 mètres, pour les trafics à petites distances ;

2° Un poste, dit « continental », comprenant quatre alternateurs à haute fréquence de 25 kilowatts-antenne, pour les services européens.

L'antenne en double cône est soutenue par un pylône de 250 mètres de hauteur.

Les 4 machines peuvent travailler *indépendamment*, ou être *couplées* électriquement pour doubler, tripler ou quadrupler la puissance mise en jeu.

Elles peuvent également fonctionner en deux groupes indépendants d'une puissance de 50 kilowatts-antenne, pour transmettre *simultanément deux télégrammes différents* (duplex).

3° Un poste dit « intercontinental », comprenant deux alternateurs à haute fréquences de 500 kilowatts-antenne et deux alternateurs à haute fréquence de 250 kilowatts-antenne.

L'antenne est constituée par une double nappe horizontale soutenue par 16 pylônes de 250 mètres et un pylône de 50 mètres répartis sur un rectangle de 3 kilomètres de longueur et de 400 mètres de largeur.

La station pourra, ou faire une seule émission avec une ou deux machines de 250 kilowatts couplées, une ou deux machines de 500 kilowatts couplées, ou faire *deux émissions simultanées* de télégrammes différents avec deux des machines ci-dessus.

Les dispositifs de manipulation de tous ces postes sont établis pour des vitesses d'au moins cent mots par minute (pratiquement des vitesses presque doubles ont été réalisées). Les six émissions pourraient donc au besoin débiter 36 000 mots à l'heure.

*
* *

Dans l'organisation d'ensemble du service, tous les moyens susceptibles d'assurer à la fois la sécurité et la rapidité des communications ont été mis en œuvre :

1° Tous les dispositifs d'émission et de réception sont commandés d'un Bureau Central Radioélectrique (fig. 5), situé au cœur de la capitale, en plein quartier des affaires. Ce bureau est relié par des

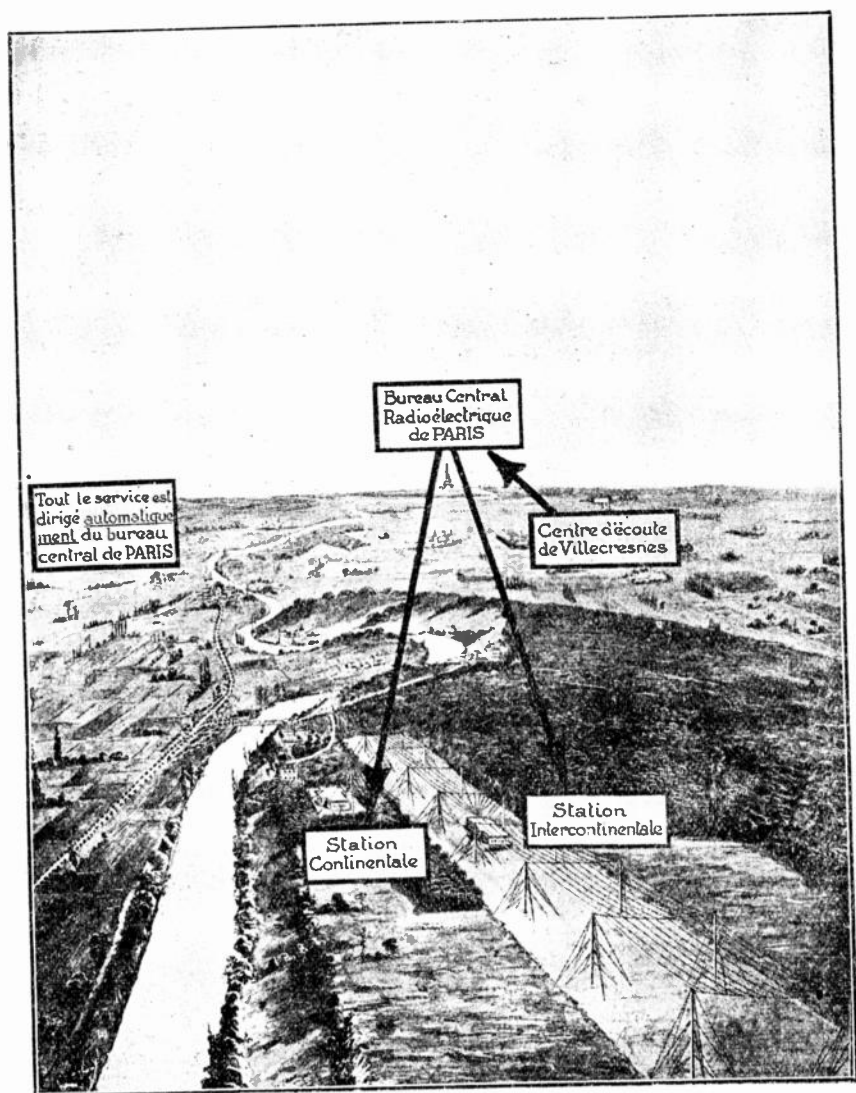


Fig. 5. — Organisation d'ensemble du service.

appareils télégraphiques rapides aux grands centraux télégraphiques (Central Bourse — Central, rue de Grenelle).

Les « clients » ont la faculté de disposer de lignes télégraphiques

ou téléphoniques directes, leur permettant de communiquer rapidement et directement avec le Bureau Central Radioélectrique.

2° La transmission et la réception sont simultanées (diplex).

3° Les signaux radioélectriques provenant des correspondants sont reçus *directement* dans le Bureau Central.

Les récepteurs sont placés à Villecresnes, à 24 kilomètres de Paris.

Les signaux sont transportés sur des câbles spéciaux, et actionnent, sans *aucune retransmission télégraphique*, cause d'erreurs ou de retards, les appareils enregistreurs du Bureau Central.

4° Les appareils enregistreurs de réception sont placés dans le Bureau Central, à proximité *immédiate* (à côté les uns des autres, et sur la *même table*) des appareils de manipulation (fig. 6).

On évite ainsi tout délai pour les répétitions, demandes de service.

Le manipulant suit *a tout moment* et *sans retard* le fonctionnement de la réception et règle son émission en conséquence.

5° Les anciens dispositifs d'écoute à l'oreille, les dispositifs phonographiques sont supprimés.

Les signaux de réception sont enregistrés sur *bandes ou feuilles de papier*.

6° En principe le service est toujours automatique.

Les dispositions qui viennent d'être exposées, en particulier l'emploi de réceptions enregistrées, et l'installation des *appareils d'enregistrement à côté même des appareils de manipulation*, dans un Bureau Central, sont les conditions *indispensables* d'un service commercial rapide et sûr.

Si elles ne sont pas observées, il se produit, fatalement, quel que soit la rapidité de manipulation, des erreurs et des retards considérables qui discréditent la liaison radioélectrique.

Le Bureau Central même est organisé suivant les méthodes commerciales modernes.

Chaque télégramme fait le minimum de chemin possible.

Les diverses étapes sont chronométrées, et tout délai anormal est aussitôt signalé.

Chaque communication assurée (par exemple Paris-Londres) correspond à une organisation indépendante, étroitement groupée. Toutes ces organisations sont rattachées à une table de contrôle ou le trafic départ-arrivée est centralisé, contrôlé, réparti.

Le Bureau Central Radioélectrique est ainsi vraiment le cerveau du Centre Radioélectrique.



Fig. 6. — Manipulation et réception automatiques
à gauche, réception enregistrée sur bandes de papier; à droite, manipulation
automatique et à la main)

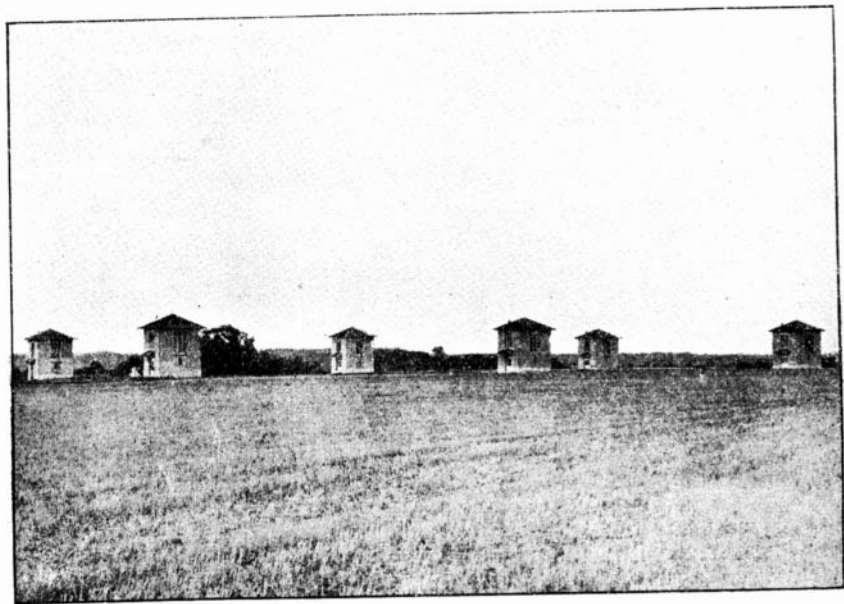


Fig. 7. — Centre de réception de Villecresnes.

Les appareils récepteurs sont répartis dans six pavillons éloignés de soixante-dix mètres les uns des autres, et groupés sur un terrain de dix-sept hectares à Villecresnes (fig. 7).

Chaque pavillon abrite un cadre de quatre mètres qui sert d'antenne, et des appareils de réception à grande sélection, avec dispositifs anti-parasites, réunis sous le cadre, dans une cabine blindée, formant cage de Faraday.

Le centre de réception comporte une petite usine pour la charge des accumulateurs et un grand bâtiment central qui sert de laboratoire et est disposé pour être utilisé comme salle d'enregistrement des signaux reçus par les six cadres dans le cas où l'état des lignes télégraphiques ne permet pas le transport direct de ces signaux au Bureau Central à Paris.

*
* *

Les appareils de réception permettent des vitesses de service très grandes.

Les dispositifs imprimeurs ou enregistreurs sur bandes de papier peuvent suivre la cadence d'un appareil Baudot quadruple, ou d'un manipulateur Wheatstone à la vitesse de 150 mots par minute.

Les dispositifs enregistreurs sur films photographiques dépassent de beaucoup les vitesses ci-dessus.

En pratique, la vitesse de trafic est donc limitée par l'appareil transmetteur.

*
* *

Les systèmes de transmission utilisés sont les systèmes à valves pour les petites puissances (5 à 10 kilowatts), les systèmes à alternateurs haute fréquence pour les moyennes ou grandes puissances.

Ces derniers systèmes se sont imposés par leur simplicité, leur rendement élevé, leur souplesse.

Les alternateurs haute fréquence réalisés par MM. Latour, Bethenod, Belfils, permettent le couplage électrique de plusieurs unités, pour faire varier la puissance mise en jeu, suivant les dispositions habituelles employées dans une centrale électrique alimentant un réseau de distribution.

Ils peuvent également fonctionner indépendamment sur un même réseau d'antennes, pour effectuer plusieurs émissions simultanées différentes.

Les machines de rechange, que doit comporter toute installation sérieuse, ne correspondent pas ainsi à un capital sans rendement.

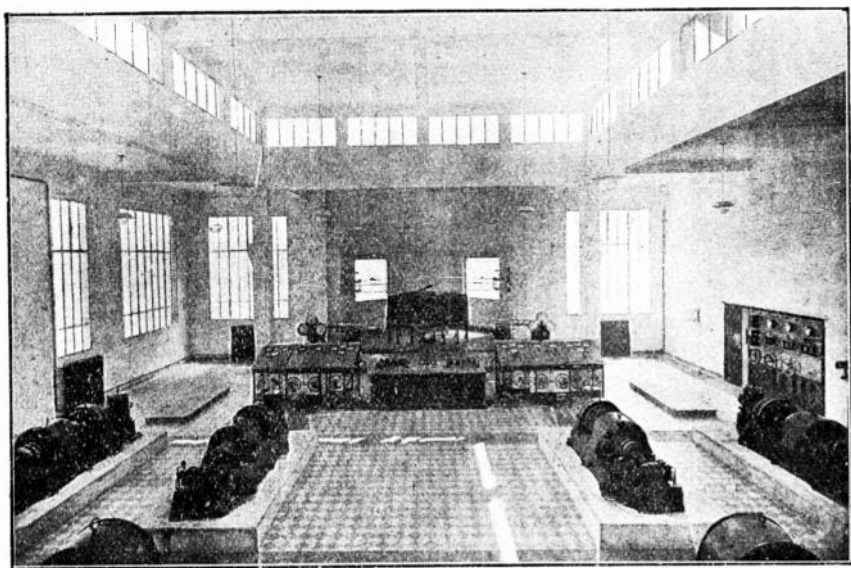


Fig. 8. — Station continentale de 4×25 kw.-antenne.
Salle d'émission.

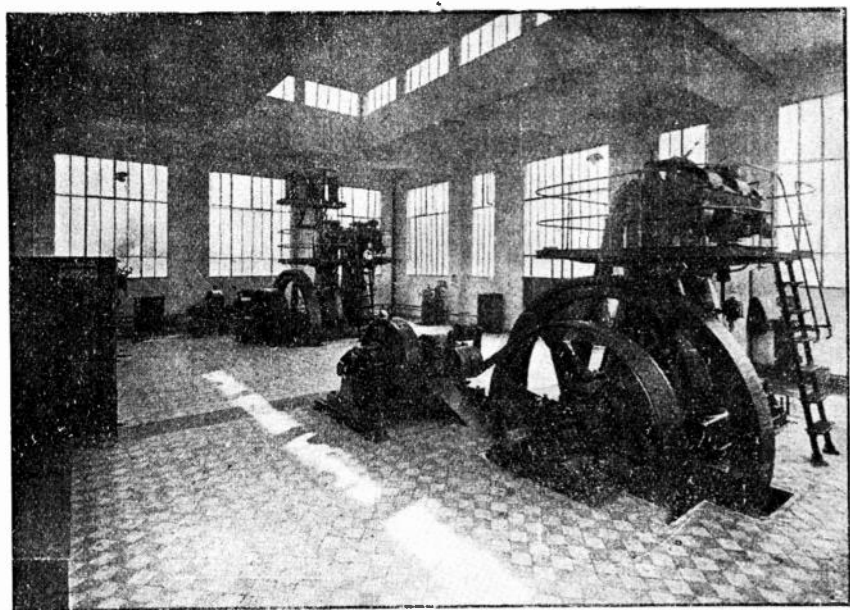


Fig. 9. — Station continentale. — Groupes électrogènes.

Elles entrent en jeu quand on veut augmenter à certaines heures l'efficacité du poste et son rendement.

La division de l'appareil émetteur en plusieurs unités augmente d'ailleurs la sécurité, la souplesse de l'exploitation. Elle en améliore le rendement, chaque machine travaillant à pleine charge, donc à rendement optimum, les grandes variations de puissance qui peuvent correspondre aux nécessités du trafic étant obtenues par la mise en service d'un nombre plus ou moins grand d'unités.

Les alternateurs à haute fréquence, du système précité, ont un rendement très élevé. Ce rendement dépasse 76 % pour les nouvelles machines de 250 kilowatts et 83 % pour celles de 500 kilowatts.

Le procédé de manipulation, par court-circuit de la machine, supprime une très grande partie de la dépense d'énergie dans l'intervalle des signaux.

La consommation globale, pour une même puissance de signaux dans l'antenne, est ainsi plus faible qu'avec tout autre système.

Sans entrer dans les détails de construction, il est nécessaire de rappeler que ces machines ne comportent aucun enroulement tournant, et ont un entrefer radial comme les machines électriques ordinaires, dont elles rappellent absolument les lignes.

Le poste émetteur de télégraphie sans fil moderne est maintenant semblable à une centrale électrique, non seulement dans ses dispositions, dans son aspect, mais aussi dans son organisation, dans sa mise en œuvre (fig. 8 et 9).

*
* *

Les stations de réception étudiées et mises au point par M. de Bellescize comportent des amplificateurs à résonance et transformateurs à fer système Latour, et des dispositifs sélectifs et antiparasites de Bellescize.

Elles actionnent trois types d'appareils enregistreurs, les premiers, genre siphon recorder, traçant des signaux Morse ondulés sur une bande de papier, les seconds imprimant directement les lettres de l'alphabet, les autres pour les très grandes vitesses (200 mots et plus), inscrivant photographiquement des signaux Morse, ondulés, sur une bande de papier, par l'intermédiaire d'un oscillographe Blondel, transformé pour cet usage spécial.

*
* *

Le Centre dispose d'appareils de contrôle photographiques qui permettent à tout moment, et instantanément, de vérifier les divers organes essentiels, les signaux dans l'antenne, les contacts des relais, etc...

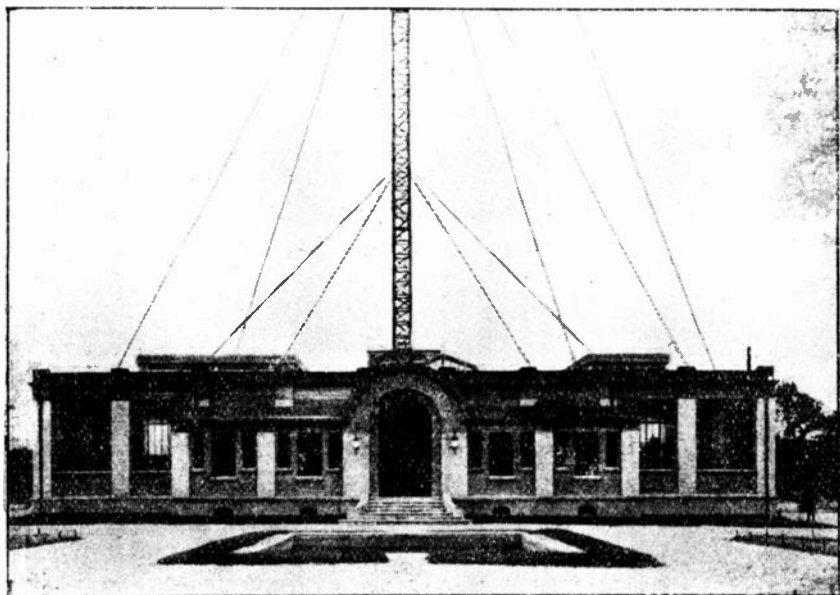


Fig. 10. — Station continentale.

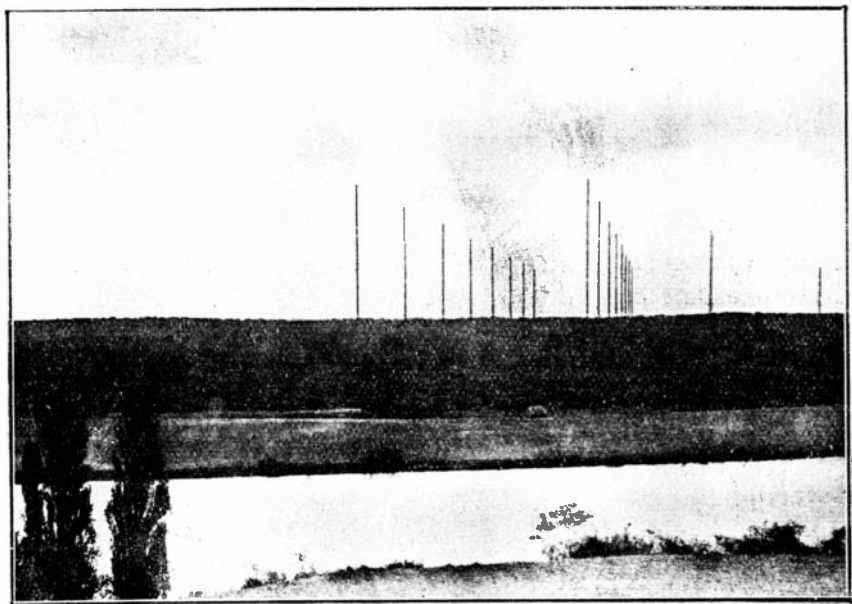


Fig. 11.— Les pylônes du centre de Sainte-Assise.

Toute anomalie, signalée par les correspondants, peut donc être aussitôt localisée et corrigée.

*
* *

Commencés le 9 janvier 1921, les travaux furent poussés avec la plus grande célérité.

Le 1^{er} juillet 1921, le service Paris-Londres, qui était effectué depuis le mois de janvier par un poste à valves provisoire, installé à Levallois-Perret, était transporté à Sainte-Assise.

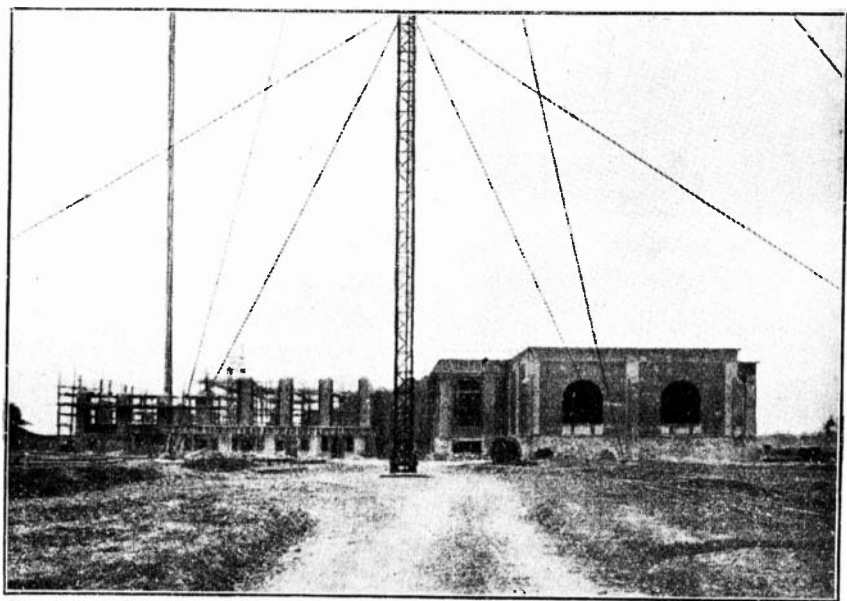


Fig. 12. — Station transcontinentale.

La station continentale était terminée le 10 juillet (fig. 10).

Les 16 pylônes de 250 mètres de la station intercontinentale étaient tous montés le 2 septembre 1921 (fig. 11).

Une grande partie du matériel électrique est achevée.

La station fonctionnera en février avec 250 kilowatts antenne, et les alternateurs de 500 kilowatts-antenne seront mis en service au printemps prochain (fig. 12).

Le centre de réception de Villecresnes est terminé.

Un Bureau Central Radioélectrique provisoire, suffisant pour assurer cinq communications dont deux à grand trafic, était terminé le 10 juillet, 79, boulevard Haussmann.

Il sera bientôt transféré au voisinage immédiat de la Bourse, 166, rue Montmartre.

C'est pour l'exploitation du centre de Sainte-Assise que les Compagnies de T. S. F. françaises associées ont créé une Compagnie spéciale « Radio-France ».

III

Tout en fournissant l'effort technique et financier considérable, correspondant à la réalisation si rapide du plus grand Centre Radio-électrique du Monde, les Compagnies françaises, maintenant en possession de l'organisme national qui était indispensable pour leur action à l'extérieur, ont intensifié cette action.

Les résultats ont répondu aux prévisions, et ont apporté une nouvelle démonstration de l'impérieuse nécessité à laquelle répondait le Centre Radioélectrique commercial de Paris.

Ce sont les Compagnies françaises qui construisent le grand poste de Prague, celui de Bucarest, qui vont réaliser un important réseau en Roumanie, qui fournissent les principaux appareils de grande puissance du poste de Bruxelles, qui construisent et vont exploiter le grand poste de Saïgon, le poste de Beyrouth, le réseau de l'Équateur, le poste de Cayenne, etc.

Elles ont pu obtenir des accords de brevets et d'intercommunications importants pour notre pays, avec les principales grandes Compagnies étrangères (Marconi, Radio-Corporation of America, etc...) donnant à notre pays la faculté d'utiliser tous les meilleurs systèmes, tous les meilleurs correspondants.

En Amérique du Sud, pays où les résultats acquis par les Compagnies américaine, anglaise, allemande, étaient déjà grands, les Compagnies françaises ont rapidement rétabli la situation.

Elles ont fait reconnaître leur droit à entrer maintenant sur pied d'égalité dans les organisations de ces régions.

En Chine, le réseau du Yunnan est construit par les Compagnies françaises. Ce réseau est raccordé à la grande station de Saïgon, qui doit constituer, pour les pays d'Extrême-Orient, un excellent organe de communications avec l'Europe, quand des postes auront été réalisés dans les principales villes de ces régions.

Dans tous les coins du monde, le drapeau de la télégraphie sans fil française est maintenant largement déployé, et à son ombre pourront enfin se développer, s'étendre librement, les multiples liens qui soustiendront l'influence de notre pays en transmettant sa pensée.

P. BRENOT,
 Directeur de la Compagnie Générale
 de Télégraphie sans fil
 et de la Société Française Radio-Électrique.

MESURES DE RAYONNEMENT

Par R. MESNY

Principe. -- Le rayonnement d'un émetteur en un point donné peut être caractérisé par le champ électromagnétique qu'il produit en ce point ; pour mesurer ce champ, on utilise habituellement un cadre. Ce cadre étant orienté normalement au champ à mesurer, on accorde le circuit oscillant dont il fait partie à la fréquence de l'onde reçue et l'on mesure le courant induit par cette dernière.

Soit i ce courant, R la résistance du circuit oscillant, f la fréquence, S la surface totale du cadre : l'amplitude du champ magnétique sera :

$$H = \frac{iR}{S\omega} = \frac{iR}{2\pi Sf} \text{ (unités F. M. C. G. S.)}.$$

Tous les éléments du second membre de cette formule sont facilement mesurables, sauf i qui peut être de l'ordre du dixième de microampère pour des stations très éloignées.

Pour obtenir sa valeur, on peut employer le procédé suivant :

1° Amplifier convenablement ce courant induit et remplacer le téléphone récepteur par un appareil indicateur comportant une aiguille mobile sur un cadran ;

2° Pendant la réception, noter la graduation à laquelle se fixe l'aiguille ;

3° Quand l'émission étudiée est arrêtée, exciter le cadre sur la même onde avec un petit émetteur auxiliaire local, dans lequel est intercalé un appareil de mesure donnant le courant que nous appellerons I ;

4° Le couplage de cet émetteur local avec le cadre est variable, de telle sorte qu'il est possible de faire varier le courant induit dans le cadre. On amène alors ce courant à une valeur telle que l'aiguille de l'appareil indicateur arrive à la même graduation que pendant l'excitation par l'émission elle-même ;

5° La valeur du couplage du cadre avec l'émetteur auxiliaire étant connue, il est possible de déduire de I la valeur du courant dans le cadre.

Nous allons donner la description détaillée du montage réalisé à l'observatoire de Meudon par M. Jouaust et nous, puis nous reviendrons sur la discussion des détails.

Description du montage. — L'émetteur auxiliaire E est du type hétérodyne, il est susceptible de fournir un à deux dixièmes d'ampère. Il excite un circuit oscillant F grâce à la boucle de couplage e ; ce circuit F est un circuit filtreur qui débarrasse des harmoniques le courant fourni par E . Le courant bien sinusoïdal qui circule dans F est indiqué par le thermo-élément T , connecté avec un microampèremètre continu M . Ce courant peut être mesuré dans des conditions convenables entre 5 et 15 milliampères.

B_1 et B_2 sont des bobines de couplage sinusoïdales. Chacun de ces systèmes comprend une bobine fixe b'_1 ou b'_2 , dans laquelle tourne une bobine mobile b''_1 ou b''_2 . Les enroulements sont établis de telle sorte que le coefficient d'induction mutuelle entre b'_1 et b''_1 soit proportionnel au cosinus de l'angle que font les plans de leurs spires. Les conditions requises pour qu'il en soit ainsi sont indiquées plus bas.

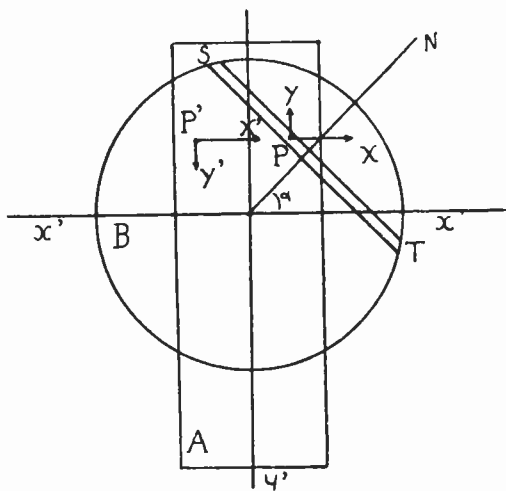
b'_1 et b'_2 connectées ensemble forment un circuit apériodique. b''_1 est dans le circuit de F et au milieu de la bobine qui le constitue; b''_2 est dans le circuit du cadre C et au milieu de ce dernier.

De grandes précautions sont prises pour que l'action de F sur C se limite absolument à celle obtenue par les couplages que nous venons de considérer. A cet effet, le poste E et le circuit F se trouvent dans une triple

cage de Faraday; les bobines B_1 et B_2 sont chacune dans une cage; les conducteurs allant d'une cage à l'autre sont sous gaine de plomb; toutes les cages et gaines sont à la terre. Il en est de même des milieux des bobines b''_1 et b''_2 .

Un commutateur spécial permet de modifier ce montage en supprimant l'usage des bobines B_1 et en connectant directement b'_1 au milieu de F ; le couplage est alors plus énergique et permet d'induire des courants plus intenses dans le cadre.

Un amplificateur convenable A , comportant le détecteur, est connecté directement au condensateur du cadre ou bien à un circuit secondaire. Le téléphone est remplacé par un circuit oscillant S com-



portant un condensateur et une inductance variable, circuit qui peut être accordé sur les fréquences acoustiques. Un millivoltmètre Abraham est connecté aux deux bornes du condensateur de ce circuit par l'intermédiaire d'un transformateur D ; il comporte un milliampèremètre qui mesure le courant plaque de sa dernière lampe et un téléphone qui permet de suivre à l'oreille les variations de ce courant.

Une hétérodyne H , couplée avec le cadre, complète l'installation.

Valeur du couplage entre le circuit F et le cadre. — Si l'on appelle :

M_1 et M_2 les mutuelles maxima entre les deux bobines de B_1 et B_2 ,
 α_1 et α_2 les angles que font les plans des spires des deux bobines dans chaque système;

L_1 et R_1 l'inductance et la résistance du circuit apériodique b'_1 et b'_2 ;

L et R l'inductance et la résistance du cadre;

I le courant dans le circuit F ;

i le courant dans le cadre;

ω la pulsation de l'oscillation dans F .

On a :

$$(1) \quad \frac{i}{I} = \frac{M_1 M_2 \omega^2 \sin \alpha_1 \sin \alpha_2}{\sqrt{(M_1^2 \omega^2 + R_1 R)^2 + L_1^2 \omega^2 R^2}} = A_1 \sin \alpha_1 \sin \alpha_2$$

dans le cas où les deux systèmes B_1 et B_2 sont en service et :

$$(2) \quad \frac{i}{I} = \frac{M_2 \omega \sin \alpha_2}{R} = A_2 \sin \alpha_2$$

quand B_1 seul est en service.

On remarquera que ces formules sont indépendantes des éléments du circuit F et qu'il n'est pas nécessaire que ce circuit soit exactement accordé.

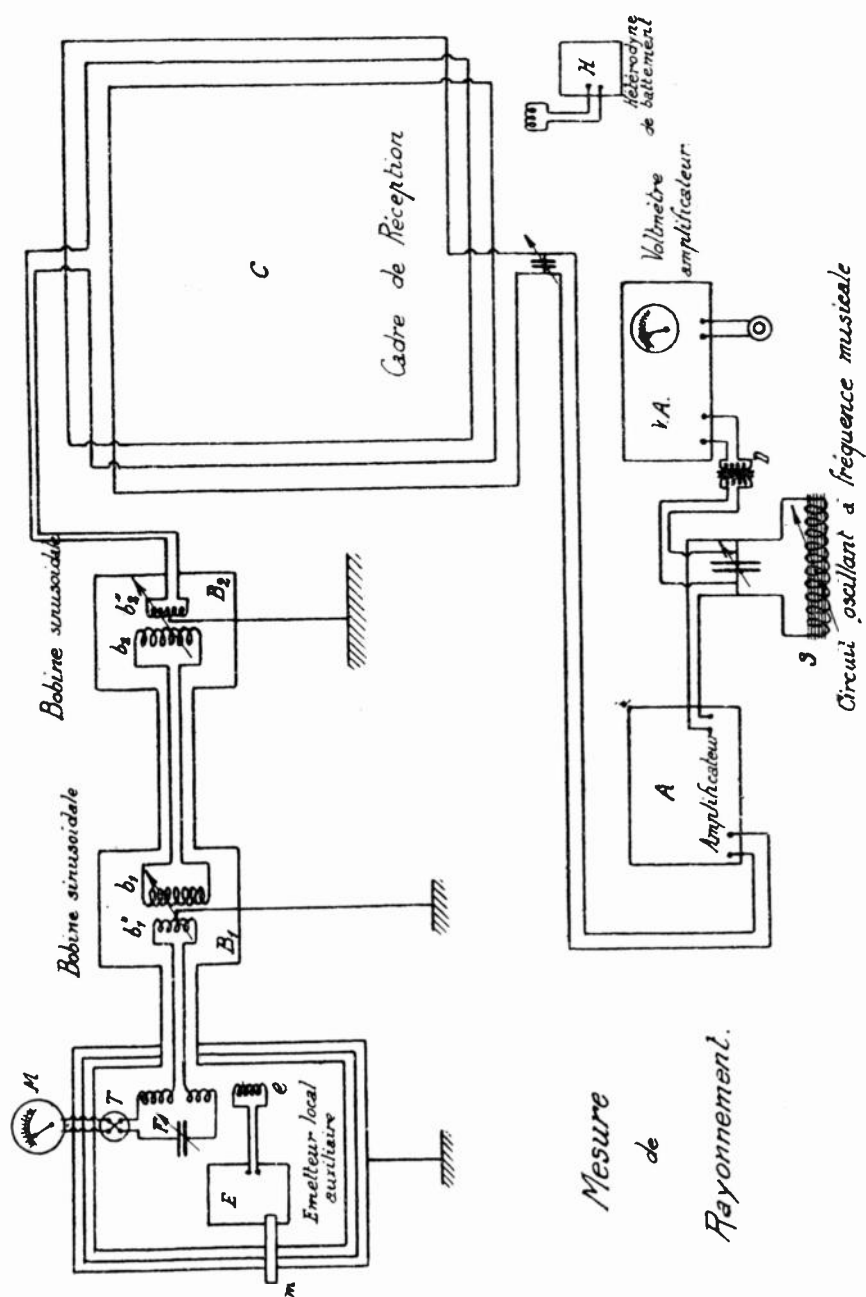
Les valeurs numériques choisies pour les divers éléments des circuits dans l'installation que nous avons établie sont :

$$M_1 = M_2 \doteq 4 \mu \text{H}, \quad L_1 \doteq 32 \mu \text{H}, \quad R_1 < 1 \Omega, \quad R < 40 \Omega.$$

Dans ces conditions, la formule (1) se simplifie et devient sensiblement :

$$(1') \quad \frac{i}{I} = \frac{M_1 M_2 \omega \sin \alpha_1 \sin \alpha_2}{L_1 R}$$

Soit i_1 et i_2 les courants induits dans le cadre par un même courant I dans le circuit F , suivant que l'on utilise les deux systèmes B_1 et B_2 ou B_1 seulement, lorsque $\alpha_1 = \alpha_2 = 90^\circ$.



On aura :

$$\frac{i_2}{i_1} = \frac{L_1}{M_1} = 8.$$

Les angles α_1 et α_2 sont indiqués sur les cadrans gradués tournant en même temps que les bobines b'' . Il est bon qu'ils aient au moins une valeur de 3° pour que les erreurs relatives à craindre restent dans les limites convenables (cela dépend d'ailleurs de la précision des graduations et du montage). Dans ces conditions, on voit que le rapport entre les intensités maxima et minima que l'on peut induire dans le cadre est :

$$\frac{15}{5} \times 8 \times \frac{1}{\sin^2 3^\circ} = 9\,000.$$

Mode d'enroulement des bobines sinusoïdales. — Soient A une bobine fixe, B une bobine mobile autour d'un axe O, OX et ON les normales aux plans de leurs spires, α l'angle de ces normales, M le coefficient d'induction mutuelle quand $\alpha = 0$.

Nous nous proposons d'établir la proposition suivante :

- « Pour que le coefficient d'induction mutuelle correspondant à un angle α soit égal à $(M \cos \alpha)$, il suffit de réaliser les conditions suivantes :
- « 1° La bobine A a un plan de symétrie suivant xx' ou yy' ;
- « 2° La bobine B a la forme d'un solide de révolution autour de l'axe O ;
- « 3° Les plans des spires de B sont équidistants. »

Supposons d'abord que les spires de B soient jointives et soit ST l'une d'elles. Soient X et Y les composantes du champ de A au point P .

Le flux qui traverse la spire est :

$$dm = \iint (X \cos \alpha + Y \sin \alpha) d\tau$$

l'intégrale étant étendue à toute la surface de la spire. En appelant δ le diamètre du fil, on peut écrire :

$$dm = \frac{1}{\delta} \iint (X \cos \alpha + Y \sin \alpha) d\tau \delta$$

et le coefficient d'induction mutuelle pour toute la bobine sera :

$$m = \frac{1}{\delta} \iiint (X \cos \alpha + Y \sin \alpha) d\tau$$

l'intégrale étant étendue à tout le volume de B .

Si A est symétrique par rapport au plan yy' par exemple et que B soit de révolution autour de O , l'intégrale

$$\iiint Y \sin \alpha \, d\tau$$

est égale à zéro, car à tout point P intérieur à B correspond un point P' symétrique de P pour lequel la composante Y' du champ de A est égale à Y et de signe contraire :

Il en est de même pour une symétrie par rapport à xx' . Il vient alors :

$$m = \cos \alpha \left(\frac{1}{\delta} \iiint X \, d\tau \right)$$

et la parenthèse est constante si B est de révolution.

Si les spires de B ne sont pas jointives, mais sont également espacées, on peut encore mettre la mutuelle sous la forme :

$$m = M \cos \alpha$$

mais ici M varie avec α , même si la bobine B est de révolution. Son terme principal est encore l'intégrale

$$\frac{1}{\delta} \iiint X \, d\tau$$

et le terme correctif est proportionnel à

$$\frac{p^2 - \delta^2}{a^2}$$

où p est le pas de l'enroulement et a une dimension linéaire de la bobine. A pas et diamètre de fil constants, l'erreur est donc inversement proportionnelle au carré des dimensions linéaires de la bobine.

On trouve d'ailleurs que pour une bobine B cylindrique dont le diamètre et la hauteur sont égaux à 54 millimètres et pour laquelle $\delta = 1$ millimètre et $p = 2$ millimètres, l'erreur relative reste inférieure à 1/50 de M même si la bobine A n'a qu'une seule spire carrée de 60 millimètres de côté.

Avantage des bobines sinusoïdales. — On pourrait évidemment employer une disposition quelconque pour les bobines de couplage, mais celle que nous décrivons offre les avantages suivants :

1° Il est inutile de faire l'étalonnage pour toutes les positions de couplage. Il suffit de le faire pour une position ($\alpha_1 = \alpha_2 = 90^\circ$ par exemple) et de vérifier que la loi sinusoïdale s'applique bien. Cette vérification est facile grâce à l'existence des deux bobines en série : en

faisant varier α_1 et α_2 de façon à conserver la même déviation au millivoltmètre, le produit $(\sin \alpha_1 \times \sin \alpha_2)$ doit rester constant;

2° L'existence d'une position de couplage nul permet de vérifier que le système d'excitation ne réagit sur le cadre que par l'intermédiaire des bobines;

3° Il y a pour chaque bobine b'' , ou b''' , quatre positions qui doivent donner exactement le même couplage, par conséquent la même déviation au millivoltmètre, et cela permet de faire intervenir, à l'occasion, le procédé des moyennes. On peut vérifier que ce procédé est susceptible d'éliminer certaines erreurs provenant des imperfections de la construction.

Étalonnage des circuits. — Ce qu'il est important de connaître exactement, ce sont les rapports :

$$\frac{i_1}{I} = \frac{M_1 M_2 \omega^2}{\sqrt{(M_1^2 \omega^2 + R_1 R_2) + L_1^2 \omega^2 R_2}} = A_1,$$

$$\frac{i_2}{I} = \frac{M_2 \omega}{R} = A_2.$$

Il est facile d'étalonner le système de mesure de I (thermo-élément et millivoltmètre). On peut, par exemple, mettre le thermo-élément en série avec de fortes résistances mesurées avec soin et y faire passer un courant alternatif dont on connaît le voltage.

Ensuite, i_1 pouvant atteindre des valeurs assez importantes, de l'ordre du milliampère, il sera encore facile de mesurer ce courant i_2 par l'intermédiaire d'un thermo-élément et d'un galvanomètre étalonnés comme précédemment. On aura alors le rapport $\frac{i_1}{I} = A_1$.

Pour avoir $\frac{i_2}{I}$ on utilise le montage tout entier lui-même. Faisant $\alpha_1 = \alpha_2 = 90^\circ$, on allume l'excitateur E et on note la graduation du millivoltmètre. Ensuite, par la manœuvre du commutateur, on passe à la deuxième disposition dans laquelle B_1 est hors circuit, et en manœuvrant la bobine mobile de B_2 on ramène le millivoltmètre à la graduation lue précédemment. Le courant i' obtenu est précisément égal au courant i_1 correspondant au cas où $\alpha_1 = \alpha_2 = 90^\circ$. L'angle α_2 que l'on lit sur la bobine B_2 est tel que

$$\sin \alpha_2 = \frac{i_1}{i_2} = \frac{A_1}{A_2}$$

d'où :

$$A_1 = A_2 \sin \alpha_2.$$

Méthode d'observation. — Supposons d'abord que le poste à étudier fasse un trait d'une certaine durée. Le poste E étant éteint

et l'hétérodyne H allumée, on manœuvre cette dernière de façon à entendre l'émission sur une note convenable, puis on accorde le circuit S à la résonance acoustique; cet accord, très précis, est atteint quand le millivoltmètre donne sa déviation maxima. On note cette déviation δ .

On éteint alors H et on allume E en plaçant E et F à peu près sur la fréquence f . Cela fait, on manœuvre l'émetteur E par le moyen de la poignée m qui sort des cages; son émission interfère avec celle de la station et on continue la manœuvre jusqu'à éteindre le son. A ce moment, la fréquence de E est égale, à très peu près, à celle de la station à l'étude.

On attend la fin du trait ou on place le cadre à la position d'extinction puis on rallume H . On attend quelques instants pour que cette hétérodyne ait repris son régime et l'on recommence à manœuvrer la poignée de E en surveillant l'aiguille du millivoltmètre. On continue la manœuvre jusqu'à ce que la déviation soit devenue maximum. Ce réglage est extrêmement précis, et lorsqu'il est réalisé, on est certain d'avoir obtenu exactement la même note musicale de réception et par conséquent la même fréquence que celle de l'émission (1).

Il ne reste plus qu'à manœuvrer les bobines mobiles de B_1 et de B_2 , jusqu'à ce que la déviation devienne égale à la déviation δ notée au début. Ce résultat atteint, on lit les angles α_1 et α_2 et l'intensité I que fournit le microampèremètre M . L'une des formules (1) ou (2) donne alors i .

$$i = A_1 \cdot I \cdot \sin \alpha_1 \cdot \sin \alpha_2$$

ou

$$i = A_2 \cdot I \cdot \sin \alpha_1$$

Dans le cas où le poste émetteur ne fait pas un trait de longue durée, il est toujours possible, en observant l'aiguille du voltmètre Abraham, pendant quelque temps, de trouver un moment où, pendant un trait un peu long, elle se fixe à sa position d'équilibre.

Remarque. — On peut remarquer que l'expression du champ magnétique contient les éléments i et R sous forme de produit; or les formules (1') et (2) permettent de trouver le produit (iR) en fonction des autres éléments des circuits. La mesure du champ ne nécessite donc pas la mesure d'une résistance une fois que l'étalonnage a été fait.

René MESNY,
Professeur d'hydrographie.

(1) Nous avons fait remarquer plus haut que les formules sont indépendantes des éléments du circuit F . L'accord approché de ce circuit n'a d'autre but que d'éliminer les harmoniques et d'obtenir l'intensité I convenable.

LISTE

DES ÉMISSIONS RÉGULIÈRES QUOTIDIENNES

EFFECTUÉES PAR

LES GRANDES STATIONS DE T. S. F. FRANÇAISES

1° — Poste de la Tour Eiffel (F L).

		Nature des émissions
SIGNAUX HORAIRE	9 h 30 signaux horaires ordinaires automatiques.	émission amortie musicale longueur d'onde 2 600 m puissance dans l'antenne 60 kw.
	10 h signaux horaires scientifiques (rythmés)	
	10 h 45 signaux horaires ordinaires (partiellement automatiques)	
	22 h signaux horaires scientifiques (rythmés)	
	22 h 45 signaux horaires ordinaires (partiellement automatiques)	
ÉMISSIONS MÉTÉOROLOGIQUES	2 h 20 Météo FRANCE	émission musicale longueur d'onde 2 600 m puissance dans l'antenne 60 kw.
	8 h 20 —	
	14 h 20 —	
	19 h 20 —	
	11 h 30 Météo EUROPE	
TÉLÉGRAMMES DE PRESSE	12 h Presse	émission musicale longueur d'onde 3 200 m puissance dans l'antenne 60 kw.
ESSAIS DE TÉLÉPHONIE SANS FIL	16 h 30	longueur d'onde 2 600 m puissance dans l'antenne 1 kw environ.

2° — Poste de Lyon (Y N).

SIGNAUX HORAIRE	8 h Signaux horaires scientifiques (rythmés)	émission entretenue longueur d'onde 15 500 m puissance dans l'antenne 100 kw environ.
	9 h signaux horaires ordinaires (partiellement automatiques)	

3° — Poste Lafayette (L Y).

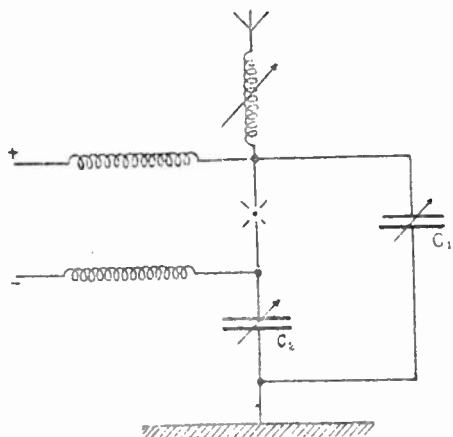
SIGNAUX HORAIRE	20 h signaux horaires scientifiques (rythmés)	émission entretenue longueur d'onde 23 400 m puissance dans l'antenne de 300 à 500 kw.
--------------------	---	--

ANALYSES ET BIBLIOGRAPHIE

L'analyse des revues concernant la radiotélégraphie est assurée par les soins de MM. JOUAUST, ingénieur électricien, professeur à la section de radiotélégraphie de l'École supérieure d'Électricité (analyses signées J.); MESNY, professeur d'hydrographie (analyses signées My), et METZ, capitaine à l'Établissement central de la Radiotélégraphie militaire (analyses signées Mz). Ces analyses seront classées par rubrique suivant le sujet auquel elles se rapportent.

ÉMISSION

L'arc Poulsen avec circuits couplés; P. O. PEDERSEN. *Proceedings of the Institute of Radio Engineers*, juin 1921, vol. 9, pp. 228-243. — C'est une étude analytique expérimentale du montage conforme au croquis ci-contre. Elle a pour but de montrer que l'adjonction du condensateur shunt C_1 au circuit simple de l'arc et de l'antenne n'apporte qu'un faible avantage. Cette



Disposition peut accroître le courant dans l'antenne dans le rapport de 1 à 1,37 dans les conditions de l'étude ($\lambda = 6000$ mètres environ); mais cet accroissement est dû en grande partie à l'introduction d'harmoniques que le montage simple permet d'éviter complètement. L'auteur montre que le nombre 1,37 doit être remplacé par 1,2 au plus si l'on ne tient compte que du

courant utile sur l'onde principale; il estime donc que le condensateur shunt ne donne dans l'ensemble que des avantages peu importants, mais il n'exclut pas la possibilité de son utilité dans certaines conditions spéciales. L'article contient de nombreux renseignements numériques sur les expériences faites. — My.

PROPAGATION DES ONDES ET RADIOGONIOMÉTRIE

Discussion sur les transmissions radiotélégraphiques à longue distance; C.-F. ELWELL. *Journal of the Institution of Electrical Engineers*, t. XXXIX, pp. 677-692, 1922. — L'auteur rappelle qu'aucune des formules proposées ne permet de rendre compte des effets observés à grande distance. La formule d'Austin Cohen

$$hs Is = \frac{\lambda d R I r}{377 h r} \sqrt{\frac{\sin \theta}{\theta}} e^{0,0015 \frac{d}{\sqrt{\lambda}}}$$

dans laquelle hs représente le produit de la hauteur effective de l'antenne d'émission par l'intensité dans cette antenne, $h r$ et R la hauteur effective, l'intensité et la résistance à la réception, λ la longueur d'onde, d la distance entre les deux stations et θ leur angle géocentrique, ne concorde pas avec les résultats obtenus par Vallauri à Livourne sur les émissions américaines. La formule de Fuller dans laquelle le terme exponentiel est remplacé par $e^{\frac{0,00145}{1,4}}$ se rap-

proche davantage des résultats expérimentaux de Vallauri.

Toutes ces formules n'expliquent pas les résultats obtenus dans la croisière du navire français l'*Aldébaran*. Les divers ingénieurs s'occupant de radiotélégraphie ne sont pas d'accord sur l'énergie qu'il faut recevoir pour assurer une bonne transmission. Austin demande 6×10^{-10} watts et Howe 400×10^{-10} watts. De nombreuses expériences dans lesquelles on mesurerait à des distances variées l'énergie reçue de certains postes seraient nécessaires.

On pourrait, pour les réaliser, faire appel à la collaboration des amateurs auxquels on indiquerait des procédés de mesure précis.

Il est possible que les expériences ne conduisent point à une formule valable dans toutes les directions et qu'on soit amené à tracer autour des différents postes des courbes polaires d'égale intensité.

La communication de M. Elwell donne lieu à une importante discussion.

Round signale qu'en hiver la période de juin pour la réception des signaux américains en Angleterre est peu favorable eu égard aux parasites. La période la plus favorable semble être l'automne.

Fortescue signale que Watson, en considérant la couche d'Heaviside comme un réflecteur parfait, arrive à une formule de transmission de la forme

$$X_d = 377 I_s h s \left(\frac{1}{\lambda} \right) \frac{1}{\sqrt{a H \sin \theta}} \cdot e^{-\frac{ad}{\sqrt{\lambda}}}$$

X étant la valeur du champ électrique à la distance d du transmetteur, a le rayon de la terre, H la hauteur de la couche d'Heaviside, α un coefficient à déterminer.

Turner indique qu'il semble que pour une distance donnée entre la transmission et la réception, il y ait une longueur d'onde optimum pour laquelle l'importance relative du parasite par rapport au signal soit minimum.

Pour une distance de 5000 kilo-

mètres, cette longueur d'onde serait de 2200 mètres. Elle ne correspond évidemment pas à la valeur la plus favorable pour donner au signal sa valeur maximum, mais cette question est sans importance étant données les amplifications qu'on réalise aujourd'hui.

Eckersley signale que les valeurs obtenues en appliquant la formule d'Austin Cohen aux réceptions faites en Angleterre des transmissions de

Marion et de New-Brunswick sont $\frac{1}{1,89}$ fois plus faibles que les résultats observés.

Il en conclut que le terme exponentiel de la formule Austin Cohen est correct, et que le premier facteur doit être modifié. Il propose la substitution

$$\text{au terme } \frac{377}{\lambda d}$$

de l'expression $\frac{377}{\lambda d} \times \frac{1}{R \sin \theta r'}$.

R rayon de la terre, θ angle géocentrique et

$$r' = \frac{r_0 R \sin \theta}{r_0 + R \sin \theta}$$

r_0 étant une distance critique à déterminer expérimentalement et qui, dans ses expériences, serait de l'ordre de 350 kilomètres. L'établissement de cette nouvelle formule tient compte de l'existence de la couche d'Heaviside.

Lannon décrit le procédé de mesure qu'il a employé avec Eckersley pour la mesure de l'intensité des signaux et qui consiste essentiellement dans l'équilibrage des intensités des sons d'une part de la transmission à mesurer et d'autre part d'une transmission locale reçue dans un circuit de mêmes constantes électrique que l'antenne.

Pour terminer, Elwell signale des mesures récentes faites par Vallauri à Livourne sur les transmissions de Horsea.

A minuit, on obtient pour le produit $h s I_s$, 11,8 par la formule d'Austin, 9,8 pour celle de Fuller, alors que la valeur réelle est 1,6.

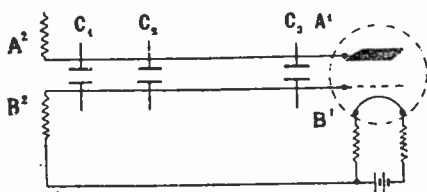
Vers midi, les deux formules donnent 3,4 et 2,8 et même un autre jour 1,7 et 1,6. — J.

MESURES

Oscillations électriques dans les fils droits et dans les solénoïdes; J. S. TOWNSEND et J. H. MORRELL. *Philosophical Magazine*, t. XLII, pp. 265-278, 1921. — Dans la première partie de leur travail, les auteurs indiquent un procédé pour la mesure des longueurs d'onde en prenant pour point de départ des oscillations de très haute fréquence dont la longueur d'onde peut être mesurée par la méthode de Lecher.

La figure 1 indique le montage de production d'oscillations de très haute fréquence et le procédé de mesure de leur longueur d'onde.

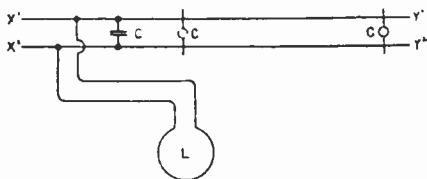
Un fil $A_1 A_2$ de 75 centimètres de longueur est réuni d'une part à l'anode d'une lampe et d'autre part, par une bobine de self-induction, au pôle positif d'une source à haute tension (non figurée). Un deuxième fil $B_1 B_2$ est



réuni d'une part à la grille et d'autre part, par une bobine de self-induction, au point commun à la batterie de chauffage et à la source de haute tension. Un pont contenant un condensateur (C_3 au mica de l'ordre du millièbre de microfarad, peut glisser sur les deux fils $A_1 A_2$, $B_1 B_2$. On fait ainsi varier la fréquence des oscillations produites et on peut la régler d'une façon plus précise en agissant sur un petit condensateur réglable C . Dans certaines positions du pont, le système n'oscille que si on met un condensateur en (C_3).

Les oscillations ainsi produites agissent par l'intermédiaire de la boucle L sur un système de 2 fils $x_1 y_1$, $x_2 y_2$, d'environ 8 mètres de long et situés à 1 mètre au-dessus du sol.

On déplace sur ces fils un pont contenant une petite lampe à incandescence ou mieux un couple thermoélectrique peut glisser sur ces fils. On règle le condensateur C de façon à avoir une



première position de maximum de courant dans le pont, lorsqu'il se trouve très rapproché de $x_1 x_2$. La distance entre deux positions du pont donnant un maximum d'intensité dans ce pont, donne la demi-longueur d'onde des oscillations produites. On

mesure ainsi à $\frac{1}{5000}$ près des ondes de 5 à 15 mètres. Pour utiliser ce dispositif pour l'étalonnage d'un ondemètre, les auteurs commencent par mesurer avec cet ondemètre la longueur d'onde W d'un poste à lampes avec fort couplage, de façon à avoir beaucoup d'harmoniques. Dans le circuit-plaque de ce poste à lampes, est placé un transformateur téléphonique et on fait passer un fil des connections grille près du générateur de courtes ondes.

Chaque fois que celles-ci coïncident avec une harmonique du poste de grandes ondes, on entendra un son dans le téléphone. Pour mesurer W , on opérera donc ainsi : on fera varier progressivement la longueur des ondes émises par le générateur de très haute fréquence jusqu'à ce qu'on entende un son dans le téléphone. On mesure par le dispositif de Lecher la petite onde correspondante : soit w_1 sa valeur.

On continue à faire varier la fréquence des courtes ondes et on entend de nouveau m fois des sons dans le téléphone. A ce moment, on mesure de nouveau la longueur d'onde w_2 par le procédé de Lecher.

$$\text{Or } W = n w_1 = (n + m) w_2$$

$$\text{d'où } w = \frac{m w_1 w_2}{w_1 - w_2}$$

Il est à remarquer que $\frac{m \nu_1}{\nu_1 - \nu_2}$ doit être un nombre entier. On prendra pour cette expression l'entier le plus voisin du résultat expérimental.

L'opération se simplifie lorsqu'on possède un ondemètre, dans lequel la self-induction se compose de deux bobines qui peuvent être placées en série ou en parallèle.

Le générateur d'oscillation de très haute fréquence est réglé pour une longueur d'onde fixe W .

On fait varier la longueur d'onde du poste à lampes de façon à entendre un battement et avec l'ondemètre dont les bobines sont en parallèle, on réalise la résonance pour cette longueur d'onde inconnue W .

Plaçant ensuite les deux bobines de l'ondemètre en série, on agit progressivement sur le condensateur du poste à lampes de façon à rétablir la résonance dans l'ondemètre. La longueur d'onde sera alors $2W$.

Au cours de cette opération, si on entend n fois des sons musicaux dans le téléphone, c'est que $W = n\lambda$.

Les auteurs se sont posé la question de savoir si dans ces opérations on n'est pas gêné par la superposition aux harmoniques du poste d'autres ondes qui seraient les oscillations propres de la bobine de self-induction.

Ces oscillations se distinguent des harmoniques par ce fait qu'elles sont indépendantes de la capacité du circuit oscillant. On ne les observe pas dans un poste émetteur convenablement construit.

Les auteurs ont étudié ensuite les oscillations propres des bobines, dans le cas d'un solénoïde suffisamment long.

Ils démontrent qu'on peut observer dans ce solénoïde une série d'oscillations, dont les pulsations sont $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_n$ avec

$$\omega_n = \frac{\pi}{l\sqrt{SC_n}}$$

$s = 4\pi N a^2$, a rayon du solénoïde, N nombre de tours par unité de longueur, l la longueur et

$$U^2 C n = \frac{1}{2 \log \frac{2l}{5\pi a}} + \frac{(K-1)\pi^2 a^2 n^2}{4 l^2}$$

u vitesse de la lumière, k pouvoir inducteur spécifique de la substance sur laquelle est bobiné le solénoïde.

Une vérification expérimentale donne une assez bonne concordance pour les valeurs de n supérieures à 7. — J.

Pertes en haute fréquence dans les verres et dans quelques autres diélectriques; ÉMILE SCHOTT DE IÉNA. *Jahrbuch* d'août 1921, Band 18, Heft 2, page 82. — Le but de ce travail est le suivant :

1° Établir une méthode d'évaluation des pertes en haute fréquence.

2° Donner des renseignements sur la façon dont se comportent en haute fréquence différents matériaux, entre autres les verres et la façon dont ces données sont liées à la fréquence et à la température.

3° Voir si on peut déduire des mesures faites des lois, et voir en particulier si les résultats sont d'accord avec la théorie de Von Schweidler et Wagner.

Principe de la méthode. — Un émetteur I donne une certaine longueur d'onde correspondant à la fréquence à laquelle on désire opérer. Un circuit de mesure II est accordé sur cet émetteur et l'accord est indiqué par un instrument de mesure intercalé dans un troisième circuit apériodique.

Le circuit II comprend un self fixe, un variomètre permettant un accord très précis et le condensateur K dont on veut étudier les pertes.

On procède par substitution en remplaçant le condensateur K par un condensateur C à air, dont la réactance est $\frac{1}{j\omega C}$.

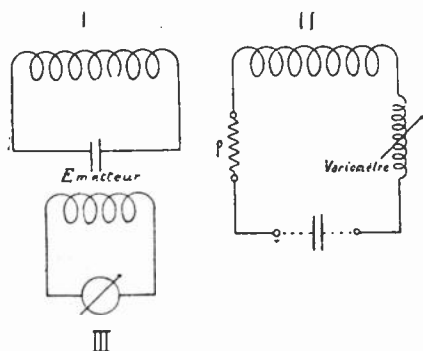
La suite des opérations est la suivante. Accorder II sur I, le circuit II contenant le condensateur K à étudier. Noter la déviation de l'instrument de mesure intercalé dans le circuit III.

Remplacer K par C , rétablir la résonance et ajouter de la résis-

tance ρ , jusqu'au moment où l'instrument de mesure du circuit III donne à nouveau la même déviation.

On peut alors admettre que la résistance correspondant au condensateur K (perte de réactance) s'obtient en faisant la somme de la résistance ρ et de la réactance $\frac{1}{j\omega C}$ de la capacité C.

Cette méthode simple dans son



principe se heurte aux quatre difficultés suivantes :

1° Constitution d'un condensateur avec la matière dont on veut étudier les pertes.

2° Constitution d'un condensateur à air réellement sans pertes.

3° Établissement de résistances petites, mesurées avec précision en haute fréquence et pouvant varier de façon continue.

4° Réalisation d'un dispositif qui ne donne pas lieu à des modifications dans le couplage par capacités au moment où l'on change celles-ci.

L'auteur décrit longuement les dispositions prises pour parer à ces quatre difficultés. Il donne des tableaux et des courbes permettant de se rendre compte des pertes dans les différents diélectriques en fonction de la longueur d'onde et de la température.

Ces pertes sont exprimées à l'aide d'un angle. Dans un condensateur parfait, l'intensité est décalée de 90° sur la tension aux bornes. S'il y a des pertes, l'angle est inférieur à 90° d'une quantité dont l'auteur se sert pour

apprécier l'importance des pertes dont il s'agit. Cet angle est de l'ordre de quelques minutes dans les cas examinés par l'auteur. — Mz.

Nouvelle méthode pour la détermination de la capacité dynamique d'une antenne; H. BAKHUIS. *Jahrbuch*, Band 18, Heft 1, juillet 1921, p. 33. — L'auteur se propose, connaissant la capacité statique et la lon-

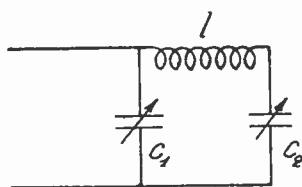


Fig. 1.

gueur d'onde propre λ_0 d'une antenne de déterminer la capacité d'antenne correspondant à une longueur d'onde λ obtenu en ajoutant une self L dans l'antenne et qu'il appelle la capacité dynamique.

Pour arriver au résultat, il remplace l'antenne par un circuit équivalent composé de selfs et de capacités.

La fig. 1 représente ce circuit.

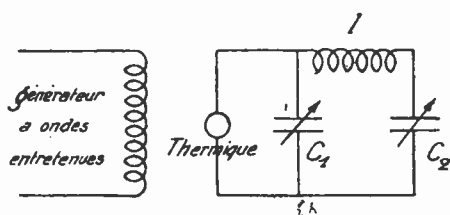


Fig. 2.

Pour le réaliser, on prend comme première approximation :

$C_2 = 0,9$ de la capacité statique de l'antenne.

$C_1 = 0,1$ de cette capacité.

On agit ensuite sur la self l qui est variable de façon à réaliser la réso-

nance avec un générateur à ondes entretenues donnant la longueur d'onde λ_0 et agissant sur le système (fig. 2).

L'auteur démontre que si, sans toucher à C_1 , C_2 , ni L , on introduit une self supplémentaire L dans le circuit du thermique (fig. 3), ce qui oblige à émettre sur une longueur d'onde λ ,

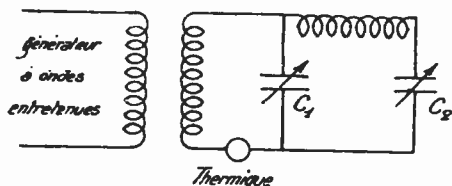


Fig. 3.

pour rétablir la résonance avec le générateur d'ondes entretenues, on a la relation.

$$(1) C \text{ dynamique (correspondant à } \lambda) = C_1 + C_2 - \left(\frac{\lambda_0}{\lambda}\right)^2 C_1.$$

Si les selfs et les capacités du système sont disposées de façon que la longueur d'onde λ soit précisément celle qu'émet l'antenne à étudier lorsqu'on lui ajoute la self L , λ_0 étant sa longueur d'onde propre, on en conclut que le système de la figure 1 est bien équivalent à l'antenne et que la capacité dynamique correspondant à l'émission de l'onde λ et donnée par l'équation (1) est bien la capacité cherchée de l'antenne correspondant à l'onde λ .

En appliquant la formule (1) à l'antenne émettant son onde propre λ_0 , on trouve, pour la capacité dynamique, la valeur C_1 .

La suite des mesures à faire se présente de la façon suivante :

1° On mesure pour l'antenne à étudier la capacité statique, la longueur d'onde propre λ_0 et les longueurs d'onde λ_1 et λ_2 qui correspondent à des selfs L_1 et L_2 intercalées dans l'antenne et dont on n'a pas besoin de connaître la valeur.

2° On réalise le système équivalent

de la fig. 1 en prenant comme il est dit plus haut :

$C_1 = 0,9$ de la capacité statique ;

$C_2 = 0,1$ de cette capacité.

On fait agir sur le système un générateur à ondes entretenues donnant l'onde λ_0 . On réalise la résonance à l'aide de la self variable L .

3° On intercale la plus grande self L_1 (fig. 3). On agit sur le poste émetteur jusqu'à ce que la résonance soit rétablie.

Si cette résonance correspond à la longueur d'onde λ_1 , le circuit de la figure 3 est réellement équivalent à l'antenne et on le vérifie en intercalant L_1 à la place de L , et en constatant que la résonance pour ce montage correspond bien à $\lambda = \lambda_1$.

Si, ce qui sera le cas normal, le circuit de la figure 3 (avec $L = L_1$) ne donne pas la résonance pour la longueur d'onde λ_1 , il faut modifier C_1 dans le sens convenable. Il faut augmenter sa valeur si $\lambda < \lambda_1$. A chaque modification de C_1 , il faut faire correspondre une variation de C_2 telle que la somme $C_1 + C_2$ reste constante et égale à la capacité statique de l'antenne.

On arrive par des tâtonnements très rapides à donner à C_2 la valeur convenable. On vérifie que si l'on remplace L_1 par L_2 , on obtient bien la résonance pour $\lambda = \lambda_2$.

Le circuit de la figure 1 étant alors bien équivalent à l'antenne, on peut appliquer la formule (1) et avoir la capacité dynamique de l'antenne pour une longueur d'onde quelconque. — Mz.

Pertes dans les diélectriques tels que cire, colophane et substances analogues ; W. STEINHAUS. *Jahrbuch*, Band 18, Heft 1, juillet 1921, p. 29. (Essais faits en 1916 sous la direction de Wien.) — L'auteur considère un condensateur d'émission à diélectrique de verre ou de mica et dont les armatures et le diélectrique sont entièrement noyés dans une substance isolante destinée à éviter les effluves

Il cherche à répondre aux trois questions suivantes :

1. Les pertes augmentent-elles avec la température du condensateur ?

2. Si oui, cette augmentation des pertes est-elle imputable au diélectrique (du verre pour le condensateur étudié) ou plutôt à la matière de remplissage ?

3. Peut-on trouver une telle matière supérieure à celles que l'on emploie en ce moment ?

Pour déterminer les pertes du con-

phane, fondant à 65°) sont données par le tableau suivant :

Température	Décroissement	Température	Décroissement
18° C	0,012	105° C	0,027
42° C	0,038	116° C	0,016
60° C	0,097	123° C	0,010
77° C	0,061		

Ce tableau montre que l'augmentation des pertes constatées quand la température croît, est surtout imputable à la matière de remplissage. (Réponse à la question 2). Il y a donc intérêt à réduire cette matière au maximum, soit qu'on réalise des armatures extra minces et des glaces rigoureusement planes, soit qu'on supprime entièrement la matière de remplissage. On empêche dans ce cas les effluves, en soudant les glaces de verre sur leur bord par fusion de la matière. De tels condensateurs dont la réalisation technique est difficile, ont un décroissement compris entre 2 et 3 millièmes.

Il y a en tout cas intérêt, si l'on maintient une matière de remplissage, à en faire une étude détaillée pour pouvoir répondre à la question 3.

On a déterminé les décroissements de six substances à diverses températures. Les résultats sont donnés par la figure pour quatre d'entre elles.

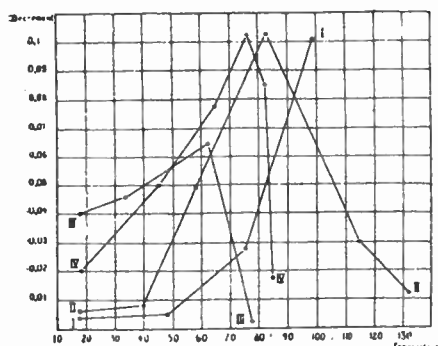
Les six substances en question sont les suivantes :

I. Colophane (fond à 100° C); II. Colophane et 10 pour 100 de paraffine (fond à 90°); III. Cire (fond à 70°); IV. Cire de Karnauba (fond à 80°); V. Paraffine (fond à 35°); VI. Ozokérite (fond à 50°). La paraffine et l'ozokérite ont des décroissements qui passent de 2 à 3 millièmes pour la paraffine et de 3 à 4 millièmes pour l'ozokérite quand la température passe de 18° à 72°.

Les substances, I, II, V et VI l'emportent par leur qualité électrique sur le mélange de cire et de colophane.

Les substances V et VI sont à rejeter à cause de leur faible point de fusion.

A noter que le décroissement passe par un maximum au voisinage du point



densateur; l'auteur détermine son décroissement à l'aide d'une courbe de résonance. La réponse à la 1^{re} question est affirmative. Pour le condensateur considéré, le décroissement passe de 0,003 pour 18° centigrades à 0,008 pour 44° centigrades.

Pour répondre à la deuxième question, on a étudié d'abord un condensateur à diélectrique de verre et dépourvu de toute matière de remplissage et, ensuite, différentes matières de remplissage disposées entre deux armatures métalliques, le tout formant condensateur.

Le condensateur réduit à son armature et au diélectrique de verre a un décroissement qui augmente très lentement avec la température. De 18° à 77° ce décroissement reste compris entre 0,002 et 0,003, pour atteindre 0,004 au delà de 100°.

Les variations du décroissement du condensateur dont le diélectrique est constitué par la matière de remplissage (mélange de cire et de colo-

de fusion, et tombe immédiatement après.

Les essais dont il est parlé ci-dessus, sans avoir encore donné des résultats décisifs, fournissent d'intéressantes indications sur la substance à employer dans la fabrication des condensateurs. — Mz.

ATMOSPHÉRIQUES :: BROUILLAGES ::

Détermination de la direction des perturbations atmosphériques en radiotélégraphie; L.-W. AUSTIN, Ph. D. *Journal of the Franklin Institute*, mai 1921, vol. 191, p. 619-630. — M. Austin a organisé aux États-Unis des séries d'observations des perturbations atmosphériques. Il a examiné comment elles affectent les récepteurs radiotélégraphiques suivant la longueur d'onde, mais a surtout recherché les directions suivant lesquelles les perturbations se propagent le plus généralement. Dans tous les cas, il employa des systèmes unidirectionnels constitués par des cadres couplés avec une antenne ouverte. Des postes d'observations se répartissaient sur les côtes est et ouest d'Amérique. Un autre fut installé à Porto-Rico; les résultats sont indiqués en quelques tableaux et peuvent se résumer comme il suit :

Sur la côte est, les perturbations proviennent en grande majorité des plaines chaudes du Mexique; sur la côte ouest, les sources de ces perturbations semblent localisées sur des montagnes élevées peu éloignées des postes d'observations. Dans tous les cas, les atmosphériques viennent de terre et non de la mer.

L'auteur conclut en faisant ressortir que ces premiers résultats, si incomplets qu'ils soient, montrent l'importance qu'aurait l'organisation d'un plan général et mondial d'observation des atmosphériques. — My.

Un système pour mesurer l'importance des perturbations atmosphériques; AUSTEN M. CURTIS. *Proceedings of the Institute of Radio Engineers*, juin 1921, vol. 9, p. 225-228. — L'énergie due aux perturbations atmosphériques est amplifiée et, après rectification, les courants recueillis sont emmagasinés dans un condensateur de grande capacité. Ce condensateur se décharge d'une façon continue à travers un galvanomètre sensible dont les déviations fournissent la valeur moyenne des atmosphériques. Les installations expérimentales sont décrites et des indications numériques sont données pour un usage réel. — My.

LAMPES

Le circuit équivalent d'un tube à électrons modulateur; John R. CARSON, Ph. D. *Proceedings of the Institute of Radio Engineers*, juin 1921, vol. 9, p. 243-250. — L'auteur rappelle d'abord qu'un tube amplificateur peut être assimilé à un circuit résistant et impédant dans lequel on introduit une f. e. m. μE , μ étant le facteur d'amplification et E la f. e. m. appliquée sur la grille. Il montre ensuite qu'un tube modulateur peut être assimilé à un circuit de même genre dans lequel on appliquerait une f. e. m.

$$\frac{1}{2R_0} \left(\frac{\partial R_0}{\partial E_b} \right) \left(\frac{\mu R_0}{R_0 + Z} E \right)^2$$

où R_0 est la résistance interne, E_b le voltage plaque et Z l'impédance externe.

Il fait les calculs pour le cas où la f. e. m. appliquée à la grille est de la forme

$$E = E_1 \sin p_1 t + E_2 \sin p_2 t$$

p_1 étant la pulsation de l'onde porteuse et p_2 celle de l'oscillation modulatrice, puis il traite une application dans un cas simple. Cette application fait ressortir l'avantage de la conception des

circuits équivalents dans la détermination des montages de modulation.

Pour certains détails de l'établissement des formules, l'auteur renvoie à un article de lui dans le numéro d'avril 1919 des *Proceedings of the Institute of Radio Engineers*. — My.

Tubes amplificateurs à électrons montés en parallèle; R.-V.-L. HARTLEY, *Proceedings of the Institute of Radio Engineers*, juin 1921, vol. 9, p. 250-255. — En appelant i le courant alternatif de plaque d'une lampe, e_g la f. e. m. alternative appliquée à la grille, e_p le voltage alternatif de plaque, μ la constante d'amplification et r la résistance du circuit plaque on a la relation :

$$r i = \mu e_g + e_p$$

Si l'on met plusieurs lampes en parallèle, on aura un courant total de plaques i' et on pourra écrire une relation du même genre en remplaçant μ et r par des valeurs nouvelles μ' et r' . L'auteur calcule ces valeurs; ensuite il détermine le rapport entre la puissance émise par l'ensemble des lampes travaillant en parallèle et la somme des puissances que pourraient émettre chacune des lampes si elles travaillaient isolément. Il montre que ce rapport est égal à 1 si toutes les lampes ont les mêmes constantes d'amplification et qu'il reste très voisin de 1 même quand ces constantes diffèrent notablement. — My.

Étude des oscillations dans les tubes à vide; F. TANK et A. HERZOG, *Jahrbuch F. D. T.*, Band 17, Heft 6, juin 1921, p. 426. — L'auteur se propose d'étudier les oscillations dans les tubes à vide pour se rendre compte expérimentalement si les effets dynamiques observés sont bien ce qu'on peut déduire des caractéristiques statiques.

Il emploie à cet effet le pendule de Helmholtz. Ce pendule ouvre ou ferme, à des moments qui peuvent être déterminés avec précision, des contacts qui déclenchent ou arrêtent

le phénomène à étudier. La variation de ce phénomène dans le temps est étudiée à l'aide d'un condensateur qui se charge, et dont on évalue la

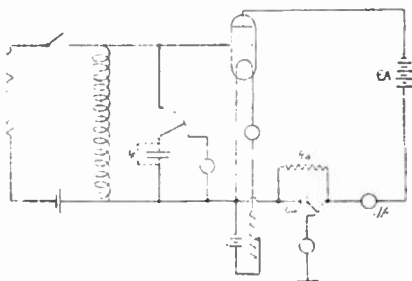


Fig. 1.

charge à l'aide d'un galvanomètre balistique ou d'un électromètre.

L'auteur étudie d'abord la lampe comme amplificateur.

Il démontre que si à la grille est appliquée une f. e. m. amortie

$$e_g = E g e^{-\sigma t} \sin \omega t$$

la tension V_a aux bornes d'un condensateur introduit dans le circuit plaque est :

$$V_a = (V_a)_0 - A e^{-\sigma t} + e^{-\sigma t} (A \cos \omega t + B \sin \omega t)$$

$$\text{ou } A = -E g \frac{S \omega R}{(\sigma - \rho)^2 + \omega^2}$$

$$B = E g S \frac{\sigma (\sigma - \rho) R}{(\sigma - \rho)^2 + \omega^2}$$

$$\text{avec } \frac{1}{R} = \frac{1}{R_i} = \frac{1}{R_a} \quad \sigma = \frac{1}{R} C a \quad \tau = \frac{1}{R C a}$$

R_i est la résistance intérieure de la lampe.

S est le coefficient angulaire de la caractéristique de la lampe obtenue en faisant varier le courant plaque en fonction de la tension grille (coefficient constant dans la partie de la courbe qui correspond à la lampe employée en amplificateur).

Les courbes obtenues à l'aide du pendule de Helmholtz vérifient bien, aux erreurs de mesures près, cette valeur calculée de V_a .

L'auteur étudie ensuite la lampe

montée en amplificateur mais au voisinage d'un point de détection.

Il prend le courant de plaque sans la forme

$$i_a = A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (A_n \cos n\omega t + B_n \sin n\omega t)$$

et il en tire une valeur de V_a égale à

$$\begin{aligned} & \nabla a + \left\{ (V_a)_0 - \nabla a \right. \\ & - R_a \sum_{n=1}^{\infty} \frac{A_n - B_n n \omega \tau}{1 + n^2 \omega^2 \tau^2} \left. \right\} e^{-\frac{t}{\tau}} \\ & + R_a \sum_{n=1}^{\infty} \left\{ \frac{A_n - B_n n \omega \tau}{1 + n^2 \omega^2 \tau^2} \cos n\omega t + \right. \\ & \left. + \frac{B_n + A_n n \omega \tau}{1 + n^2 \omega^2 \tau^2} \sin n\omega t \right\} \end{aligned}$$

ou $\nabla a = R_a A_0$ et $\tau = R_a C_a$

V_a qui part de la valeur $(V_a)_0$ oscille donc autour de la valeur $V_a = R_a A_0$. Ces variations tiennent à ce que, à cause de l'effet détecteur, le courant i_a ne correspond pas au courant continu J_a de la plaque au repos. Suivant que l'on se trouve au point bas ou au

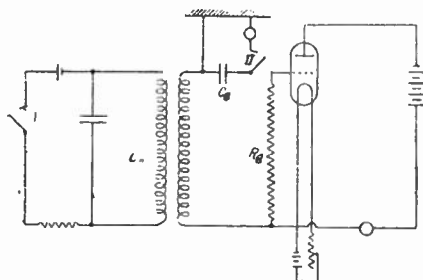


Fig. 2.

point haut de la caractéristique, i_a a des valeurs moyennes qui décroissent ou qui croissent. Les courbes obtenues expérimentalement sont bien conformes à ces résultats, ω étant égal à 9.040.

L'auteur prend ensuite le montage en détecteur (fig. 2). Ce montage consiste à charger un condensateur disposé sur la grille à l'aide de la tension entre grille et filament, l'espace filament-grille étant shunté par une résistance R_g , pour permettre la décharge du condensateur dans l'intervalle des signaux. On ouvre le contact I d'abord, ce qui envoie une émission amortie. Un instant après l'ouverture du contact II permet d'évaluer la charge de la capacité C_g . Quand R_g n'existe pas, la tension v_g donne en fonction du temps une courbe en escalier dont la valeur correspondrait à une exponentielle $e^{-\gamma t}$ ou $\gamma = \frac{1}{\text{tg } v_i}$ v_i étant la résistance moyenne de l'espace grille-filament.

Quand R_g existe, la courbe de v_g tend vers sa valeur originelle. On voit sur

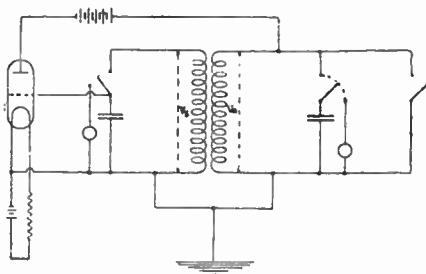


Fig. 3.

les courbes cet effet s'accroît à mesure que la résistance R_g se rapproche de la valeur de v_i . Par $R_g = 100000$ ohms, la courbe est encore en escalier, elle se rapproche de l'axe des x pour $R_g = 50000$ ohms.

L'auteur étudie ensuite les montages de lampes en générateurs. Il considère trois cas de couplage inductif :

1° Le circuit oscillant est dans la grille et la bobine de couplage dans la plaque; 2° disposition inverse; 3° deux circuits oscillants couplés l'un dans la grille, l'autre dans la plaque. Il v_g et v_a dans le troisième cas, dont les deux premiers sont des cas particuliers.

On obtient des formules de la forme :

$$\begin{aligned} v_g &= A_1 e^{u t} \cos(r t + \alpha_1) \\ &+ B_1 e^{v t} \cos(s t + \beta_1) \\ v_a &= A_2 e^{u t} \cos(r t + \alpha_2) \\ &+ B_2 e^{v t} \cos(s t + \beta_2) \end{aligned}$$

ou les différents coefficients sont de fonctions assez complexes des valeurs des selfs, du coefficient d'induction mutuelle, des capacités des résistances et du coefficient angulaire de la partie rectiligne de la caractéristique de la lampe.

Il détermine ensuite les courbes donnant v_a et v_g en fonction du temps et montre que les périodes, les facteurs d'amortissement u et v , et diverses autres constantes que ces courbes donnent directement, sont aussi voisines que possible des quantités calculées. — Mz.

Lampes à deux grilles; G. W. HOWE. *Radio-Review*, t. II, pp. 337-340, juillet 1921. — Dans une lampe, le courant est donné en fonction des tensions de la grille et de la plaque par une relation de la forme

$$I_p = f(V_g + D V_p) = f\left(\cdot V_g + \frac{1}{\mu} V_p\right)$$

μ est le facteur d'amplification. La résistance interne filament plaque est $R_i = \frac{D V_p}{D I_p}$ et la pente de la caractéristique (courant-plaque en fonction de la tension grille) est $S = \frac{D I_p}{D V_g}$

Entre ces trois grandeurs existe la relation

$$\mu = S R_i.$$

Lorsqu'une résistance d'utilisation R est intercalée dans le circuit-plaque, le courant produit dans cette résistance par une différence de potentiel de valeur efficace V_g appliquée entre le filament et la grille est

$$i_p = \frac{\mu V_g}{R_i + R}$$

et la puissance consommée par la

résistance d'utilisation est maximum quand $R_i = R$ et égale à

$$P_{\max} = \frac{\mu^2 V_g^2}{4 R_i}$$

On prend souvent, avec Barkhausen, comme formule de mérite d'une lampe

$$\frac{4 P_{\max}}{V_g^2} = \frac{\mu^2}{R_i} = S^2 R_i = S \mu.$$

Il importe de remarquer que cette expression n'est pas numérique: elle a les dimensions d'une conductibilité et dépend, par suite, des unités employées. Ce n'est pas un rendement. On ne saurait, du reste, parler du rendement d'un appareil qui fournit de la puissance à la sortie sans en consommer à l'entrée, puisque, si la résistance grille est infinie, la grille ne prend aucune puissance au circuit récepteur.

On voit qu'on améliore les propriétés d'une lampe en augmentant S et μ .

S peut être augmenté en rapprochant la grille du filament, mais on est rapidement arrêté dans cette voie par des difficultés de construction. On peut augmenter μ en modifiant le diamètre et le pas du fil de grille.

Mais quand on augmente μ , on augmente R_i . La résistance d'utilisation doit être plus grande. De plus, une tension-plaque élevée est nécessaire pour travailler dans une région convenable de la caractéristique courant-plaque tension-grille.

Le but des lampes à double grille est de permettre d'avoir un facteur d'amplification élevé sans être obligé d'avoir une tension-plaque trop grande.

Si nous désignons par V_1 la tension de la grille intérieure, par V_2 celle de la grille extérieure, le courant plaque est donné par une expression de la forme

$$\begin{aligned} I_p &= F(V_{g1} + D_1(V_{g1} + D_2 V_p)) \\ &= F(V_{g1} + V_{g2} + D_1 D_2 V_p) \\ &= F\left(V_{g1} + \frac{1}{\mu_1} V_{g2} + \frac{1}{\mu_1 \mu_2} V_p\right) \end{aligned}$$

Au point de vue de l'amplification, une variation SV_{g1} de la première

grille agit comme une variation $\delta V_p = \mu_1 \mu_2 S V g_1$, le facteur d'amplification est donc $\mu_1 \mu_2$.

Au point de vue de la tension à appliquer à l'anode, pour l'amener en un point de fonctionnement convenable, on peut considérer l'ensemble de la deuxième grille et de la plaque comme constituant l'anode.

Le système se comporte comme une lampe ayant un pouvoir amplificateur μ_1 et une tension anodique $V g_2 + \frac{1}{\mu_2} V_p$. Il suffit de faire μ_1

faible et peu élevé pour avoir les avantages d'une amplification élevée et d'une tension anodique faible. Il convient toutefois de faire la tension anodique un peu plus élevée que la tension de la deuxième grille pour éviter l'absorption d'un trop fort courant par cette grille. Barkhausen cite l'exemple d'une lampe pour laquelle $\mu_1 = 3,33$ $\mu_2 = 30$ $V g_2 = 20$ volts $V_p = 30$ volts, le facteur d'amplification est 100. Avec une lampe ordinaire, il aurait fallu une tension de 600 volts. — J.

Le crochet dans la caractéristique des lampes douces ; B. HODSON et L. S. PALMER. *Radio Review*, t. II, pp. 340-354, juillet 1921. — Les lampes douces, c'est-à-dire contenant des traces de gaz, jouissent de propriétés particulières comme détecteur.

Ces propriétés sont dues à l'existence d'un crochet dans la courbe de l'intensité du courant-plaque en fonction de la tension-grille. Ce crochet se manifeste en même temps sur la courbe du courant-grille.

Les auteurs ont constaté tout d'abord que pour obtenir ce crochet, il était nécessaire d'avoir une tension-plaque d'autant plus élevée que le filament était moins poussé. Pour un filament trop peu poussé ou pour une tension-plaque trop faible, on n'obtient pas cette variation brusque du courant.

Les auteurs ont déterminé les valeurs des diverses différences de potentiel entre les organes de la lampe qui correspondent à ce crochet dans des

lampes contenant des gaz tels que l'hélium, la vapeur de mercure, l'azote, l'argon.

Dans une lampe, la variation de potentiel à laquelle a été soumise un électron lorsqu'il arrive à la plaque est

$$Va = V - \frac{V_f}{2} + e$$

et à la grille

$$Vg = v - \frac{V_f}{2} + \gamma \left(V - \frac{V_f}{2} \right) + e$$

V étant la différence de potentiel filament-plaque, v la différence de potentiel filament-grille, V_f la tension d'alimentation du filament, γ une constante qui dépend des dimensions géométriques.

e est une autre constante qui dépend de la vitesse d'émission des électrons.

Pour la déterminer, on cherche des valeurs correspondantes des tensions grille et plaque pour lesquelles le courant anodique est nul.

On a alors

$$-v = \gamma V + e$$

Deux équations de cette espèce permettent de déterminer γ et e .

Les auteurs ont constaté que pour que le crochet existât, il fallait :

1° Que V_a fût supérieur à une valeur limite égale au potentiel d'ionisation du gaz de la lampe ;

2° Que pour toute valeur de V , v et V_f correspondant à un crochet, Vg était, sauf pour l'hélium, sensiblement égal à un potentiel de résonance du gaz ;

3° La pression du gaz et la forme géométrique de la lampe étaient sans influence sur la position du crochet.

Ceci montre bien que l'ionisation joue un rôle dans la production du crochet. Il en est probablement de même pour les phénomènes photo-électriques, mais il est difficile de concevoir le mécanisme qui amène cette brusque variation du courant.

Des actions photo-électriques sur la grille pourraient amener une augmentation du courant-plaque, mais elle devrait être accompagnée d'une dimi-

nution du courant-grille, alors que les deux variations ont lieu dans le même sens.

De même, l'ionisation devrait provoquer des variations de sens inverse des deux courants.

On peut se demander si ce crochet n'est pas lié à l'existence des oscillations signalées par Whiddington et provoquées par un bombardement à intervalles réguliers du filament par des groupes d'ions positifs.

Mais les auteurs n'ont pu constater au moment du crochet l'existence d'aucune oscillation de haute fréquence dans les circuits reliés à la lampe.

De nouvelles recherches semblent donc nécessaires pour trouver les causes de ces brusques variations de courant. — J.

La construction des amplificateurs à résistance pour haute fréquence; lieutenant N. H. EDES. *Journal of Wireless Society*, volume II, pp. 71-82, 1921. — L'auteur signale tout d'abord l'intérêt qu'il y aurait à rendre les grilles des diverses lampes franchement négatives, par rapport au filament, sauf, bien entendu, pour la dernière lampe qui doit fonctionner comme détecteur.

Les oscillations se transmettent, en effet, d'une lampe à l'autre, avec un changement de phase de 180° . Si la lampe fonctionne dans des conditions telles qu'il y ait un courant filament-grille, la demi-onde qui tend à rendre la grille positive est partiellement détectée. Les deux demi-ondes sont donc finalement partiellement affaiblies.

L'auteur étudie ensuite mathématiquement les conditions que doivent remplir les divers organes. Il conclut que la résistance de liaison doit être approximativement égale à la résistance interne de la lampe.

Théoriquement, le condensateur de liaison et la résistance filament-grille devraient être infinis. Pratiquement, il suffit que le condensateur de liaison C soit grand vis-à-vis de la capacité filament-grille et que la résistance

soit grande vis-à-vis de $\frac{1}{Cj\omega}$, tout en étant assez faible pour éviter une accumulation de charge sur la grille. La capacité de liaison serait indépendante de la fréquence, mais la résistance peut être d'autant plus faible que la longueur d'onde des oscillations reçues est plus élevée.

L'auteur recommande d'employer des capacités de 0,002 microfarad. — J.

Amplificateur universel pour toutes les longueurs d'onde; A.-A. CAMPBELL SWINTON. *Journal of the Wireless Society of London*, t. II, pp. 71-78, juin 1921. — Le dispositif consiste en un appareil où les transformateurs de haute fréquence sont amovibles. Or peut donc facilement placer dans l'appareil les transformateurs appropriés à la longueur d'onde que l'on veut recevoir. — J.

Le tube thermoionique : Retour à la simplicité; L. G. POCOCK. *Electrician*, 19 août 1921, t. LXXXVII, pp. 232-234. — Théorie élémentaire du fonctionnement des lampes. — J.

DIVERS

Un phénomène électrostatique particulier; *Radio-Review*, tome II, p. 373, juillet 1921. — Dans la séance du 26 mai de l'Institution of Electrical Engineers, M. A. Johnson et K. Rohbeck ont signalé un curieux phénomène susceptible d'applications pratiques.

Si on place un bâton de substance semi-conductrice entre les armatures d'un condensateur (l'une de ces armatures étant un disque d'environ 5 centimètres de diamètre) et si on applique une différence de potentiel de 400 volts, une force de 1 kilogramme est nécessaire pour séparer le disque du bâton isolant.

On attribue cette augmentation de la force attractive à la formation d'une

couche d'ions à la surface du corps semi-conducteur.

Si on donne au corps semi-conducteur la forme d'un cylindre entraîné par un moteur et sur laquelle frotte un électrode métallique, un freinage énergétique se produit lorsqu'une différence de potentiel est appliquée entre l'arbre métallique et la plaque.

Ce dernier dispositif peut être utilisé pour transformer un violon en téléphone haut parleur. La plaque métallique est reliée rigidement au corps du violon, et une tension produite par l'action d'un microphone est appliquée entre l'arbre et la plaque. Le violon reproduit la musique ou les paroles prononcées devant le microphone. Comme corps semi-conducteur, on peut utiliser l'agate, la pierre lithographique et l'ardoise. — J.

L'application de la Radiotélégraphie aux problèmes de la navigation; Rear Admiral W.-H.-G. BULLARD. *Journal of the Franklin Institute*, juin 1921, vol. 191, p. 725-765. — L'auteur indique comment la radiotélégraphie a été utilisée dans la marine américaine pour assurer la sécurité de la navigation. Il mentionne l'envoi de l'heure aux navires à la mer et celui des renseignements météorologiques et hydrographiques et fournit d'intéressants détails sur l'organisation de ces services aux États-Unis; il donne les noms des

stations qui y prennent part et la nature des renseignements qu'elles transmettent. A propos de la transmission de l'heure, il expose incidemment la méthode employée en 1913-1914 pour rectifier l'écart en longitude entre Paris et Washington. Ensuite, il montre l'extension prise par la radiogoniométrie le long des côtes d'Amérique où il existe actuellement quarante-sept radiogoniomètres en service et vingt-sept en construction. Des graphiques accompagnent ces explications pour montrer la précision des résultats obtenus; le demi-degré serait la limite de l'erreur des relèvements fournis aux navires. — My.

La réception radiotélégraphique par le sens du goût; Alfred N. GOLD-SMITH et Edward T. DIKEY, juin 1921, vol. 9, p. 206-225. — Les auteurs exposent les expériences faites pour rechercher s'il est possible de recevoir les signaux par le sens du goût. Ils remplaçaient le téléphone par deux électrodes séparées par un intervalle de trois millimètres environ et que l'on appuyait sur l'extrémité de la langue. Les résultats sont les suivants :

Pour que les signaux puissent être décelés, il faut qu'ils aient au moins une audibilité de 500; pour qu'ils puissent être lus, ils doivent être transmis à une vitesse au plus égale à dix mots par minute environ. — My.

Fig. 6. — Manipulation et réception automatiques
à gauche, réception enregistrée sur bandes de papier; à droite, manipulation
automatique et à la main)

CAUSERIE SUR LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

Par L. DELOY

L'auteur de ces lignes n'a nullement l'intention de faire ici un cours de télégraphie sans fil, même élémentaire. De nombreux ouvrages de ce genre existent maintenant, beaucoup d'entre eux sont excellents et chacun pourra aisément trouver tous les renseignements techniques dont il aura besoin dans le cours de ses études.

La série de « causeries », dont la première suit cette brève introduction, est destinée à faciliter les débuts à toute personne désirant « faire de la télégraphie sans fil » et ayant besoin de conseils pratiques pour diriger ses premiers pas dans cette science passionnante qui est aussi la plus agréable des distractions.

Ne vous dites donc pas que la pratique aussi bien que la théorie de la télégraphie sans fil est réservée aux seuls ingénieurs ou opérateurs professionnels, ce serait là une grave erreur, le nombre seul des « Amateurs » qui existent déjà prouve au contraire, de la façon la plus éloquente, que la télégraphie sans fil est susceptible d'intéresser tout le monde depuis le collégien en pantalon court, jusqu'au vieux professeur à cheveux blancs. Suivez ces articles pas à pas et bientôt vous serez atteint de la « maladie de la télégraphie sans fil », comme disent nos camarades américains et anglais. Cette « maladie » n'est pas pénible, croyez-le bien, et lorsque vous connaîtrez les satisfactions qu'elle procure, vous vous félicitez d'en être atteint !

Quoi de plus intéressant, en effet, que les heures passées à votre poste d'écoute ! Dès que vous avez les écouteurs aux oreilles, c'est un sens nouveau que vous venez d'acquérir ; à des centaines, à des milliers de kilomètres, vous entendez ce qui se dit, vous devinez ce qui se fait ; vous n'êtes plus seul, mais en communication avec la terre entière. Voici notre chère FL qui passe l'heure, puis ses prévisions de temps, enfin les dernières nouvelles ; sa voix claironnante vous deviendra bien vite familière et ce sera pour vous la voix d'un ami chaque fois que vous l'entendrez. Maintenant c'est Poldhu qui passe sa presse pour les navires anglais, puis un Allemand, un Russe, un Bulgare, un Américain, sans parler de tant d'autres ! Enfin, si vous voulez écouter les navires, ce sont des centaines de petites voix qui vous diront ce qui se passe là-bas sur l'Océan immense et tumultueux ou sur la Méditerranée inondée de soleil.

Oui, ce rêve qui eut paru une féerie incroyable, un miracle impos-

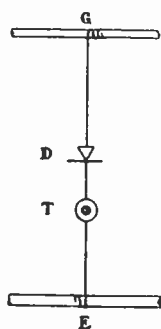
sible il y a peu d'années encore, vous pouvez le réaliser facilement.

Mais si « ce que l'on entend » dans un poste d'écoute est intéressant, ce qui l'est bien davantage encore, c'est de perfectionner sans cesse ses appareils et soi-même. Entendre toujours plus loin, entendre toujours mieux, voilà ce qui fait passer des heures et des heures à essayer de nouveaux circuits, à construire de nouveaux appareils. Mais quelle satisfaction lorsqu'on est arrivé à entendre un nouveau poste, à éliminer un peu plus le brouillage, ou encore à lire un peu plus vite, à lire sous les parasites !

Ce sont tous ces résultats que nous allons, si vous le voulez bien, tâcher de vous faire atteindre. C'est un vieil amateur qui vous parle ; il se rappelle toutes les difficultés, toutes les hésitations d'un début où l'on manquait presque entièrement de conseils pratiques, et il va s'efforcer en ces « causeries » de vous donner quelques explications qui vous permettront de construire un poste de réception de plus en plus perfectionné, tout en en comprenant le fonctionnement.

PREMIÈRE CAUSERIE

Aujourd'hui, je vais supposer que vous habitez à proximité d'un poste d'émission à étincelles. Vous êtes à Paris par exemple. Vous allez voir comment en très peu de temps et moyennant une dépense minime, vous pourrez recevoir tout ce que transmet la Tour Eiffel et particulièrement les signaux horaires, les bulletins météorologiques, les nouvelles, etc...



A si faible distance d'un poste aussi puissant, vous n'avez besoin d'aucune antenne extérieure. Les ondes émises produisent dans tous les conducteurs qui vous environnent (canalisations métalliques, charpentes en fer, etc.) des courants alternatifs à haute fréquence. Il s'agit donc simplement de recueillir ces courants et de les détecter, c'est-à-dire de les rendre perceptibles à l'un de nos sens. Pour cela il vous suffit comme matériel de posséder un téléphone et un détecteur à cristaux.

Employez le montage représenté à la figure 1 ; c'est le plus simple qui soit possible. G représente la conduite de gaz, D le détecteur, T le téléphone et E la conduite d'eau. Écoutez vers 11 heures et 11 h 30 (heure de Greenwich), à cette heure FL (c'est l'indicatif de la Tour Eiffel) passe sa presse, vous devez l'entendre. Pour cela il vous suffira probablement de régler votre détecteur.

Un détecteur à cristaux se compose essentiellement d'un contact entre un cristal et un métal (galène-pointe d'acier ; galène-pointe de

cuivre; zincite-pyrite de fer). Nous supposerons que le vôtre est du modèle le plus courant et le plus facile à réaliser en même temps que l'un des plus sensibles : galène pointe métallique. Ne croyez pas qu'il suffise que la pointe touche un point quelconque de la galène; il y a, à la surface du cristal, des points très sensibles, d'autres qui le sont moins et beaucoup qui ne le sont pas du tout. Pendant les émissions de FL, explorez donc la surface de votre cristal jusqu'à ce que vous ayez trouvé le point où les signaux ont une intensité maximum dans le téléphone.

Le rôle du détecteur est le suivant : Les courants que vous recueillez ont une fréquence de l'ordre de 100 000 périodes à 1 seconde. Un tel courant envoyé directement dans le téléphone (en supprimant le détecteur dans le montage de la fig. 1) ne produirait aucun son pour diverses raisons dont les principales sont : d'une part, que l'inertie de la membrane téléphonique est infiniment trop grande pour suivre une telle fréquence de vibrations et, d'autre part, que même si la membrane entraînait en vibration, aucun son ne serait perceptible à l'oreille, celle-ci étant insensible aux fréquences supérieures à 3 000. Le détecteur joue le rôle de soupape électrique; il laisse passer le courant dans un sens, et pas dans l'autre, de sorte que c'est un courant continu, ou plus exactement pulsatoire mais toujours de même sens, et non plus un courant alternatif qui va passer dans le téléphone tout le temps que les ondes agiront sur le récepteur; or, ces ondes sont émises par petits groupes d'une vingtaine par chaque étincelle du poste d'émission, chacun de ces groupes produira donc une attraction unique de la membrane téléphonique et, comme il y a un millier d'étincelles par seconde, la note musicale entendue correspondra à la fréquence acoustique de 1 000.

Tout téléphone peut être employé en télégraphie sans fil, pourtant l'intensité du courant reçu étant extrêmement faible, on doit s'efforcer d'avoir un téléphone aussi sensible que possible. Un téléphone est d'autant plus sensible que le nombre de tours de fil enroulé sur ses bobines est plus grand. En téléphonie ordinaire il y aurait pourtant inconvénient à mettre trop de fil sur les bobines à cause de l'augmentation de résistance correspondante, mais ici le détecteur ayant déjà une résistance de plusieurs milliers d'ohms, le téléphone le plus sensible sera celui dont les enroulements comporteront assez de fil pour lui donner une résistance du même ordre de grandeur.

Maintenant que vous êtes en possession d'un poste d'écoute, rudimentaire il est vrai, mais pourtant suffisant pour débiter, laissez-moi vous dire quelques mots au sujet de la lecture au son.

Les signaux sont transmis sous la forme des points et des traits du code Morse. Un point est une série d'étincelles de courte durée (un vingtième de seconde environ), un trait est une série d'étincelles trois fois plus longue. Il vous faut donc apprendre le code Morse et apprendre à lire au son.

L'étude du code n'est qu'une question d'un peu de patience et d'un effort de mémoire. Pour le retenir plus facilement, groupez les lettres par séries ayant des analogies entre elles : celles qui sont formées uniquement de points : e, i, s, h, 5; celles qui sont formées uniquement de traits : t, m, O, ch, o; celles qui commencent par un point : a, w, j, 1; celles qui commencent par deux points, etc., ainsi vous arriverez vite à vous le rappeler. Faites des traductions : transcrivez un texte ordinaire en signaux Morse et quand vous aurez un certain nombre de ces thèmes, faites les versions correspondantes. Si vous travaillez énergiquement, en très peu de jours vous devez savoir votre alphabet parfaitement.

Quant à la lecture au son, cela demande beaucoup plus de patience et de travail. Tâchez de vous faire aider par un bon manipulant qui vous transmettra d'abord doucement, puis plus vite. Il existe maintenant dans le commerce des disques phonographiques donnant des leçons de lecture au son. En tous cas, écoutez le plus souvent possible les émissions de FL et efforcez-vous, crayon en main, d'écrire les lettres que vous comprendrez; d'abord très espacées, elles se grouperont peu à peu et formeront un jour des mots; mais il faut de la patience, surtout si vous ne disposez que de ce moyen d'apprendre; l'auteur de ces lignes qui a appris ainsi à lire au son a mis trois mois avant de recevoir le premier « vrai » mot! Je dis « vrai », car les « le », « la », « les », « un », etc., viennent vite.

Dans notre prochaine « causerie » nous parlerons des perfectionnements à apporter à votre poste pour en augmenter la sensibilité et recevoir, si possible, autre chose que FL.

LÉON DELOY.

Nous avons l'intention de publier chaque mois dans *L'Onde électrique* la description d'un poste d'amateur; nos lecteurs sont donc invités à envoyer un article sur leur station avec schéma et photos si possible. Ne pas oublier d'indiquer les résultats obtenus. Pour éviter les pertes de temps, prière d'adresser toute correspondance relative à la partie « Amateurs » de ce magazine, à M. Léon Deloy, 55, boulevard Montboron, à Nice. (Les manuscrits non insérés ne sont pas retournés à leurs auteurs.)