

L'ONDE ÉLECTRIQUE

PUBLICATION
DE LA
SOCIÉTÉ DES AMIS
DE LA
T.S.F.



SOMMAIRE

F. HOLWECK

Pompe moléculaire hélicoïdale

L. AUSTIN

État actuel des formules sur la propagation des ondes

F. BEDEAU

Courbe d'étalonnage des condensateurs variables à air

P. LEJAY

Contribution à l'étude des amplificateurs à très basse
fréquence

C. LEROYER

Le « Broadcasting » en Angleterre

M. BLANCHARD

La réception de OC 45

Analyses et bibliographie — Informations

Etienne CHIRON, Éditeur

L'ONDE ÉLECTRIQUE

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

ABONNEMENT D'UN AN
France 30 fr.
Étranger 35 fr.

Étienne CHIRON
ÉDITEUR
40, RUE DE SEINE, PARIS
CHÈQUES POSTAUX: PARIS 53-35

PRIX
DU NUMÉRO : 3 francs

SOCIÉTÉ DES AMIS DE LA T. S. F.

Adresser la correspondance administrative et technique à

M. MESNY, secrétaire général
21, rue Jacob, Paris-6^e

Paiement des cotisations à

M. ATTHALIN, trésorier
Banque de Paris et des Pays-Bas
3, rue d'Antin, Paris-2^e

Les correspondants sont priés de rappeler chaque fois leur numéro d'inscription porté sur leur carte.

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. DERVILLÉ, 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.

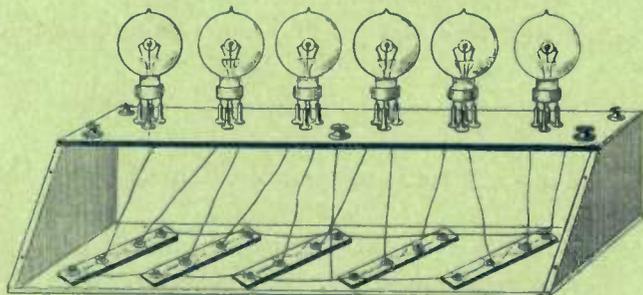
A. MESSIMY, ancien ministre.

Denis PÉROUSE, président du Syndicat des Armateurs de France.

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

La Téléphonie sans fil en haut-parleur

CONSTRUCTION D'UN POSTE TRÈS SIMPLIFIÉ A HAUT RENDEMENT
par le D^r Paul HUSNOT



Voici l'appareil dans toute sa simplicité

Un volume avec nombreux schémas : 3 fr. Franco : 3 fr. 25

Étienne CHIRON, éditeur, 40, rue de Seine, PARIS

La rédaction décline toute responsabilité en ce qui concerne la teneur des articles publiés
:: les auteurs assumant l'entière responsabilité de ce qui paraît sous leur signature. ::

POMPE MOLÉCULAIRE HÉLICOÏDALE

*Communication faite à la Société « Les Amis de la T. S. F. »
le 14 novembre 1922*

par M. HOLWECK, chef des Travaux à l'Institut du Radium

Le vide élevé actuellement très utilisé, soit dans les laboratoires, soit dans l'industrie, est obtenu à l'aide d'appareils qui se rangent en deux groupes :

1^o Les pompes à entraînement mécanique dont le type est la pompe moléculaire de Gaede :

2^o Les pompes à diffusion ou condensation de Gaede et de Langmuir, utilisant la vapeur de mercure.

La pompe moléculaire de Gaede, qui a fait réaliser un progrès considérable à la technique du vide au moment de son apparition (1914) est malheureusement un instrument délicat d'un démontage difficile. Elle est sujette à se remplir avec l'huile qui assure le graissage et l'étanchéité des paliers, soit lentement par capillarité (tous les trois mois environ), soit instantanément si l'on arrête sa rotation sans rétablir la pression atmosphérique dans tout l'appareil.

Les pompes à vapeur de mercure, très séduisantes par leur simplicité et leur grand débit, ont le grave inconvénient de nécessiter, lorsqu'on veut un vide élevé, l'emploi d'un réfrigérant plongé, soit dans l'air liquide, soit au moins dans la neige carbonique. Ce condenseur est destiné à arrêter la vapeur de mercure dont la pression à 18 degrés est d'environ une barye (1).

Il était intéressant de chercher à réaliser un instrument fonctionnant sans huile, robuste, facile à démonter, donnant directement un vide élevé et pouvant conserver, étant arrêté, son vide préparatoire, ce qui est précieux pour les triodes démontables fonctionnant sur pompe. On peut y arriver en modifiant profondément la construction de la pompe moléculaire de Gaede tout en en conservant le principe. c'est-à-dire l'entraînement des molécules gazeuses par chocs successifs contre une paroi se déplaçant à grande vitesse par rapport aux orifices d'entrée et de sortie du gaz.

Schématiquement la pompe hélicoïdale consiste en un tube enroulé en hélice et dont les parois sont formées de deux parties :

1) Soit environ un millième de millimètre de mercure.

une partie fixe, constituée par un filet creusé dans un corps de pompe cylindrique épais et une partie mobile, se déplaçant à grande vitesse, constituée par un tambour cylindrique lisse tournant à l'intérieur du cylindre fixe et ne laissant qu'un très faible jeu.

Pour un sens de rotation convenable, et bien que la vitesse linéaire du tambour soit faible devant la vitesse moyenne d'agitation thermique des molécules gazeuses (35 m par seconde devant 500 m par

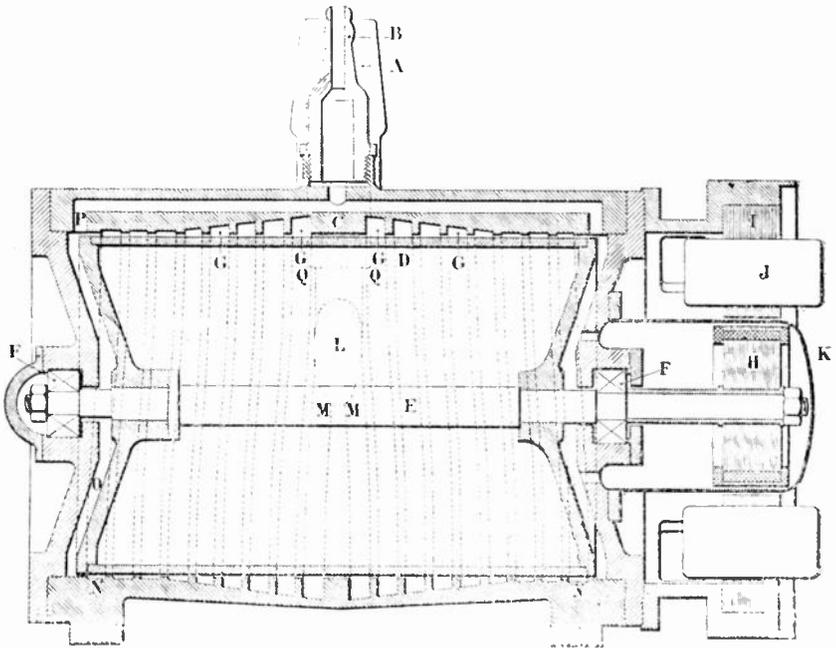


Fig. 1.

seconde environ), celles-ci sont entraînées par les chocs successifs contre le tambour et cheminent le long de l'hélice, pour être finalement évacuées dans une pompe préparatoire.

Description.

La pompe moléculaire se compose d'une partie fixe et d'une partie tournante dont les différents éléments sont entièrement placés dans le vide préparatoire.

La figure 1 montre les différentes parties de l'appareil. On y distingue un corps de pompe en bronze spécial dont l'intérieur est cylindrique. Deux hélices à pas contraires et de profondeur décroissante,

fonctionnant en parallèle, ont été creusées à l'intérieur de ce cylindre.

Les filets des deux hélices se réunissent au milieu de la pompe et communiquent par un gros canal d'aspiration avec le récipient à vider. Les deux autres extrémités de ces hélices aboutissent près des bords du cylindre, communiquent entre elles à l'aide d'un canal creusé dans la paroi du corps de pompe et sont en relation par un deuxième ajutage avec la pompe à vide préalable.

La profondeur décroissante des filets a pour but de tenir compte

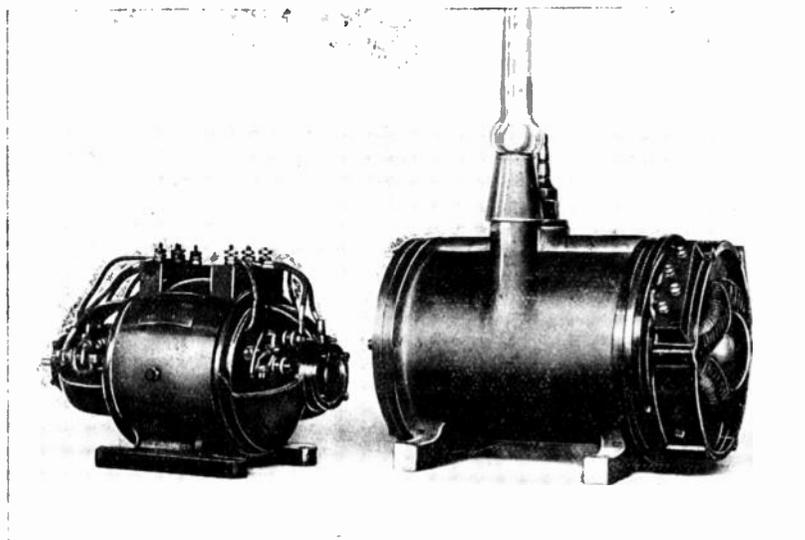


Fig. 2.

de la diminution du libre parcours des molécules du gaz par suite de l'accumulation de celui-ci dans la chambre mise en communication avec la pompe préparatoire.

Deux joues viennent s'emboîter de part et d'autre à l'intérieur du corps de pompe et ferment celui-ci à l'aide de deux grands rodages, maintenus par quelques vis. Ces joues portent en leur centre des logements recevant les roulements à billes qui assurent la rotation du cylindre intérieur.

La partie tournante est constituée par un cylindre lisse porté par un arbre tournant sur les deux enroulements à billes portées par les joues du corps de pompe.

L'intérieur du cylindre fixe et le tambour sont parfaitement cylindriques et le jeu existant entre eux n'est pas supérieur à 3/100 de millimètre.

L'entraînement de la partie tournante se fait sans lien mécanique par un petit moteur asynchrone dont le rotor est dans le vide et le stator dans l'air.

Le rotor de ce dispositif d'entraînement est monté à l'extrémité de l'arbre du cylindre tournant. Une cloche étanche très mince, en métal très résistant, ne consommant que quelques watts par courants de Foucault, est placée entre le rotor et le stator en passant par l'entrefer: cette cloche est appliquée contre une des joues du corps de pompe, à l'aide d'un rodage et de quelques vis de fixation.

La partie tournante de la pompe est donc entièrement dans le vide et montée sur des roulements à billes très bien calibrés. Ces rou-

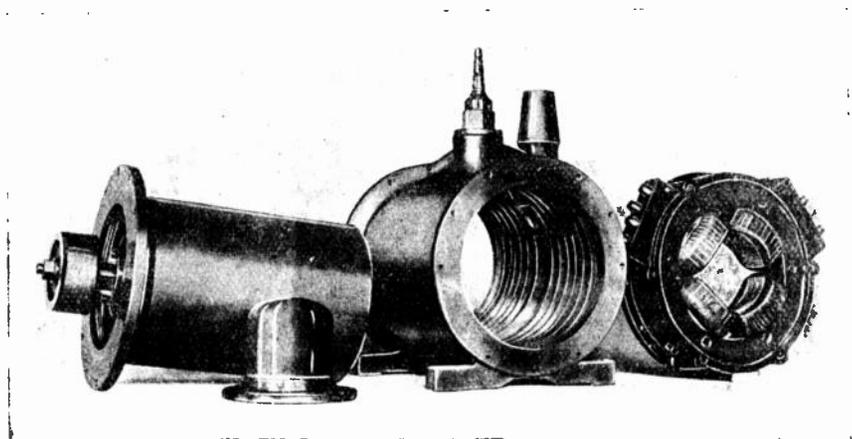


Fig. 3.

lements sont très légèrement lubrifiés à l'aide d'une goutte d'huile de vaseline au moment du montage. Ils n'ont à supporter aucun effort de traction, grâce au dispositif d'entraînement employé. Ils peuvent rester de nombreux mois sans être huilés à nouveau, ce qui est un très gros avantage de l'appareil, aucune rentrée d'huile dans la pompe n'étant possible; l'arrêt et la mise en marche de celle-ci peuvent se faire à un moment quelconque, le vide préalable existant ou n'existant pas à l'intérieur de l'appareil.

La partie tournante est parfaitement équilibrée et, lorsque le cylindre tourne dans le vide à 4 000 tours par minute, la puissance nécessaire pour entretenir la rotation est de l'ordre de 10 watts.

Lorsque le vide préparatoire est bon, le cylindre lancé à 4 000 tours par minute et abandonné à lui-même peut mettre plus de trois quarts d'heure pour s'arrêter.

Le stator du moteur d'entraînement est monté sur une pièce en fonte venant s'emboîter sur l'une des joues du corps de pompe, ce qui en assure le centrage par rapport au rotor: trois écrous de fixation retiennent le stator.

La vitesse de rotation de la pompe doit être au minimum de 3000 tours par minute. Le moteur à champ tournant du dispositif d'entraînement peut donc être alimenté directement par du courant diphasé de 50 périodes au minimum, à condition de travailler avec un bon vide préparatoire (1). Lorsqu'on ne dispose pas de ce courant, il est préférable d'employer une petite commutatrice transformant le courant continu en courant de 75 périodes. La pompe fonctionne alors à 4500 tours dans d'excellentes conditions.

Plusieurs types de pompes ont été construits: dans tous ces types, le diamètre du tambour D est de 15 cm, le pas de l'hélice est de 1,5 cm, la largeur du canal de 1,1 cm, mais on a fait varier la profondeur des filets et la longueur du canal de façon à modifier le rapport R entre les pressions du côté vide préparatoire et du côté bon vide et le débit D' de la pompe (R est d'autant plus grand et D' plus petit que le canal est plus long et plus plat).

Dans le type A, nous avons, de chaque côté de l'orifice, quatre tours et quart d'un canal dont la profondeur maximum est de 5 mm, suivi de deux tours et demi d'un canal de profondeur constante et égale à 0,5 mm.

Dans le type B, nous avons trois tours et demi d'un canal allant de 8 mm à 0,5 mm suivi de deux tours et quart de 0,5 mm.

Dans le type C, nous avons trois tours et demi d'un canal allant de 17 mm à 0,5 mm, suivi de deux tours et quart de 0,5 mm.

La figure 2 représente une pompe type B avec sa commutatrice.

La figure 3 montre une pompe à très grand débit, type C, démontée.

Résultats.

Vide limite. Rapport R. — Pour ces trois types d'instruments, avec une vitesse de rotation de 4500 tours par minute et un vide préparatoire de 15 mm de mercure, la pression des gaz parfaits subsistant du côté bon vide est certainement inférieure à 10^{-3} barye; cette pression étant mesurée au moyen d'un manomètre absolu de Knudsen avec interposition d'un réfrigérant dans l'air liquide. Sans air liquide, avec une pompe très propre, la pression limite est de

(1) Quelques millimètres de mercure.

l'ordre de quelques centièmes de barye : le débit de la pompe s'annulant beaucoup plus tôt pour les gaz condensables que pour les gaz parfaits.

La figure 4 représente une installation de mesure du vide limite dans laquelle on voit une pompe type A, un siphon pouvant être plongé dans l'air liquide et le manomètre absolu de Knudsen. Cet instrument très sévère indique la pression en tenant compte de toutes

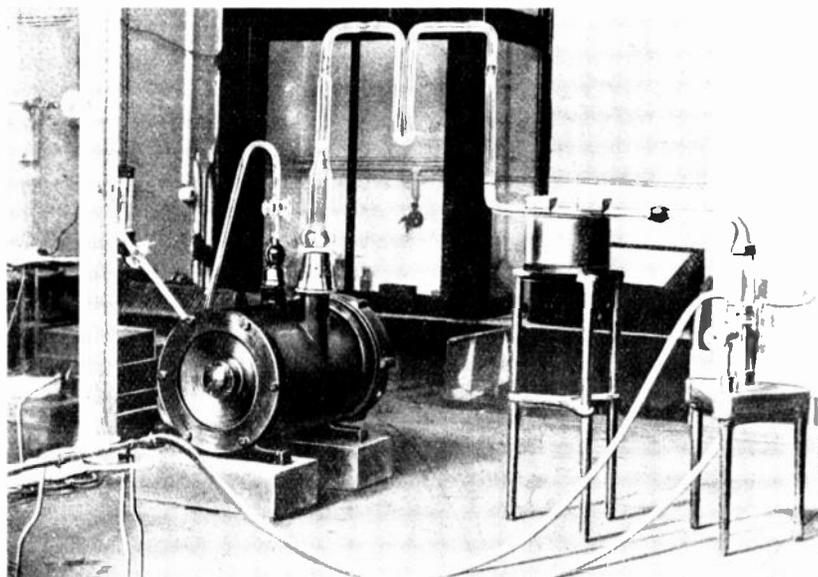


Fig. 4.

les tensions de vapeur, ce que ne fait pas la jauge de MacLeod qui donne une idée tout à fait exagérée du vide obtenu.

Le rapport R a été déterminé en augmentant la pression p du gaz du côté vide préparatoire jusqu'à obtenir 10^{-2} barye de gaz parfait du côté bon vide. On a ainsi trouvé pour le type A : $p = 40$ à 80 mm ⁽¹⁾, $R = 4$ à 8 millions; pour le type B : $p = 28$ mm, $R = 2,8$ millions; pour le type C : $p = 16$ mm, $R = 1,6$ million ⁽²⁾.

Débit. — Pour mesurer le débit, la pompe était réunie à un ballon de 7,5 litres au moyen d'un gros canal dans lequel se trouvait un large clapet rodé, mobile de l'extérieur au moyen d'un électro-aimant. Le ballon communiquait avec un manomètre. Pour faire la mesure, on ouvrait pendant deux ou cinq secondes le clapet et on

(1) Suivant le centrage du tambour dans le corps de pompe.

(2) Pour les pompes à condensation le rapport R est au maximum de 10000.

mesurait la variation de pression dans le ballon. Le débit, qui est une fonction de la pression moyenne, est donné par la formule :

$$D = \frac{r}{t} \log_e \frac{p_1}{p_2}$$

dans laquelle r est le volume du ballon, t le temps qui sépare les deux mesures, p_1 et p_2 les deux pressions avant et après le temps t .

La pompe type A a donné une courbe de débit en fonction de la pression très analogue à celle de la pompe moléculaire de Gaede.

La pompe type B a un débit maximum de 2,3 litres par seconde.

La pompe type C a un débit maximum très grand pour les basses pressions : 4,5 litres par seconde, mais un débit plus faible que le type A pour les pressions élevées.

Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

Pression moyenne en baryes (env.)	100	10	1
Pression moyenne en millimètre de mercure	1 10	1 100	1 1000
Débit en litres par seconde. Type A	1,3	1,4	1,3
Type B.		2,3	
Type C.	1,0	3,5	4,5

Usages des différents types. — La construction en série ne porte actuellement que sur les types B et C (il n'existe que vingt-huit pompes du type A). Le type B est celui qui convient aux usages variés lorsqu'on ne recherche pas particulièrement un très grand débit ou lorsque celui-ci est limité par les étranglements nécessaires à la fermeture des instruments vidés (lampes de télégraphie sans fil d'émission ou de réception, etc.).

Le type C est destiné surtout aux appareils pouvant être réunis à la pompe par un canal gros et court, sans robinets ni étranglement : c'est le cas des appareils de laboratoire fonctionnant sur pompe, ainsi que celui des triodes démontables à vide entretenu.

Nous publierons prochainement une étude détaillée de ces nouveaux instruments.

La pompe hélicoïdale a été très habilement réalisée par M. Beau-douin à qui j'adresse tous mes remerciements ainsi qu'à l'ingénieur de sa maison, M. Gondet.

F. HOLWECK.

*

ÉTAT ACTUEL DES FORMULES SUR LA PROPAGATION DES ONDES (*)

par M. L. AUSTIN

(United States Naval Radio Research Laboratory Washington, D. C.)

Nos connaissances quantitatives sur la propagation des ondes à grande distance peuvent se résumer ainsi :

Toutes les formules établies, sans prendre en considération l'existence dans la haute atmosphère d'une couche conductrice réfléchissante se sont montrées impuissantes à représenter la réalité.

Le professeur G.-N. Watson (2) a démontré, par le calcul, que la présence à une hauteur d'une centaine de kilomètres, d'une couche réfléchissante ayant une conductivité très vraisemblable, conduit à introduire dans l'expression du champ électrique un coefficient exponentiel d'atténuation de la même forme que celui qui a été déduit des observations par des considérations semi-empiriques. La loi obtenue par ces considérations est représentée par la formule (1) suivante, qui donne grossièrement la moyenne des valeurs observées pour l'intensité E du champ électrique, en un lieu tel que le trajet des ondes ait lieu sur mer et de jour.

$$(1) \quad E = 120 \pi \frac{h}{\lambda} \frac{I}{d} e^{-\frac{0,0015 d}{\sqrt{\lambda}}}$$

λ et d sont la longueur d'onde et la distance en kilomètres.

h la hauteur de rayonnement en mètres,

I l'intensité dans l'émetteur en ampères,

E est fourni en volts.

Cette relation est valable pour les distances allant jusqu'à 6 000 kilomètres. Elle suppose que la terre est un plan indéfini. Si l'on doit tenir compte de sa courbure, comme cela est nécessaire pour les très grandes distances, il faut remplacer au dénominateur la distance d par $R \sin \varphi$, R étant le rayon terrestre et φ l'angle au centre des rayons passant par les points d'émission et de réception.

(*) Cet article n'est pas une traduction: il a été écrit spécialement pour *l'Onde Électrique*.

(2) Proceedings Royal Society of London, A Vol. 95, p. 546, 1919.

On obtient alors la formule plus exacte :

$$(2) \quad E = 120 \pi \frac{I h}{\lambda R \sin \varphi} e^{-\frac{0,0015 d}{\sqrt{\lambda}}}$$

Cette relation donne des résultats de 20 % supérieurs à ceux de la formule (1), pour la distance Paris-Washington.

La formule (1) avait été déduite presque uniquement de mesures faites par la méthode du téléphone shunté et, jusqu'à ces derniers temps, elle n'avait pas reçu de vérification par d'autres méthodes, tout au moins pour de grandes distances; aussi sa valeur a-t-elle été fort discutée à cause du peu de confiance accordé à la méthode du téléphone shunté.

Il est donc heureux que, dans ces dernières années, un certain nombre de chercheurs se soient intéressés à la mesure de l'intensité des signaux radiotélégraphiques transatlantiques. Voici quelques-uns des résultats obtenus.

Mr. G.-W. Pickard ⁽¹⁾, à Seabrook, New Hampshire U. S. A. :

Mesures sur Bordeaux et Nauen; réception sur cadre. Compareur à haute fréquence sous cage, couplage par résistance: 23 jours d'observation en août et septembre 1921; trajet des ondes tout entier dans le jour.

Valeur moyenne de $\frac{E \text{ obs.}}{E \text{ calc.}}$: Nauen 1,0; Bordeaux 1,5.

Mr. J.-L. Eckersley ⁽²⁾, à Chelmsford, Angleterre :

Mesures sur New Brunswick, Marion et Tuckerton. Réception sur antenne. Compareur à haute fréquence sous cage, couplage inductif.

24 heures pour chaque station, en mai 1921.

Valeur moyenne de $\frac{E \text{ obs.}}{E \text{ calc.}}$ pour les observations de jour : New Brunswick 1,89; Marion 1,82; Tuckerton 1,81.

Mr. G. Vallauri ⁽³⁾, à Livourne :

Mesures sur Annapolis. Réception sur cadre; compareur à haute fréquence, sans cage, couplage inductif.

Observations continues pendant 26 heures, en août 1919.

⁽¹⁾ Proceedings IRE 10, p. 161, 1922. — Analyse dans *l'Onde Électrique*, 1^{re} année, n° 10, p. 590.

⁽²⁾ Journal IEE, London, 59, p. 677, 1921.

⁽³⁾ Proceedings IRE 8, p. 289, 1920.

Valeur de $\frac{E_{\text{obs.}}}{E_{\text{calc.}}} = 10,7$ pour la moyenne générale, 13 pour les observations de jour.

Mr. C-R. England (1) (Western Electric Co), à Cliffwood, New Jersey, U. S. A. :

Mesures sur Nauen. Réception sur cadre: comparateur à haute fréquence sous cage, couplage par résistance.

31 jours en février, mars et avril 1922.

Trajet des ondes entièrement dans le jour :

Valeur moyenne de $\frac{E_{\text{obs.}}}{E_{\text{calc.}}} = 2,2$.

Mr. L.-W. Austin, Washington :

Mesures sur Bordeaux et Nauen. Réception sur antenne: comparateur à fréquence acoustique.

Durée un an, de mars 1922 à février 1923 inclus, tous les jours sauf le dimanche.

Valeur moyenne de $\frac{E_{\text{obs.}}}{E_{\text{calc.}}} = 2,0$ pour Nauen: 2,3 pour Bordeaux.

*
**

On voit que, pour des ondes de 10000 à 25000 m et pour une distance de 6000 km environ, la moyenne des valeurs de $\frac{E_{\text{obs.}}}{E_{\text{calc.}}}$ est de 1,81 en mettant à part les expériences de Vallauri qui se trouvent apparemment dans des conditions particulières de réception.

Le Dr Brown, de l'« American Telegraph and Telephone Company » indiqua, dans une récente conférence faite devant la « National Academy of Sciences », à Washington, qu'il avait obtenu, par des mesures faites à Londres, une concordance presque parfaite entre les valeurs observées et calculées pour les transmissions téléphoniques de jour faites de Rocky Point (Long Island), l'hiver dernier sur l'onde de 5300 m (2). Des mesures faites jusqu'à des distances de 1000 milles (1852 km), par la même compagnie sur les signaux téléphoniques de navires, utilisant l'onde de 400 m, ont également fourni une excellente vérification (3).

Si notre formule semble convenablement vérifiée pour des distances égales ou inférieures à 6000 ou 7000 km, par contre, les expé-

(1) Proceedings IRE 11, p. 27, 1923. Voir ci-après p. 550.

(2) *Ibid.*, p. 126, 1923.

(3) *Ibid.*, 11, p. 137, 1923.

riences laborieuses de Vallauri (*) sur Annapolis donnèrent des résultats treize fois plus forts que le calcul, et les mesures faites à bord de l'*Aldébaran* (†) pendant sa croisière sur l'Océan Indien jusqu'à Tahiti, fournirent, pour de plus grandes distances, des nombres beaucoup plus forts que ceux calculés. D'autre part, dans une traversée d'Angleterre en Australie par Panama, la Compagnie Marconi a également constaté qu'au delà de 8000 km les signaux deviennent beaucoup plus forts que ne l'indique la formule.

Les observations de l'*Aldébaran* furent probablement influencées pendant une partie du voyage, par les mers à forme allongée qui se trouvaient sur le chemin des signaux, mais les grands écarts obtenus aux grandes distances, rapprochés de ceux constatés par la Compagnie Marconi, donnent l'impression que les formules (1) et (2) ne représentent plus convenablement les faits pour ces distances.

Pour obtenir des précisions sur ce point, on pourrait faire de très longues séries de mesures dans l'Australie orientale et aux Philippines sur des stations de la côte américaine, à des heures où le trajet complet des ondes serait dans le jour: les distances seraient alors de 11000 à 12000 km et le chemin des ondes se trouverait à peu près débarrassé de toute terre perturbatrice. Des distances sur mer encore plus grandes jusqu'à 16000 ou 18000 km pourraient être atteintes entre Cavite, aux Philippines, et Panama ou quelque autre point de la côte ouest de l'Amérique du Sud, avec une faible probabilité de troubles dus aux terres.

L.-W. AUSTIN.

(*) *Ibid.*, 8, p. 286, 1920.

(†) *Radio Review*, 2, p. 618, 1921. — *Radioélectricité*, t. I, p. 487-493 et 567-574, 1921.

COURBE D'ÉTALONNAGE DES CONDENSATEURS VARIABLES A AIR

Par M. F. BEDEAU, Agrégé de l'Université

Emploi des boîtiers de garde

Dans un précédent article (1), j'ai indiqué comment on pouvait mesurer avec précision les capacités en valeur absolue. Deux circuits oscillants à ondes entretenues A_1 et A_2 sont exactement accordés sur la même longueur d'onde et comme ils agissent l'un et l'autre sur un même circuit récepteur muni d'un téléphone, on n'entend aucun son lorsque l'accord est parfaitement réalisé, sinon il se produit des battements.

Le circuit A_1 comprend deux condensateurs montés en parallèle, l'un C_1 est le condensateur variable à air qu'il s'agit d'étalonner, l'autre C' , également variable, a une capacité calculable; en fait, il est constitué par deux armatures cylindriques. Les variations de capacité de C_1 sont mesurées au moyen de la méthode « par différence »; lorsqu'on augmente C_1 d'une quantité ΔC_1 , il faut diminuer C' d'une quantité $\Delta C' = \Delta C_1$, pour réaliser la même longueur d'onde. Toutefois, j'ai montré que cette égalité $\Delta C' = \Delta C_1$ ne se réalisait qu'à la condition que la longueur d'onde utilisée λ soit grande devant la longueur d'onde propre λ_0 ou longueur d'onde fondamentale du circuit. D'ailleurs, s'il n'en était pas ainsi, la capacité C' du condensateur cylindrique ne

serait plus donnée par la formule classique $C' = \frac{L}{2 \text{Log} \frac{R_2}{R_1}}$, R_2 et R_1 désignant les rayons de l'armature externe et de l'armature interne et L la longueur du condensateur (2).

La méthode avait été appliquée à l'étalonnage d'un condensateur

(1) *L'Onde Électrique*, février 1923.

(2) Soit un condensateur cylindrique de longueur L : on peut admettre que la répartition du potentiel v le long de ce condensateur est sinusoïdale et à un instant donné elle est de la forme $v = V_0 \cos \frac{2\pi x}{\lambda}$.

L'énergie électrostatique relative à un élément situé à distance x de l'origine et de longueur dx a pour valeur

$$dW = \frac{1}{2} c V_0^2 \cos^2 \frac{2\pi x}{\lambda} dx.$$

c désignant la capacité unitaire.

numéroté P. 110 bis, mais seulement pour les capacités comprises entre les divisions 60 et 120 degrés de la graduation. Je me suis proposé d'étalonner un nouveau condensateur numéroté M. 129, commandé par M. Mesny pour l'établissement central de la Radiotélégraphie militaire.

Ce condensateur ne diffère des condensateurs usuels à secteurs que par deux points : 1° l'armature mobile est montée sur roulements à billes ; 2° un vernier au $\frac{1}{10}$ permet de faire les lectures.

L'étalonnage a nécessité trois séries d'expériences correspondant aux graduations comprises entre zéro et soixante-dix degrés, entre soixante et cent vingt degrés et enfin entre cent dix et cent quatre-vingts degrés.

I. Étalonnage entre zéro et soixante-dix degrés. Capacité résiduelle. — Le problème est un peu différent de celui qui avait été résolu précédemment pour l'étalonnage en valeur absolue du condensateur P. 110 bis pour les capacités comprises entre soixante et cent vingt degrés ; en effet, les capacités à mesurer sont trop faibles pour constituer la capacité totale du circuit oscillant si l'on veut conserver une longueur d'onde de l'ordre de 1 000 mètres ; il faudra donc monter en parallèle avec le condensateur C_1 qu'il s'agit d'étalonner, non seulement le condensateur cylindrique C' , mais encore un condensateur auxiliaire C . Or, on sait que les fils de connexion reliant les différents condensateurs doivent être aussi courts que possible de façon à réduire l'effet de selfs parasites qui ne s'élimine pas complètement

En intégrant entre les limites 0 et L , on trouve

$$W = \frac{1}{4} c L V_0^2 \left[1 + \frac{\sin \frac{4\pi L}{\lambda}}{\frac{4\pi L}{\lambda}} \right].$$

Si L est très petit devant λ on retrouve bien la formule $W = \frac{1}{2} C V_0^2$ puisque $c L = C$ capacité totale.

En développant le sinus en série et ne conservant que les termes en λ^2 , il vient

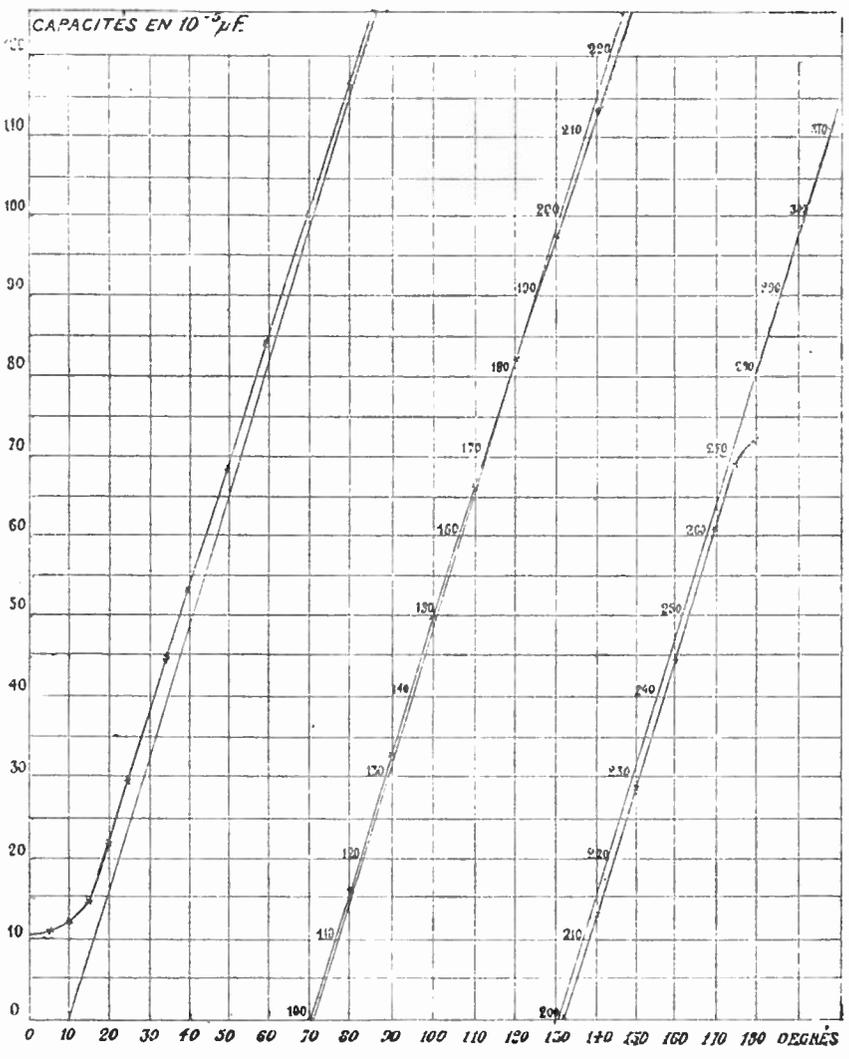
$$W = \frac{1}{2} c \left[1 - \frac{4}{3} \pi^2 \frac{L^2}{\lambda^2} \right].$$

Pour $L = 1$ mètre et $\lambda = 1000$ mètres, ce qui est le cas des expériences, on trouve que la capacité a pour valeur

$$C = \frac{L}{2 \log \frac{R_2}{R_1}} \left[1 - \frac{4}{3} 10^{-3} \right].$$

On voit que la correction est négligeable: elle serait déjà supérieure au $\frac{1}{1000}$ pour $\lambda = 100$ mètres.

alors même que l'on utilise la méthode par différence: les condensateurs étant rapprochés réagissent les uns sur les autres et de plus les capacités, surtout si elles sont faibles, ne sont plus définies, elles sont



fonction de la position des appareils. On s'expliquera facilement que les réactions des capacités les uns sur les autres peuvent produire des perturbations importantes si on remarque que la plupart des constructeurs relie l'armature fixe au boîtier métallique dans lequel est renfermé l'appareil, c'est d'ailleurs la raison pour laquelle les capacités résiduelles sont relativement importantes. On voit claire-

ment sur la figure 1 que la capacité du circuit oscillant à ondes entretenues est augmentée du fait que les boîtiers des condensateurs C et C₁ montés en parallèle sont l'un réuni à la grille et l'autre à la plaque. L'expérience montre que non seulement la capacité résiduelle de C₁ est modifiée par la présence de C, mais qu'il en est encore de même des variations de C₁, au moins pour les valeurs inférieures à 50.10⁻⁸ microfarads [40° environ de la graduation].

Par contre, lorsque la valeur de C₁ est notable, ses variations ne dépendent pratiquement plus de C. Bref, suivant qu'on réunira les deux boîtiers à la grille ou à la plaque ou bien l'un à la grille et l'autre à la plaque comme sur la figure 1, on pourra observer dans la valeur des faibles capacités des variations de l'ordre du $\frac{1}{100}$.

Avec le dispositif utilisé, l'action des capacités parasites est d'ailleurs bien facile à mettre en évidence : le circuit étudié A, et le circuit tare A₂ étant réglés de façon que le son résultant soit audible, il suffit d'approcher la main de l'armature de l'un des condensateurs pour modifier la hauteur du son et la variation peut être de l'ordre de l'octave.

Cylindres de garde. — L'usage des anneaux et des cylindres de garde est classique en électrostatique [électromètres de lord Kelvin et de Bichat et Blondlot]; l'appareil de garde est porté au même potentiel fixe que celui de l'armature qu'il s'agit de protéger et « ce potentiel fixe est celui du sol et des corps extérieurs » (1).

Dans les circuits oscillants à ondes entretenues, les armatures des condensateurs étant à des potentiels variables, il serait inutile de relier l'une des armatures à un cylindre de garde; par contre il y a dans le circuit un point ω (fig. 1) à potentiel constant qui est relié au pôle négatif du filament; on peut donc placer chaque condensateur dans un récipient métallique isolé du boîtier et relié à ce point à potentiel fixe. Le récipient métallique modifiera d'ailleurs la capacité totale qu'il s'agit de mesurer, mais cette capacité présentera l'avantage d'être définie.

Il est facile de se rendre compte d'une façon précise du rôle du cylindre de garde.

Soit un condensateur de capacité C représenté schématiquement

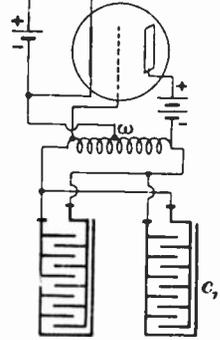


Fig. 1.

(1) Bichat et Blondlot, *Électrostatique*, p 114.

par les plateaux α et β (fig. 2) et deux selfs \mathcal{L}_1 et \mathcal{L}_2 montées en série mais ne réagissant pas l'une sur l'autre; supposons le point ω maintenu à un potentiel fixe que nous prendrons comme origine des potentiels, nous avons ainsi constitué un circuit oscillant de période $T = 2\pi\sqrt{L C}$ avec $L = L_1 + L_2$. Nous allons rechercher ce que devient cette période lorsque les armatures α et β sont protégées par des cylindres de garde représentés schématiquement par les plateaux α' β' reliés au point ω . Le condensateur C ayant été préalablement chargé et toutes les résistances étant supposées négligeables, la décharge sera oscillante; les

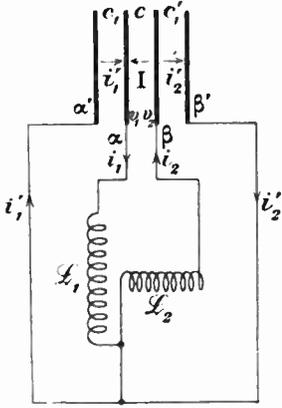


Fig. 2.

plateaux α et β seront alternativement positifs et négatifs par rapport à α' et β' , des courants de déplacement circuleront non seulement de α à β , mais encore de α' à α et de β' à β , la capacité du système sera augmentée et par conséquent sa période.

Désignons par V_1, V_2 les potentiels de α et β ; par C_1, C_2 les capacités des condensateurs constitués par $\alpha \alpha'$ et $\beta \beta'$; par i_1, i_1', i_2, i_2' les courants dans les branches $\alpha\omega, \alpha'\omega, \beta\omega, \beta'\omega$, soit enfin I le courant de déplacement allant de β vers α .

Avec les sens positifs choisis et en appliquant le lemme de Kirchhoff aux courants de déplacement on a :

(1) $i_2 = I + i_2'$

(2) $i_1 = I + i_1'$

et d'autre part

(3) $i_1' = -C_1 \frac{dV_1}{dt}$ (4) $i_2' = C_2 \frac{dV_2}{dt}$ (5) $V_1 = L_1 \frac{di_1}{dt}$ (6) $V_2 = -L_2 \frac{di_2}{dt}$.

Si M est la charge du plateau α

(7) $M = C(V_1 - V_2)$ et $\frac{dM}{dt} = -I = C \left(\frac{dV_1}{dt} - \frac{dV_2}{dt} \right)$.

Entre ces sept équations, éliminons i_1, i_2, I puis V_1 et V_2 on arrive au système

(8) $L_1 C_1 \frac{d^2 i_1}{dt^2} - L_2 C_2 \frac{d^2 i_2}{dt^2} + i_1 - i_2 = 0$

(9) $L_1 C \frac{d^2 i_1}{dt^2} + L_2 (C_1 + C_2) \frac{d^2 i_1}{dt^2} + i_2 = 0.$

Éliminons enfin i_2 on aura

$$(10) \quad \begin{aligned} & \varepsilon_1 \varepsilon_2 (C + C_2)(CC_1 + CC_2 + C_1 C_2) \frac{d^4 i_1}{dt^4} + \\ & + \left[\varepsilon_1 (C + C_2)^2 + \varepsilon_1 (CC_1 + CC_2 + C_1 C_2) + \varepsilon_1 C^2 \right] \frac{d^2 i_1}{dt^2} + (C + C_2) i_1 = 0. \end{aligned}$$

Dans le cas qui nous intéresse particulièrement, une seule des armatures (celle qui est reliée au boîtier) sera protégée par un cylindre de garde, c'est-à-dire que $C_2 = 0$, d'autre part dans le cas des expériences $\varepsilon_1 = \varepsilon_2$.

L'équation (10) se réduit donc à

$$(11) \quad \varepsilon_1^2 C_1 C_2 \frac{d^4 i_1}{dt^4} + \varepsilon_1 (2C + C_1) \frac{d^2 i_1}{dt^2} + i_1 = 0.$$

L'équation caractéristique est de forme $ax^4 + bx^2 + c = 0$ avec

$$x^2 = -\frac{b}{2a} \pm \left(\frac{b^2}{4a^2} - \frac{c}{a} \right)^{\frac{1}{2}}$$

qui se réduit à

$$x^2 = -\frac{b}{2a} \pm \left(\frac{b}{2a} - \frac{c}{b} \right)$$

en tenant compte de ce que C_1 est faible devant C .

L'une des valeurs de x^2 est

$$x_1^2 = -\frac{c}{b} = -\frac{1}{\varepsilon_1 (2C + C_1)} = -\frac{1}{\varepsilon \left(C + \frac{C_1}{2} \right)}$$

et l'autre est

$$x_2^2 = -\frac{b}{a} + \frac{c}{b} = -\frac{4}{\varepsilon C_1}$$

[en négligeant C_1 dans les termes en $C + C_1$]

Le courant i_1 peut donc être considéré comme la superposition de deux courants ayant pour période T_1 et T_2 tels que

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\varepsilon \left(C + \frac{C_1}{2} \right)} \quad T_2 = 2\pi \sqrt{\varepsilon \frac{C_1}{4}}$$

Seule, la première période nous intéresse.

J'ai admis, ce qui est le cas général, que la capacité C_1 est faible devant C et que T_1 est très voisin de T ; par contre pour de faibles valeurs de C , en particulier lors de la mesure de la capacité résiduelle, T_1 et T seront notablement différents.

Première remarque. — On peut se demander s'il n'y aurait pas

lieu de protéger, au moins l'armature fixe du condensateur cylindrique servant à faire les mesures absolues, par un cylindre de garde; mais alors même qu'on donnerait un diamètre de 40 centimètres à ce cylindre, la perturbation introduite serait importante. En effet, si nous désignons par L la longueur des armatures, par c la capacité unitaire du condensateur protégé ayant un diamètre extérieur de 4 centimètres environ, par c_1 la capacité unitaire du cylindre de garde on a

$$c_1 = \frac{1}{2 L \log \frac{40}{4}} = 0,2 \text{ environ et comme } c \text{ a pour valeur } 2,385 \text{ il vient}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\epsilon L \left(c + \frac{c_1}{2} \right)} = 2\pi \sqrt{\epsilon L (2,385 + 0,1)}.$$

Or, comme je l'ai dit précédemment, alors même qu'on utilise la méthode par différence et qu'on ne mesure que des variations de capacité, les perturbations ne s'éliminent pas complètement; il est d'ailleurs évident qu'avec des diamètres aussi différents que 4 et 40 centimètres, les corrections des « bouts » deviennent importantes et ne sont pas calculables. En résumé il est préférable de ne pas mettre de cylindre de garde au condensateur cylindrique utilisé pour les mesures absolues, on aura seulement soin d'écartier de lui toute pièce métallique et de le manoeuvrer avec une tige d'ébonite suffisamment longue.

Par contre, la capacité des condensateurs usuels n'étant pas calculable et ne pouvant être déterminée que par une mesure, il y a lieu, pour définir cette capacité, de l'entourer d'un second boîtier isolé du premier et réuni au pôle négatif du filament; cette précaution est indispensable lors de la mesure de la capacité résiduelle et dans tous les cas où le condensateur à étalonner est au voisinage d'un autre condensateur. A défaut de cette précaution, il sera prudent de réunir les deux boîtiers entre eux d'une part et d'autre part à la plaque plutôt qu'à la grille; l'expérience montre, en effet, comme on pouvait s'y attendre, qu'une même capacité parasite approchée de l'armature reliée à la grille produit un effet perturbateur beaucoup plus important que si on l'approche de l'armature reliée à la plaque, les variations de son produites au téléphone sont très différentes dans un cas et dans l'autre. C'est ainsi que lorsque deux circuits sont exactement réglés sur la même longueur d'onde et que, par conséquent, on n'entend aucun son au téléphone, on obtient beaucoup plus rapidement les battements en approchant la main de l'armature reliée à la grille qu'en l'approchant de celle reliée à la plaque; il y a évidemment là un phéno-

mène en étroite liaison avec le pouvoir amplificateur des lampes

Deuxième remarque. — Dans la méthode utilisée pour la mesure des capacités, on emploie en définitive trois circuits comportant des lampes : 1° le circuit A_1 , contenant le condensateur étudié; 2° le circuit-tare A_2 ; 3° le circuit de l'amplificateur.

Il semble donc naturel de réunir les pôles négatifs des filaments entre eux et au sol en les reliant par exemple à une conduite de gaz ou d'eau, mais la méthode perd beaucoup de sa sensibilité lorsqu'on réunit le circuit tare et le circuit étudié, car on crée ainsi un accouple-

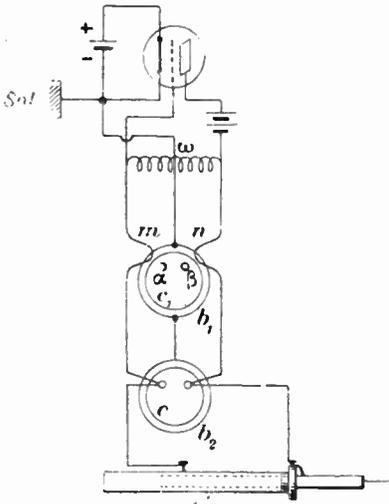


Fig. 3.

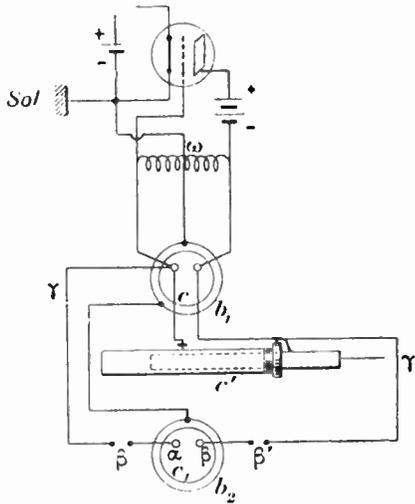


Fig. 4.

ment parasite et si on entend toujours au téléphone les sons aigus et même graves, les battements tendent à disparaître et il y a la « plage de silence » si caractéristique des accouplements trop serrés. Finalement j'ai obtenu de très bons résultats en plaçant les condensateurs à secteurs du circuit étudié dans des boîtiers isolés des boîtiers des appareils et en les réunissant au pôle négatif du filament, à une conduite de gaz et enfin au pôle négatif des accumulateurs de chauffage utilisés pour l'amplificateur.

Mesure de la capacité résiduelle. — Le condensateur étudié C_1 et le condensateur auxiliaire C sont placés dans les boîtiers de garde b_1 et b_2 réunis entre eux et au point ω , milieu de la bobine de self (fig. 3). Le condensateur C_1 monté d'abord en parallèle avec le condensateur cylindrique C' est d'abord hors du circuit et on règle celui-ci sur la même longueur d'onde que le circuit tare. On introduit

ensuite C_1 dans le circuit en ayant soin de ne pas modifier la longueur des fils ni de les déformer; il suffit pour cela de préparer le long des fils des boucles telles que m et n que l'on glisse sous les bornes α et β .

Un dispositif tel que celui de la figure 4 comprenant des interrupteurs β et β' serait tout à fait défectueux, non seulement parce que la longueur des fils est modifiée, mais encore parce que les fils β , β' se comportent comme des antennes dans la première partie de la mesure (réglage des deux circuits A_1 et A_2 sur la même longueur d'onde) et que ces mêmes fils font partie d'un circuit fermé après l'introduction du condensateur C_1 .

En prenant les précautions que je viens d'indiquer, cinq mesures consécutives m'ont donné à moins de $\frac{1}{1\ 000}$ près pour valeur de la capacité résiduelle le nombre $10,4 \cdot 10^{-5}$ microfarads. En l'absence de boîtiers de garde, cette même capacité résiduelle se trouve comprise entre $9 \cdot 10^{-5}$ et $9,7 \cdot 10^{-5}$ suivant les positions relatives de C et C_1 .

Valeur des capacités comprises entre les divisions zéro et soixante-dix degrés. — On opère avec une longueur d'onde d'environ 1 000 mètres, une self de l'ordre de $\frac{1}{4\ 000}$ henry et exactement comme il a été indiqué pour l'étalonnage du condensateur P 110 bis, c'est-à-dire que la capacité comprise entre zéro et soixante-dix est connue avec plus de précision que les différentes capacités dont elle est la somme; il y avait, en effet, intérêt à employer la même méthode, car, outre que le vernier n'était qu'au dixième, il était d'une construction un peu défectueuse et on pouvait commettre des erreurs de parallaxe, les divisions des deux graduations n'étant pas exactement dans le même plan; toutefois, j'ai repéré aussi bien que possible les divisions 5, 10, 15, 20, 25, 35, 40, 50 et 70.

Résultats de la première série de mesures. — Un groupe de six expériences comprenant un total de cent huit mesures a donné comme valeur de la capacité comprise entre zéro et soixante-dix degrés le nombre $73,62 \cdot 10^{-5}$ microfarads, alors que sans boîtier de garde on obtenait $72,49 \cdot 10^{-5}$ microfarads. L'expérience montre que non seulement la capacité résiduelle, mais chacune des capacités $0,5 \cdot 5 \cdot 10 \dots$ etc., est modifiée.

Enfin l'utilisation des boîtiers de garde est légitimée par le fait suivant :

Lorsque les valeurs de C_1 sont de l'ordre de $70 \cdot 10^{-5}$ microfarads (50° de la graduation), cette capacité est suffisante pour qu'il ne soit plus nécessaire de la monter en parallèle avec C ; or, l'expérience montre que l'on trouve alors les mêmes valeurs pour les variations de

C_1 en opérant soit avec C_1 seul, soit avec les condensateurs C et C_1 montés en parallèle et placés l'un et l'autre dans des boîtiers de garde.

II. Étalonnage entre soixante et cent vingt degrés et entre cent dix et cent quatre-vingts degrés. — La méthode utilisée est exactement celle qui a été précédemment décrite dans *l'Onde Électrique* et je n'y reviendrai pas. En définitive, on détermine avec une précision au moins égale à $\frac{1}{500}$ les capacités correspondant aux déplacements du curseur de 0-70, 60-120 et 110-180.

III. Résultats généraux. — On admet généralement que pour les condensateurs variables à air, la courbe obtenue en portant en abscisses les divisions en degrés du secteur gradué et en ordonnées la valeur des capacités en 10^{-5} microfarads, est une droite. Mais ce n'est là qu'une première approximation qui a sa raison d'être parce que les lectures ne peuvent souvent se faire qu'à $\frac{1}{4}$ de degré; or, pour les condensateurs du type $\frac{2}{1\ 000}$, une rotation de l'armature mobile de $\frac{1}{4}$ degré correspond à une variation de capacité de 4 U. E. S. environ et comme on peut commettre des erreurs de même sens sur la lecture des divisions du condensateur étalon et sur celle du condensateur à étalonner, qu'il y aura par conséquent quatre lectures à faire pour la détermination d'une variation de capacité, on peut arriver, dans les cas défavorables, à des erreurs de 16 U. E. S., c'est-à-dire d'environ $2,10^{-5}$ microfarad; il est donc légitime de tracer les courbes à une faible échelle (généralement 1 millimètre du papier quadrillé correspond à $1,10^{-5}$ μf). Lorsque les mesures sont précises, on se rend mieux compte de l'allure de la courbe par la considération des tableaux suivants où les nombres figurés correspondent à des moyennes de résultats expérimentaux ayant nécessité environ trois cents mesures de capacité.

TABLEAU I

0	10,40		
20	21,75	11,35	19,34
40	52,44	30,69	0,77
60	83,90	31,46	0,84
80	116,2	32,3	1
100	149,5	33,3	-1
120	181,8	32,3	-0,9
140	213,2	31,4	0
160	244,6	31,4	-4,6
180	271,4	26,8	

Dans la première colonne, on a porté les graduations de vingt en vingt degrés; dans la deuxième colonne figurent les valeurs des capacités correspondantes comptées en 10^{-5} microfarads; dans une troisième colonne on a inscrit la différence des valeurs des capacités de vingt en vingt degrés. Les nombres de cette troisième colonne sont donc proportionnels aux coefficients angulaires des droites qui joindraient les points de la courbe deux à deux. Enfin, dans une dernière colonne, on a figuré les différences entre les nombres consécutifs de la troisième, ces derniers nombres sont par conséquent proportionnels à la dérivée seconde.

On voit que les coefficients angulaires vont d'abord en croissant jusque vers la division 100° et décroissent ensuite; il y a toutefois une légère perturbation aux environs de 140° . Dans son ensemble, la courbe a sa concavité d'abord dans un sens puis dans l'autre, le point d'inflexion se trouvant aux environs de quatre-vingt-dix degrés; enfin comme première approximation, les valeurs de la dérivée seconde restant faibles entre 40 et 140° , la courbe se confond à peu près avec sa tangente d'inflexion entre ces deux divisions.

TABLEAU II

						<u>33,6</u>	
0	10,40			100	149,5	32,6	- 1
5	10,67	1,08	4,56	110	165,8	32	- 0,6
10	12,08	5,64	4,04	120	181,8	31,4	- 0,6
15	14,50	9,68	19,32	130	197,5	31,4	0
20	21,75	28,90	1,70	140	213,2	31,4	0
25	29,40	30,60	0,14	150	228,9	31,4	0
35	44,75	30,74	0,62	160	244,6	31,6	0,2
40	52,44	30,76	0,16	170	260,4	32,8	1,2
50	67,88	30,88	1,16	175	268,6	11,2	- 21,6
60	83,90	32,04	0,16	180	271,4		
70	100	32,20	0,20				
80	116,2	32,40	0,60				
90	132,7	33	0,60				
		<u>33,6</u>					

La disposition des colonnes est la même que celle du tableau I, on a seulement figuré un plus grand nombre de points. Afin que les nombres des colonnes 3 et 4 puissent être comparés à ceux des colonnes correspondantes du tableau I, ils ont été rapportés à un intervalle de vingt degrés, c'est-à-dire que la différence entre deux nombres consé-

cutifs de la colonne 2 a été multipliée par deux pour les intervalles de dix degrés et par 4 pour les intervalles de 5 degrés.

On a figuré sur la courbe les points donnés par les nombres du tableau II; avec l'échelle choisie, les coefficients angulaires des droites joignant les points deux à deux sont les nombres de la colonne 3 divisés par 10, enfin on a tracé la droite de coefficient angulaire 3, 3 passant par le point de la courbe correspondant à 90 degrés; on voit que les points de la courbe sont au-dessus de cette droite jusqu'aux environs de quatre-vingts degrés et qu'ils sont au-dessous au-delà de cent trente degrés.

Contrôle des expériences. — En fait, tous les nombres figurés dans les tableaux précédents, dépendent de la valeur c de la capacité unitaire du condensateur cylindrique. Avec la méthode de pesées qui m'a permis de déterminer c on était en droit d'espérer que l'erreur commise sur ce nombre n'excéderait sûrement pas un millième; il était néanmoins intéressant d'effectuer un contrôle direct. A cet effet j'ai utilisé un second condensateur cylindrique de capacité unitaire beaucoup plus faible ($c = 1,1258$ ⁽¹⁾ au lieu de 2,3850) et j'ai mesuré avec cet appareil la capacité γ du condensateur M. 129 comprise entre les divisions 50 et 70. Alors qu'avec le premier condensateur cylindrique, on trouvait une longueur 121,2 centimètres, elle se trouvait égale à 256,45 cm avec le second. La première mesure donne donc

$$\gamma = 121,2 \times 2,385 = 289,06 \text{ UES soit } 32,12 \cdot 10^{-5} \text{ microfarads}$$

et la seconde donne

$$\gamma = 256,5 \times 1,1258 = 288,77 \text{ UES, soit } 32,08 \cdot 10^{-5} \text{ microfarads}$$

la différence est donc de l'ordre de un millième.

Comparaison avec les résultats obtenus antérieurement. — Les condensateurs qui servent actuellement d'étalon ont été gradués indirectement. On applique encore la formule de Thomson $T = 2\pi\sqrt{LC}$ et comme la période T est parfaitement connue grâce au multivibrateur de MM. Abraham et Bloch, il suffit de réaliser une self calculable pour avoir C .

M. Jouaust, à l'Etablissement central de la radiotélégraphie militaire, a calculé une self bobinée sur un noyau de marbre; cette self a un diamètre relativement grand par rapport à la longueur l

(¹) La valeur de C donnée par la formule $\frac{1}{2 \log \frac{R_2}{R_1}}$ est 1,1256: il faut rajouter 0,0002 pour tenir compte de la self-induction propre du condensateur.

$\left(\frac{d}{l} = \frac{1}{4} \text{ environ}\right)$; or, c'est là un fait favorable d'après les mesures récentes de M. Ylostalo (1). Quoi qu'il en soit, j'ai constaté que les différences entre les valeurs des capacités déduites de la self calculée par M. Jouaust et les miennes sont extrêmement faibles dans la région moyenne du condensateur. En désignant par C l'ancienne valeur et C' la nouvelle, on trouve que $\frac{C - C'}{C}$ est représenté par les nombres $\frac{5}{1\ 000}$ pour 60°; $\frac{10}{1\ 000}$ pour 80°; $\frac{7}{1\ 000}$ pour 100°; $\frac{-2,6}{1\ 000}$ pour 120°; $\frac{7}{1\ 000}$ pour 140° et 160° et $\frac{8}{1\ 000}$ pour 170°. Par contre elles deviennent assez notables aux extrémités.

Conclusion. — Avec le dispositif expérimental, tel qu'il est réalisé actuellement, on peut compter sur une approximation certaine de $\frac{1}{500}$. Pour obtenir une précision plus grande, il serait nécessaire: 1° d'utiliser des appareils munis de verniers circulaires donnant la minute et 2° il faudrait que l'observateur puisse déplacer l'armature mobile au moyen d'une tige d'ébonite beaucoup plus longue que celles qui sont utilisées. On pourrait alors opérer de la façon suivante :

Deux traits étant gravés sur l'armature interne du condensateur cylindrique étalon, la distance de ces deux traits pourrait être mesurée au cathétomètre; on déterminerait alors les variations de capacité du condensateur à étalonner correspondant au déplacement de l'armature interne compris entre les deux traits; en effectuant les déplacements de l'armature mobile toujours dans le même sens de zéro à soixante par exemple, il n'y aurait plus que deux lectures à faire et on atteindrait certainement la précision du millième.

F. BEDEAU.

(1) *Onde Electrique*, mai 1923, p. 304.

CONTRIBUTION à L'ÉTUDE des AMPLIFICATEURS A TRÈS BASSE FRÉQUENCE

Par P. LEJAY

La constante de temps des amplificateurs à résistances en très basse fréquence.

On connaît le principe de l'amplificateur à résistances employé en très basse fréquence (manipulation Morse). Il a été décrit plusieurs fois dans ses grandes lignes, en particulier par M. Abraham (1) :

Une première lampe détecte les oscillations de basse fréquence, en utilisant soit la courbure de la caractéristique de plaque, soit celle de la caractéristique de grille suivant que la liaison à l'amplificateur basse fréquence se fait par transformateur (fig. 1) ou par capacité et grande résistance (*Onde Electrique*, mars 1923, p. 183, schéma).

Un certain nombre de lampes amplificatrices suivent cette détectrice, montées suivant le schéma de la figure 1; au dernier étage, plusieurs lampes en parallèle permettent d'actionner un enregistreur, un Morse par exemple, sans l'intermédiaire d'aucun relai.

Les valeurs des résistances $R_1, R_2, R_3, \dots r_1, r_2, r_3, \dots$ conseillées d'ordinaire, varient respectivement entre 2 et 5 mégohms, 50 000 et 100 000 ohms suivant les valeurs données aux capacités de liaison C_1, C_2, C_3, \dots . Celles-ci varient elles-mêmes de 0,1 à 2 microfarads selon les vitesses de la manipulation à enregistrer.

Dans ces limites, le fonctionnement reste toujours à peu près le même; il donne lieu en particulier à deux phénomènes que nous allons étudier :

1° Au début de la manipulation, l'appareil ne fonctionne qu'au bout d'un temps déterminé; cette *constante de temps* croît avec les valeurs de $C_1, C_2, C_3, R_1, R_2, R_3$; elle peut atteindre plusieurs secondes.

2° A la fin de la manipulation, ou dans les intervalles séparant les mots, on voit s'inscrire 1, 2 et parfois 3 points ou traits parasites, qui n'ont certes pas une origine atmosphérique (2).

Ce défaut, inexistant ou sans importance lorsqu'on ne fait suivre

(1) Notice de l'E. C. M. R., n° 4850, p. 63.

Journal de Physique, juillet 1919, p. 221, 230.

Comptes rendus de l'Ac. des Sc. 1919, t. 168, p. 1321.

(2) Voir les points parasites entre les mots de la bande publiée dans *l'Onde Electrique*, mars 1923, p. 184, 2°, 3° et 4° lignes.

la lampe détectrice que d'un étage amplificateur, peut devenir très gênant au troisième ou quatrième étage, au point de rendre impossible la traduction des bandes, bien que l'appareil suivi pendant l'écoute semble fonctionner à peu près correctement; un ou deux défauts par

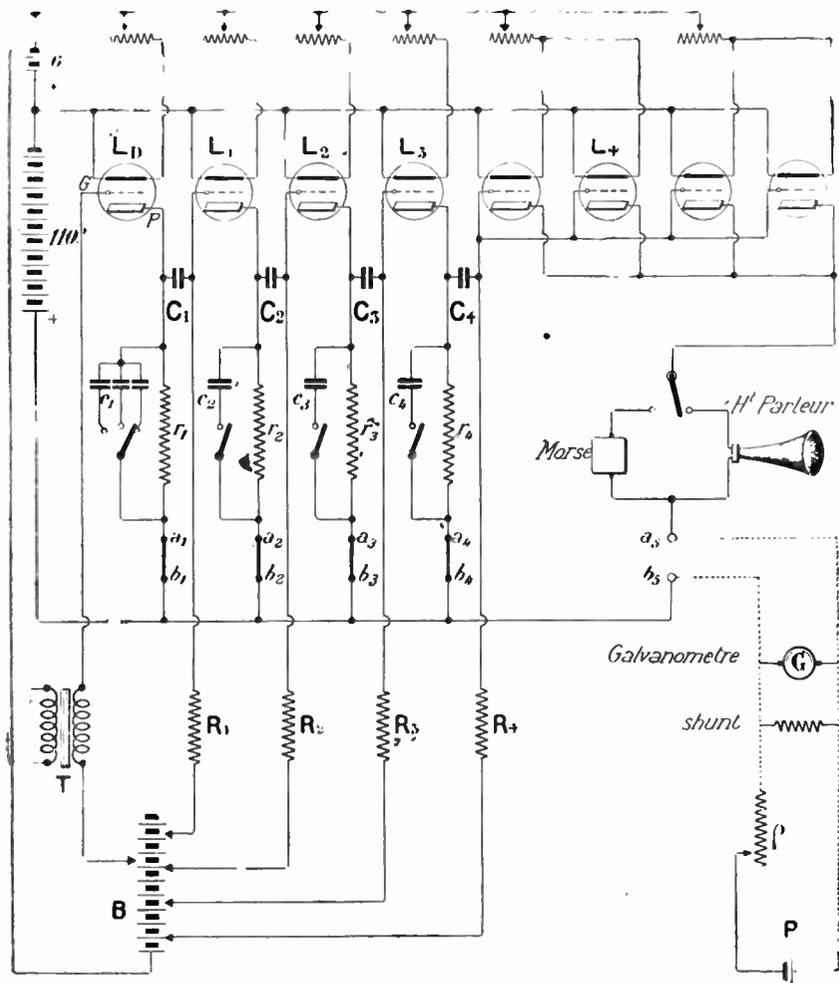


Fig. 1.

mot suffisent en effet à transformer la lecture en un pénible casse-tête.

Hâtons-nous de dire que, même avec quatre étages d'amplification (1), il est facile d'allonger suffisamment la constante de temps

(1) Nous ne comptons jamais la lampe détectrice dans le nombre des étages d'amplification.

pour que ce défaut n'ait pas le temps de se produire dans les intervalles séparant les mots; on n'en retrouvera trace qu'à la fin des dépêches, dans les arrêts prolongés de la manipulation. A la reprise de celle-ci, les premiers signaux seront de nouveau manqués, après quoi l'appareil reprendra son fonctionnement régulier.

Le rapprochement des deux phénomènes suggère immédiatement la pensée d'une modification continue de l'état de l'appareil pendant la manipulation : pendant le passage de l'état de repos initial à l'état de marche, l'amplificateur ne fonctionne pas ou fonctionne mal; pendant le retour de l'état de marche à l'état de repos, une série d'augmentations et de diminutions du courant de plaque du dernier étage donne sur la bande de l'enregistreur la série de points ou traits parasites, toujours les mêmes pour un même réglage des appareils.

En quoi consiste cet état de marche?

Pour l'étudier, nous avons construit un amplificateur composé d'une lampe détectrice et de quatre étages d'amplificatrices (4 lampes en parallèle au dernier étage). *

Les valeurs données aux résistances étaient voisines de 2 mégohms pour R_1, R_2, R_3, R_4 ; de 6000 ohms pour r_1, r_2, r_3, r_4 ; les capacités de liaison C_1, C_2, C_3, C_4 étaient de 0,5 microfarad.

Les courants de plaque des différents étages pouvaient être envoyés successivement dans un milliampèremètre enregistreur; malheureusement, nous ne disposions pas d'oscillographe; il faut tenir compte de l'inertie de la plume (15 cm en aluminium) dans l'interprétation des graphiques (1).

Les oscillations, provoquées dans un circuit oscillant par un poste à amorties local (2) étaient reçues d'abord par un amplificateur comprenant trois étages à résistances H F, une détectrice, un étage à transformateur B F (un transformateur de sortie).

La détection des oscillations de basse fréquence sortant de ce premier amplificateur, était obtenue en portant la grille G à un potentiel fortement négatif (— 7 à — 10 v au-dessous du négatif des filaments) au moyen d'une batterie de Leclanché B (fig. 1).

En dehors de toute manipulation, le courant de plaque est nul ou

(1) Une pile P (fig. 1) permettait de ramener le milliampèremètre au 0 en équilibrant le courant constant de plaque.

On ne pouvait, sans varier les shunts, laisser visibles les déviations au 1^{er} étage et empêcher la plume de sortir des limites des graphiques au 4^e: il ne faut donc pas comparer les courbes entre elles, au point de vue amplification.

(2) La manipulation de signaux lents, très espacés, était d'autre part enregistrée directement sur le cylindre du milliampèremètre; on la retrouve ainsi, représentée par les encoches d'un trait continu, parallèlement à chacune des courbes des figures 2 et 3.

très faible; des oscillations de basse fréquence du potentiel de la grille provoquent des oscillations du courant de plaque, avec augmentation du courant moyen.

Cette augmentation de courant fait baisser le potentiel de la grille suivante, et par conséquent fait diminuer le courant de plaque correspondant (cf fig. 2 courbe du premier étage).

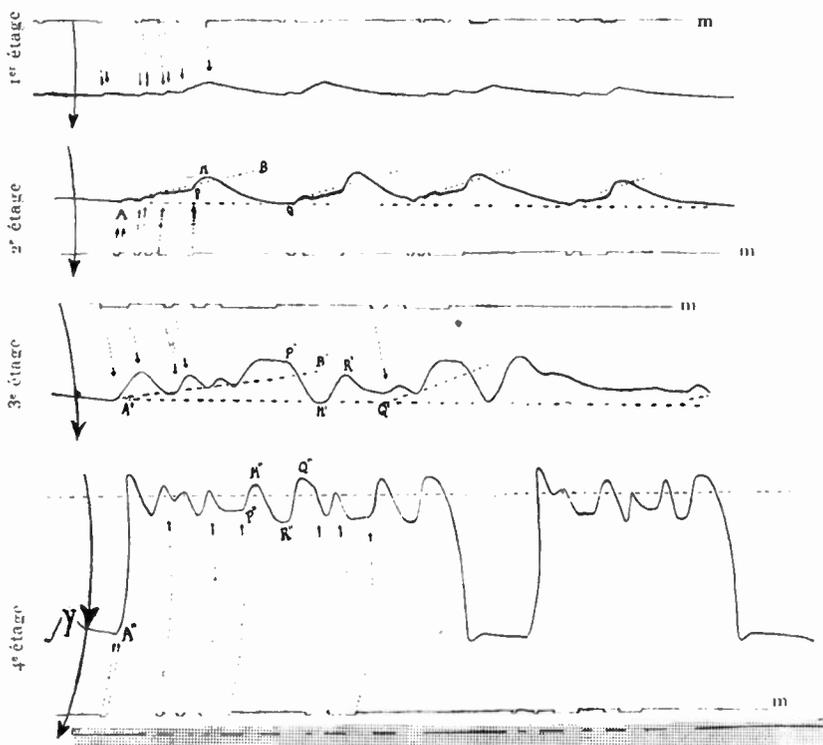


Fig. 2. — Courants de plaque d'un amplificateur ordinaire.
m manipulation du poste émetteur.

Chaque signal provoquera donc au premier étage une *diminution* de courant; ces diminutions provoqueront à leur tour au deuxième étage des hausses du potentiel de grille et, par conséquent, des *augmentations* du courant de plaque : ces augmentations, nous les retrouverons bien sur la courbe du deuxième étage (fig. 2), mais nous constatons en même temps une *diminution* du courant moyen, suivant A B; le potentiel moyen de la grille a donc baissé.

Sans doute, il se produit ici un phénomène analogue à celui qu'on

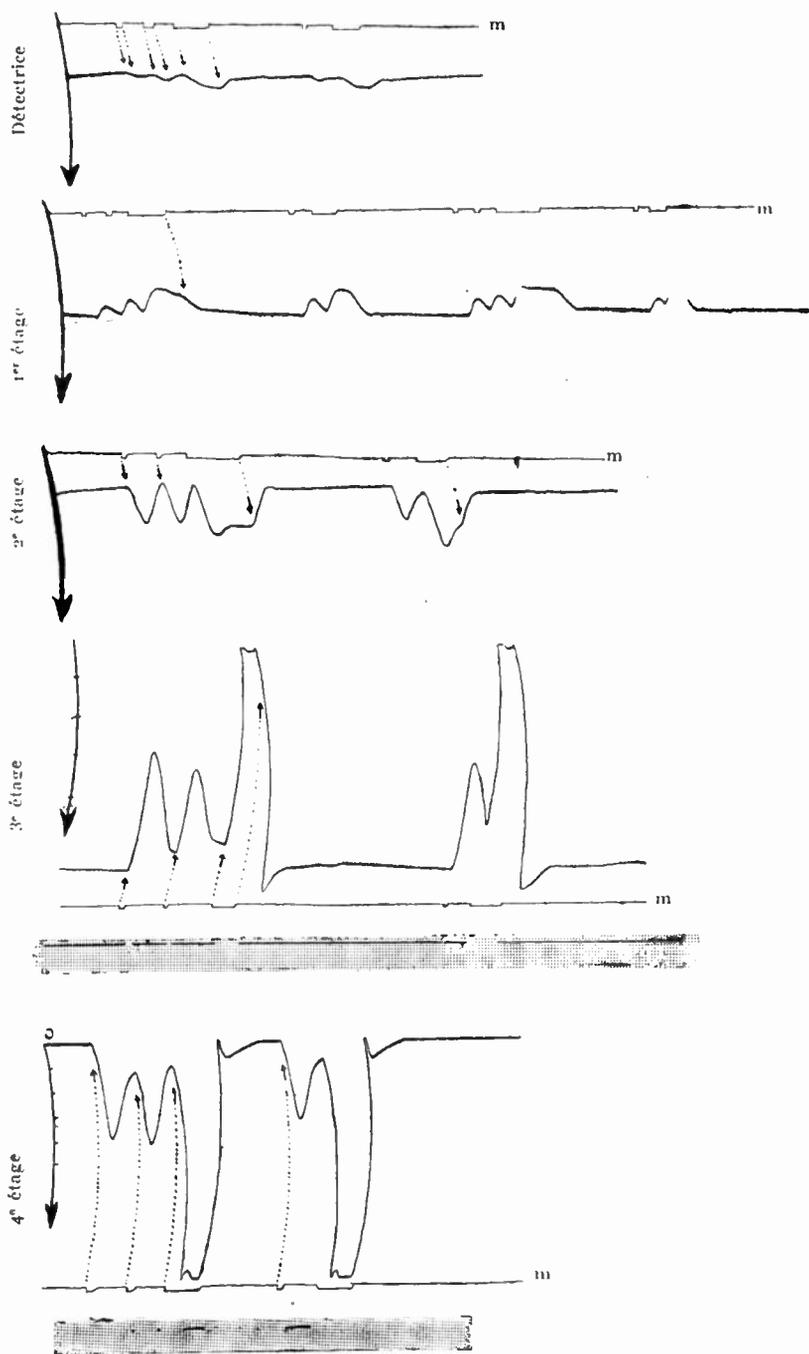


Fig. 3. — Courants de plaque d'un amplificateur sans constante de temps.
m manipulation du poste émetteur.

utilise d'ordinaire pour la détection (1); les hausses du potentiel de grille provoquent une augmentation du courant moyen de grille; le potentiel de grille reviendra à une valeur plus basse que celle d'où il était parti, et c'est là que le signal suivant le trouvera.

La fin du dernier signal provoque au deuxième étage une diminution P M du courant de plaque; puis, c'est le point important, le potentiel de grille reprenant sa valeur normale par le fait de sa liaison au filament à travers le mégohm, le courant de plaque lui aussi reviendra à sa valeur normale suivant M Q.

Au troisième étage, nous retrouvons les signaux de nouveau inversés; le dernier trait de la manipulation terminé, le courant de

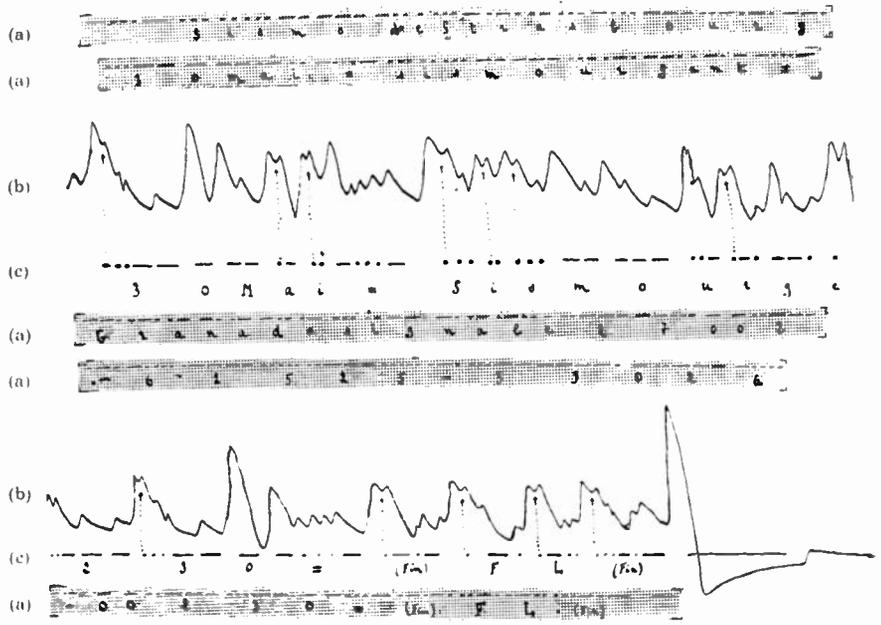


Fig. 4. — Enregistrement d'un météo de FL (amplificateur ordinaire).
 (a) bandes de l'enregistreur Morse; (b) courbes du milliampèremètre enregistreur;
 (c) traduction de ces courbes faite à la main.

plaque augmente suivant P'M' (qui correspond à PM du deuxième étage); puis le courant de plaque du deuxième étage augmentant celui du troisième va diminuer suivant M' R'; enfin ce dernier reprendra sa valeur normale suivant R' Q'.

(1) En voir l'étude détaillée faite par M. Brillouin dans *l'Onde Électrique*, janvier 1922, p. 11 et 12.
 Cf. aussi Abraham, *Journal de Physique*, août 1920, p. 48; ou Gutton, la lampe à 3 électrodes, etc.

Au quatrième étage, on retrouve la boucle P'' M'' R'' correspondant à P' M' R' du troisième étage; à l'augmentation R' Q' du courant de plaque du troisième étage correspondra la diminution R'' Q'' au quatrième; ensuite le courant de plaque tendra à reprendre sa valeur normale, mais, sur l'exemple que nous suivons, le signal d'après arrive assez tôt pour s'imprimer correctement; on voit, en effet, sur la bande du Morse (au-dessous du trait à encoches de la manipulation), après un départ manqué, le signal ·· — correct, puis un trait parasite suivi du signal — correct, enfin un trait parasite suivi d'un trait prolongé dû au retour du courant de plaque à sa valeur normale. Le groupe suivant, manipulé un peu plus vite, est correct à part le premier point qui est manqué, et les traits parasites de la fin.

La figure 4 est un cliché d'une bande de FL (météo de 10 heures, 2500 m amorties) obtenue avec ce montage; les bandes de Morse sont parfaites, à part le trait parasite de la fin; mais on voit nettement sur

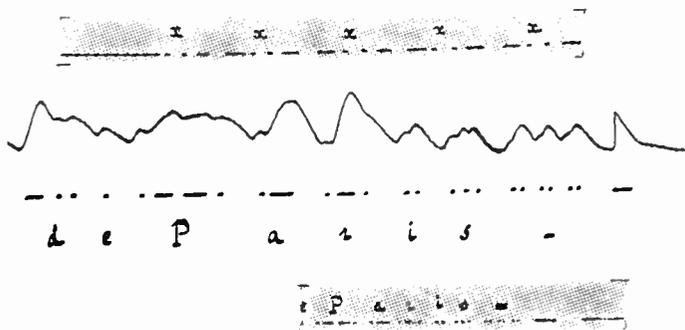


Fig. 5. — Enregistrement de signaux de FL (amplificateur ordinaire).

les courbes du milliampèremètre une tendance du courant à revenir à sa valeur normale dans les intervalles les plus longs (comparer notamment le crochet final à celui qui, au début de la même ligne, sépare le 3 et le 0 du groupe 230 = ⁽¹⁾).

La figure 5 donne deux autres exemples typiques; ce sont encore des signaux de FL; la bande du dessus est une série d'*x* préparatoire aux signaux horaires de 9 h 30; on voit que le premier est manqué, les autres sont corrects.

(¹) Les graphiques se lisent facilement en remarquant que les signaux produisent une déviation de la plume vers le bas de la figure; les points et les traits ont été reproduits immédiatement au-dessous des courbes du milliampèremètre, et quelques lignes de correspondance ont été tracées en pointillé pour faciliter la lecture.

La courbe inscrite au milliampermètre, traduite au-dessous, et la bande de Morse reproduite au bas du cliché, représentent la fin du signal « observatoire de Paris », transmis avant les mêmes signaux horaires. On voit nettement le trait parasite à la suite du point final.

Un appareil sans constante de temps (1).

L'étude précédente a fait voir l'influence de la baisse de potentiel de la grille du deuxième étage amplificateur; il est facile d'empêcher cette baisse.

Un premier moyen consiste à porter d'avance la grille à un potentiel négatif pour l'empêcher de débiter, et sortir ainsi de la région courbe de la caractéristique de grille. Mais on ne pourrait le faire sans diminuer trop le courant de plaque, et, aux derniers étages, les fortes oscillations du potentiel de grille provoquées par les signaux feraient quand même débiter la grille.

Reste un deuxième procédé : relier la grille au filament, non plus par 2 à 5 mégohms, mais par une résistance beaucoup plus faible. 100 000 à 200 000 ohms, laissant passer assez de courant pour empêcher une forte baisse du potentiel moyen de la grille, assez peu pour que la dérivation ainsi formée ne diminue pas l'amplification.

Les grilles des étages impairs, dont les potentiels sont abaissés par les signaux, ne donnent pas lieu au phénomène de détection (2) et ne doivent être reliées au filament que par des mégohms : en effet, deux grilles d'ordres différents (paires et impaires), reliées au même pôle négatif des filaments par des résistances de 100 000 ohms se trouvent, par le fait même, réunies entre elles par une résistance de 200 000 ohms et des accrochages de très basse fréquence prendront naissance facilement (3).

Au contraire, le quatrième étage devra, lui aussi, être relié au filament par une résistance de l'ordre de 100 000 ohms ; il est facile de voir qu'alors les accrochages seront rendus plus difficiles, et l'expérience le confirme.

De plus, en portant la grille de ce dernier étage à un potentiel fortement négatif, au moyen de la même batterie B qui sert à la détection (fig. 1), le courant de plaque en dehors de la manipulation sera nul,

(1) Il en existe déjà, l'amplificateur dit « à courants continus » par exemple : cf. Abraham, loc. cit.

(2) Car la grille tend, pendant les signaux, à débiter moins ; son potentiel moyen ne baissera donc pas.

(3) Rapprocher ce montage de celui que M. Abraham a utilisé dans son multi-vibrateur : *Onde Électrique*, janvier 1922, p. 22.

et l'électro de l'enregistreur, partant d'une aimantation nulle, agira plus pour une même variation de courant, que s'il avait déjà au repos une certaine aimantation (4).

C'est avec ce montage que nous avons obtenu les courbes de la figure 3; on constate que le potentiel des grilles revient très rapidement à sa valeur normale. On obtient alors des impressions parfaites, soit en positif au quatrième étage, soit en négatif (2) au troisième. (Voir les bandes au-dessous des courbes.)

La figure 6 donne l'enregistrement de trois traits d'une seconde des signaux horaires de F L; on voit sur la courbe du milliampèremètre

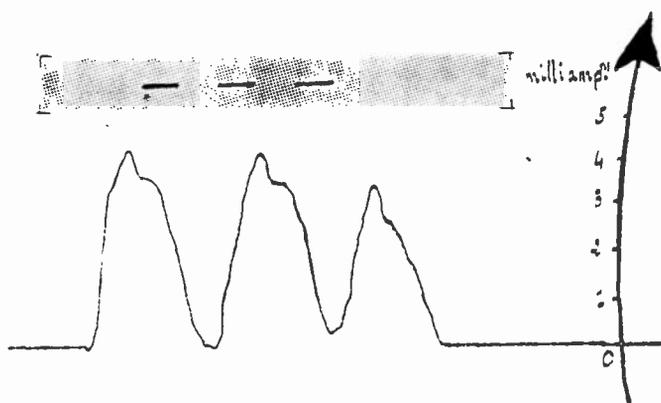


Fig. 6. — Enregistrement de signaux horaires de F L, 9 h 29 m. (Amplificateur sans constante de temps.)

que le courant de plaque revient dès la fin des signaux à sa valeur normale (pour éliminer l'inertie de la plume, comparer simplement les pentes des deux côtés de chaque signal). Noter en passant que le pouvoir amplificateur n'est pas diminué comme on aurait pu le craindre par suite de l'introduction des dériviatives de 100 000 ohms aux deuxième et quatrième étages (R_2 et R_4 de la fig. 1).

La figure 7 reproduit des fragments de bandes enregistrées avec ce même montage, les trois premières avec quatre lampes H F, 2 B F, 3 étages T B F, les deux dernières avec 4 H F, 1 B F, 4 étages T B F; les premières en positif par conséquent, et les dernières en négatif.

Nous ne publions ces résultats qu'à titre de simple indication et

(4) A cause de la courbure de la courbe d'hystérésis; nous nous supposons à un étage où les signaux provoquent des augmentations du courant de plaque (2°, 4°, 6°...)

(2) Nous désignons ainsi l'inscription obtenue lorsque la manipulation provoque des diminutions du courant de plaque (1°, 3°, 5° étages): on peut avec un Morse ordinaire enregistrer par interruptions d'un trait continu; il faut alors pour traduire lire les blancs (Ex. courbes IV et V de la fig. 7). Il serait d'ailleurs facile d'inverser soit par relai soit par emploi d'un enregistreur spécial.

non pour montrer ce qu'on peut obtenir avec l'appareil : tous ces postes ont été reçus avec le montage sur table que l'on voit à gauche de la photographie, à la première audition, mal réglés par conséquent et sans hétérodyne ; enfin, nous ne disposions que d'un Morse vieux



Fig. 7.

Enregistrements en positif : I Presse anglaise MUU Carnavon ; II Presse allemande OUI Eilvesse ; III Presse italienne IDO Rome.

Enregistrements en négatif : IV appels de U F Q ; V Météo de F L.

modèle dont le bras recourbé, en cuivre massif, terminé par un tire-ligne avait une grande inertie.

Pratiquement, tout ce qui est entendu sans brouillages peut être enregistré ; deux étages à résonance de l'amplificateur à H F suffisent à éliminer les postes de longueurs d'onde voisines, au moins pour les petites longueurs d'onde ; les ondes longues sont évidemment plus difficiles à séparer ; l'amplificateur à très basse fréquence ne distingue pas les sons comme un sans filiste exercé ! Bien au contraire, il ne tient compte que de l'énergie des oscillations reçues par sa lampe détectrice ; même si leur fréquence est trop faible ou trop forte pour être perçue au téléphone, ces oscillations parasites peuvent troubler l'enregistrement ; c'est souvent le cas pour les battements produits en autodyne par la contre-manipulation. L'hétérodyne alors s'impose et les étages à résonance.

Rôle des capacités shuntant les résistances de plaque.

Nous avons réservé à dessein la question assez obscure du rôle joué par les capacités c_1, c_2, c_3, c_4 en dérivation sur les résistances de plaque (1).

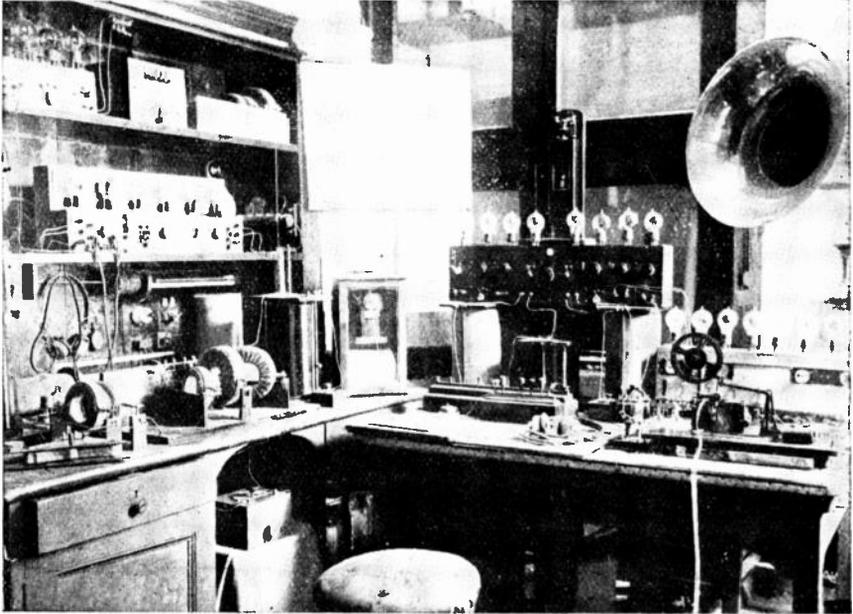
Elles sont loin d'ailleurs d'avoir toutes la même importance.

(1) On en conseille généralement l'emploi sans en donner d'ailleurs d'autre raison que « d'empêcher l'amplificateur à très basse fréquence de réagir sur l'amplificateur à basse fréquence qui le précède ».

A. Rôle de la capacité c_1 dans la détection.

On peut, par des considérations théoriques simples, se rendre compte de l'influence des premières c_1 dans le mécanisme de la détection :

La grille de la lampe détectrice L_b subit des variations de potentiel



sensiblement sinusoïdales et de basse fréquence autour d'une valeur moyenne fortement négative.

Le courant de plaque, partant d'une valeur assez faible, sera peu diminué pendant la période négative des oscillations, beaucoup plus augmenté pendant leur période positive; on peut, sans s'éloigner sensiblement de la réalité, représenter ce courant par une courbe ABCDD', somme de l'augmentation moyenne de courant ABC*x'* et d'une variation *périodique* CDD''.

Nous allons chercher l'influence de la capacité c_1 sur les variations de potentiel du point P (fig. 10) provoquées par ces courants.

1° Pendant la période d'accroissement du courant ABC, soit $I = f(t)$ le courant de plaque (fig. 10), i_1 le courant passant par la résistance r_1 , i_2 le courant traversant le condensateur c_1 ; soit v la différence de potentiel entre les points P et Q : une variation dI du courant I entraîne entre les points P et Q une variation de potentiel dv ;

Cette variation dv provoque une charge du condensateur :

$$dq = c_1 dv,$$

l'intensité du courant dans la branche $P c_1 Q$ est donc :

$$i_2 = \frac{dq}{dt} = c_1 \frac{dv}{dt}$$

et l'intensité dans la branche $P r_1 Q$:

$$i_1 = I - i_2 = I - c_1 \frac{dv}{dt}$$

d'où enfin la différence de potentiel entre les points P et Q :

$$v = i_1 r_1 = I r_1 - c_1 r_1 \frac{dv}{dt}.$$

Les variations du potentiel du point P seront donc représentées

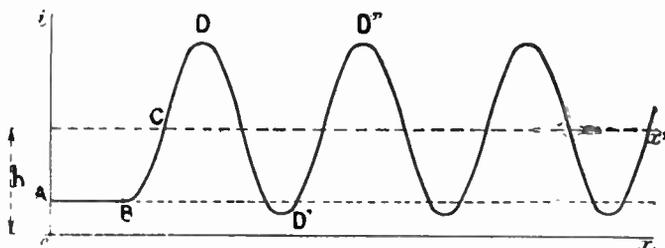


Fig. 8.

ABCD D'... variations du courant de plaque I.

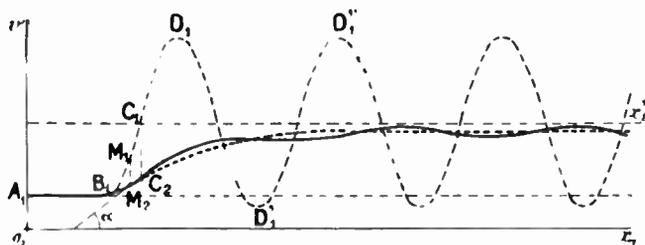


Fig. 9.

A, B, C, D, D', D'' ,... variation de la différence de potentiel aux bornes de la résistance r_1 non shuntée.

A, B, C, C', x' , variation de la différence de potentiel aux bornes de la résistance r_1 shuntée par la capacité c_1 .

par une courbe $B_1 C_2$ (fig. 9), décalée à chaque instant, par rapport à la courbe $B_1 C_1$, de $M_1 M_2 = c_1 r_1 \tan \alpha$ (α étant l'angle que fait la tangente au point M_2 avec l'axe des x).

2° En considérant comme sinusoïdales les variations périodiques CDD'D'' qui suivent (1), le courant de plaque sera :

$$I = A \sin \omega t + h$$

le courant traversant la résistance est :

$$i_1 = \frac{v}{r_1}$$

le courant de charge du condensateur est

$$i_2 = c_1 \frac{dv}{dt}$$

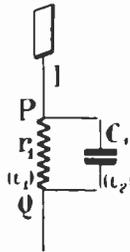


Fig. 10.

Ecrivons que $I = i_1 + i_2$ (fig. 10) ; on a l'équation :

$$\frac{v}{r_1} + c_1 \frac{dv}{dt} = A \sin \omega t + h$$

dont l'intégrale générale est :

$$v = K e^{-\frac{t}{r_1 c_1}} + \frac{A r_1}{\sqrt{1 + c_1^2 r_1^2 \omega^2}} \sin (\omega t - \varphi) + h r_1$$

avec $\text{tg } \varphi = c_1 r_1 \omega$.

Les variations de potentiel au point P seront représentées par la courbe $C_2 x_1'$ composée d'oscillations d'amplitude $a = \frac{A r_1}{\sqrt{1 + c_1^2 r_1^2 \omega^2}}$ autour d'une courbe moyenne exponentielle asymptote à $C_1 x_1'$.

En résumé, le début de la variation moyenne de potentiel dû à chaque signal est légèrement ralenti, et les oscillations de basse fréquence sont réduites dans le rapport :

$$\frac{A}{a r_1} = \frac{I}{\sqrt{1 + c_1^2 r_1^2 \omega^2}}$$

(1) Ce qui revient à ne considérer que le 1^{er} terme de la série de Fourier. Un calcul analogue pourrait être fait pour les termes suivants, bien inutile pour approximation cherchée.

Le premier effet étant nuisible, il y a avantage à ne pas prendre c_1 trop grand; on voit que pour $r_1 = 50000$ ohms, un condensateur de 0,2 microfarad réduirait déjà à $\frac{1}{60}$ des oscillations de fréquence 1000 (1).

B. Rôle des capacités c_2, c_3 , des étages amplificateurs.

Aux autres étages, si les oscillations de basse fréquence ont été suffisamment réduites, les condensateurs n'auront plus d'autre effet que de rendre moins brusques les variations de potentiel dues à la manipulation; ils ne devront donc être conservés que dans la mesure où ils sont nécessaires pour éviter les accrochages.

Même avec cinq étages (8 lampes), ils étaient le plus souvent inutiles.

P. LEJAY.

Faisons remarquer aux amateurs de concerts que l'amplificateur à très basse fréquence peut parfaitement servir en basse fréquence, pour la téléphonie notamment, il suffit de ne pas détecter (supprimer la batterie B dans le montage de la figure 1) et de supprimer les condensateurs c_1, c_2, c_3 .

Même après plusieurs étages à basse fréquence à transformateurs, on peut ajouter trois ou quatre étages sans accrochages; on a pu ainsi entendre de Jersey les grands postes européens à plus de 100 mètres de l'appareil, en plein air, sans haut-parleur, en plaçant simplement un pavillon de phonographe devant le téléphone. Le même procédé a permis d'entendre la téléphonie de FL ou de Radiola très distinctement aux beaux jours à plus de 50 mètres et de recevoir en haut-parleur quelques grands postes sans autre cadre qu'une bobine en nids d'abeille de 15 cm de diamètre.

(1) L'amplitude de l'oscillation correspondant au terme de la série de Fourier en $\sin 2\omega t$ serait réduite dans le rapport $\frac{1}{\sqrt{1 + 4c^2_1 r^2_1 \omega^2}}$, soit, dans l'exemple choisi, à $\frac{1}{120}$ de la valeur qu'elle aurait s'il n'y avait pas de condensateur; celle du terme en $\sin 3\omega t$ à $\frac{1}{180}$ etc.

LE « BROADCASTING » EN ANGLETERRE ⁽¹⁾

Par M. C. LEROYER

I. **Définition et origine.** — Le mot « broadcasting », au sens restreint, désigne l'ensemble des transmissions radiotéléphoniques destinées au public, et n'ayant pas un caractère strictement commercial ou scientifique. Ce mot a fait fortune dans tout le monde anglo-saxon, et il a presque acquis droit de cité dans celui des amateurs français qui jusqu'ici ne lui ont pas trouvé d'équivalent dans notre langue. Quant aux transmissions dont il s'agit, elles peuvent être le fait de particuliers, de firmes industrielles ou même de l'État; suivant les cas, elles sont périodiques ou irrégulières, temporaires ou permanentes.

Le but de cet article étant de faire connaître aux lecteurs de *l'Onde Électrique* l'organisation du « broadcasting » en Angleterre, et de leur décrire une station type, nous ne nous attarderons pas sur la question de savoir qui eut le premier l'idée de ces transmissions pour tous. Toutefois, nous devons noter que l'idée fut réalisée pour la première fois aux États-Unis de l'Amérique du Nord.

En novembre 1920, la Compagnie Westinghouse installa à Pittsburg (Pensylvanie) une petite station radiotéléphonique de 100 watts-antenne (indicatif : K D K A), qui servit notamment à annoncer l'élection Harding, et à transmettre des morceaux de gramophone. Au début de 1921, la puissance fut portée à un kilowatt et demi. La faveur du public fut d'abord lente à venir, et débuta seulement vers l'automne de 1921, déterminée en grande partie par le concours de la presse, qui annonçait les programmes et faisait peu à peu l'éducation de ses lecteurs. Entre temps, la Compagnie Westinghouse installait des stations analogues à New-Ark (W J Z), à Chicago (K Y W), etc., les autres grandes firmes et même des particuliers suivaient son exemple. Ce fut alors le « Boom », le « Craze », c'est-à-dire l'emballement, la folie radiotéléphoniques dans tous les États-Unis; et les fabricants d'appareils firent des affaires d'or. Le gouvernement américain accordait libéralement les autorisations

(1) Les photographies et les renseignements concernant la « Broadcasting Station » 2ZY, Manchester, sont dus à la bienveillance de Mr. A. P. M. Fleming, directeur du Service des Recherches, auquel nous sommes heureux d'exprimer ici à nouveau nos remerciements.

nécessaires tant pour l'émission que pour la réception ; aussi en deux années (1921-1922), plus de deux millions d'appareils récepteurs furent vendus. Actuellement, le « broadcasting » aux États-Unis est effectué par une vingtaine de stations émettrices puissantes (1,5 kw-antenne), et environ six cents stations plus faibles (de l'ordre de 100 w-antenne). On transmet de tout : des leçons de cuisine, de puériculture, pour les mamans ; des prévisions atmosphériques, pour les agriculteurs ; des rapports sur le marché des valeurs, sur l'état des récoltes ; les résultats des concours sportifs ; des causeries pour les dames ; des historiettes pour les enfants ; des sermons ou allocutions pour le dimanche ; beaucoup de musique, gramophone, piano, violon, orchestre, solos et chœurs, etc... Les programmes sont assez variés pour satisfaire tous les goûts : toutefois il faut noter que leur tendance actuelle est plutôt vers l'utile et le solide, en particulier vers une plus grande diffusion de l'instruction dans le public. Est-ce à dire que l'organisation américaine est parfaite ? Certes non ; des progrès restent à réaliser : la liberté est une belle chose, mais qui a des inconvénients quand on en abuse. Là-bas, de nombreux postes émetteurs transmettent simultanément en toute indépendance : quand ils travaillent avec même longueur d'onde dans des régions voisines, l'écoute devient impossible ou donne lieu à des cacophonies superbes. Mais cette situation va s'améliorer promptement, les groupes intéressés ayant déjà pris des mesures en ce sens, sans que le gouvernement ait eu à intervenir.

II. Organisation en Angleterre. — L'organisation du « Broadcasting » sur le continent (France, Allemagne, Hollande, Italie, etc...) semble être encore à ses débuts. De très belles émissions sont réalisées par quelques grandes stations, en particulier par F L pour la France ; et aussi, récemment, par quelques postes privés : mais ce sont là des efforts encore trop isolés pour qu'on puisse vraiment parler d'organisation. Au surplus, il nous manque la documentation suffisante, et le sujet ne rentre pas dans le cadre de cet article. Passons à l'Angleterre. Ici la réglementation est beaucoup plus stricte qu'en Amérique : le gouvernement britannique ne permet pas au premier amateur venu d'émettre à son gré ⁽¹⁾, il a toutefois bien voulu autoriser le « broadcasting » pour la musique

(1) Les lecteurs qu'intéresserait une comparaison détaillée des législations qui régissent la Télégraphie ou la Téléphonie sans fil trouveront tous les détails nécessaires dans le « Yearbook of Wireless Telegraphy and Wireless Telephony », édité chaque année par la « Wireless Press Ltd », 12 and 13, Henrietta Street, Strand, W. C. 2. London (Angleterre).

et la parole, pourvu que cette autorisation fût accordée à une collectivité responsable, sur laquelle il exercerait un contrôle efficace.

Pour se conformer à ces exigences, les cinq ou six grosses firmes intéressées dans la construction du matériel radioélectrique ont conjointement pris l'initiative de former une nouvelle Compagnie, la « British Broadcasting Company ». Il y a un peu plus d'un an, celle-ci a reçu du Postmaster General (personnage analogue à notre sous-secrétaire d'État aux Postes et Télégraphes) l'autorisation d'ériger et d'exploiter les stations de « broadcasting » prévues. Pour le moment, le nombre en est limité à huit : trois d'entre elles, Londres, Glasgow, Cardiff, ont un service permanent ; les autres, Aberdeen, Birmingham, Manchester, Newcastle, Plymouth n'ont qu'un service temporaire. La gamme de longueurs d'onde qui leur est allouée va de 350 mètres à 425 mètres ; la puissance maxima ne doit pas dépasser 1,5 kilowatt. Enfin, pour limiter les possibilités d'interférence et ne pas trop gêner les autres services, les transmissions n'auront lieu que de 17 heures à 23 heures pour les jours ouvriers de la semaine, mais à toute heure le dimanche.

Les particuliers désireux d'écouter ces transmissions n'ont qu'à acquérir (ou construire eux-mêmes) un récepteur convenable, et à se procurer dans un bureau de poste quelconque une « Licence » contre versement d'un droit de 10 shillings (soit environ 35 francs au taux actuel du change). Les firmes affiliées à la Broadcasting Co fabriquent un matériel de réception approprié. Quant aux frais d'exploitation des stations émettrices, ils sont couverts partie par la Broadcasting Co, et partie par le Postmaster General qui reverse à celle-ci une part sur les droits perçus dans l'octroi des « licences ».

III. Un type de « broadcasting station » 2 Z Y Manchester. —

A titre d'exemple, nous décrirons sommairement le poste émetteur que la Broadcasting Co possède à Manchester (indicatif 2 Z Y) et que nous avons eu le plaisir de visiter récemment. Ce poste est installé dans l'usine (section des recherches) de la Metropolitan Vickers Electrical Co, à Trafford-Park. Actuellement, il fonctionne tous les jours de 11 h 30 à 12 h 30 (transmission spéciale), et de 17 h 30 à 23 heures (broadcasting). Les programmes d'émission paraissent chaque jour, au moins en abrégé, dans quelques-uns des grands journaux : *Daily Mail*, *Manchester Guardian*, etc., etc... Pour préciser les idées, nous transcrivons le programme suivant :

Programme du lundi 9 avril 1923 (2 Z Y).

- 11 h 30 — 12 h 30 Transmission spéciale.
- 17 h 25 Appel et avis.
- 17 h 30 Coin des enfants sous la direction de l'oncle Arom et de l'oncle Humpty Dumpty.
- 18 h 30 Radio-orchestre, direction Léonard Hirsch : « Ouverture des Enfants » (Quilter). — « Preislied » (Meistersingers, Wagner). — « Menuet » (Salabert).
- 19 h 00 Transmission par ligne terrestre de « Oxford Picture House », et retransmission radio simultanée : Orchestre, direction : Herbert Haines.
- 19 h 30 Bulletin des dernières nouvelles. — Prévision atmosphérique spéciale.
- 19 h 40 « Quelques-unes des grandes choses du monde », par A. W. Muir.
- 20 h 00 Radio-orchestre : Sélection (Pagliacci, Leoncavallo).
- 20 h 15 Lillian Gibson, soprano : « O divin Rédempteur » (Gounod). — « Chanson du printemps ».
- 20 h 25 Orchestre : « Andante con moto » (Mendelssohn).
- 20 h 35 Lillian Gilson : « Attends » (d'Hardelot). — « Mélisande au bois » (Goetz).
- 20 h 45 Orchestre : « Suite du Casse-noisette » (Tchaikowsky).
- 21 h 00 Pause.
- 21 h 10 « Vu à travers un cristal » (Douglas Lomas).
- 21 h 20 Horatio Nicholls et son orchestre, dans un programme spécial comprenant ses plus récentes compositions. — Earle Gilson, vocaliste.
- 22 h 00 Bulletin des dernières nouvelles et prévision du temps.
- 22 h 30 Avis.
- 22 h 40 Retransmission simultanée des signaux horaires (F L) de Paris. — « Bonne nuit. »

De quels moyens dispose le poste d'émission pour exécuter ces programmes ? C'est ce que montreront les quelques données techniques qui vont suivre. L'énergie lui est tout d'abord fournie par un petit alternateur triphasé, à 50 périodes, sous 440 volts, installé dans la centrale de l'usine. Celui-ci est relié directement à un groupe triple qui comprend un moteur d'induction, une dynamo à haute tension, et une excitatrice, appareils fournis par Newton Brothers, Derby (fig. 1). La dynamo tourne à 1 500 tours par minute, et peut fournir 2,5 kilowatts, sous 5 000 volts. L'emploi de circuits conve-

nables permet d'améliorer la commutation, et d'obtenir un courant rigoureusement continu. Le champ de la dynamo est alimenté par l'excitatrice, et, grâce à un rhéostat du type potentiométrique, les réglages restent stables même aux très bas voltages nécessités par

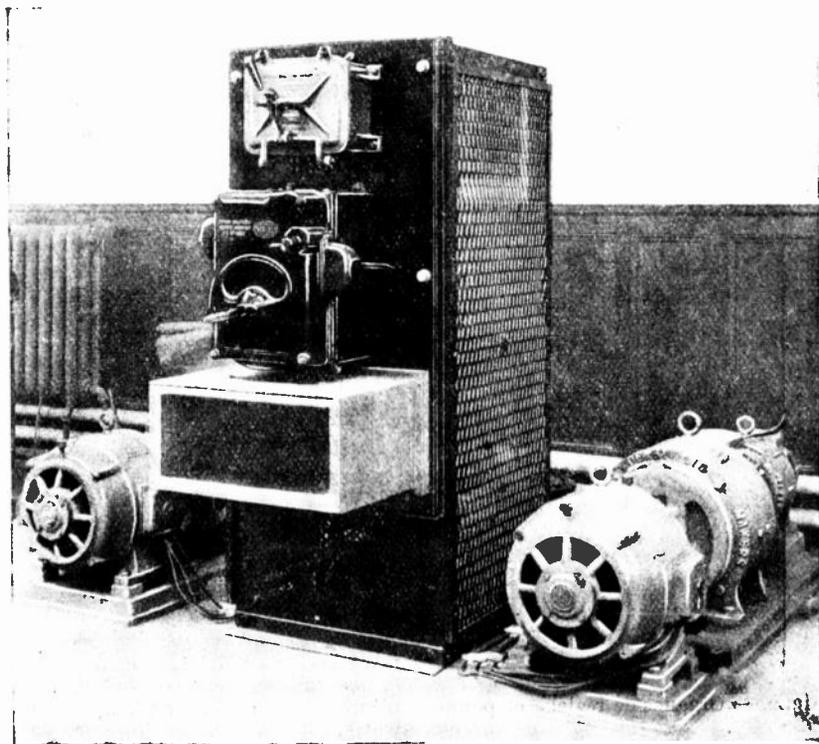


Fig. 1. — Source d'énergie à haute tension alimentant les plaques des lampes d'émission. On voit respectivement, à droite et à gauche de la figure, les deux groupes triples comprenant chacun un moteur d'induction, une dynamo haute tension et une excitatrice.

certaines essais. Il existe encore un deuxième groupe triple, ou groupe de secours, qui en cas de besoin peut être mis instantanément en service grâce à une simple manœuvre d'inverseur.

IV. Montage de l'émission. — Antenne. — Dans une salle distincte se trouve le panneau d'émission, établi par la « Radio-Communications Corporation » de Londres (fig. 2). Il porte divers appareils de réglage et sept lampes Mullard d'une puissance unitaire de 500 watts du type bien connu : filament à une seule boucle, plaque cylindrique ; et entre les deux, grille en hélice dépassant largement

les extrémités de la plaque. Les filaments sont alimentés par une batterie d'accumulateurs de 20 volts; et la haute tension est appliquée directement aux plaques, des dispositifs appropriés garantissant la dynamo contre tout court-circuit. Il ne nous est pas possible de donner ici le schéma des divers circuits d'émission. Signalons seulement que les modulations produites dans un circuit microphonique

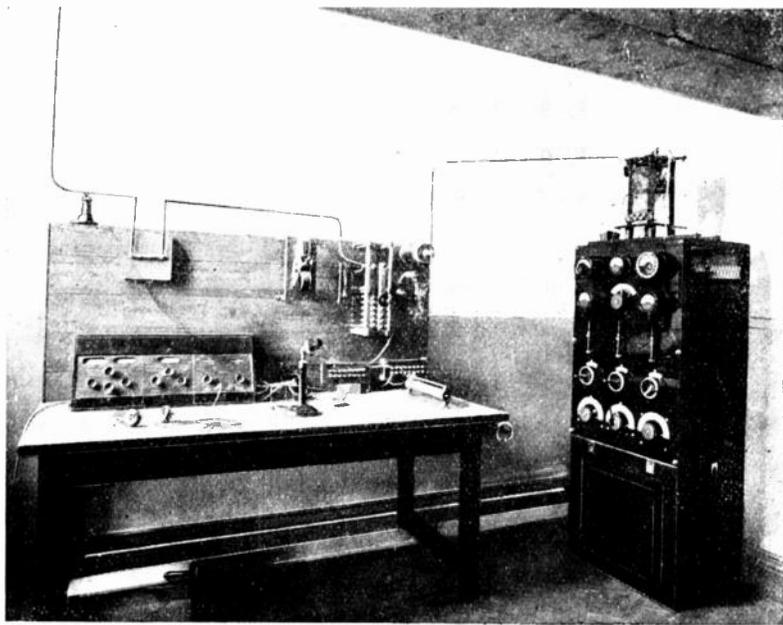


Fig. 2. — Organes de réglage et panneau d'émission équipé avec 7 lampes Mullard de 500 watts.

et amplifiées une première fois (salle de transmission ou studio) sont amenées aux deux premières lampes, qui sont montées en parallèle et fonctionnent en excitatrices; puis à la troisième qui amplifie une fois de plus; et enfin aux quatre dernières lampes, dites lampes de « contrôle », qui sont aussi montées en parallèle. Une station auxiliaire installée à quelques kilomètres permet de vérifier les qualités de la modulation, mais cette vérification peut aussi se faire sur place.

L'antenne utilisée normalement est suspendue entre le sommet du château d'eau et le plus haut bâtiment de l'usine. C'est une antenne prismatique à six fils, espacés au moyen d'entretoises convenables; et sa hauteur moyenne au-dessus du sol est de 52 mètres. Il existe, en outre, une antenne artificielle permettant de faire des essais sans trop gêner les stations voisines. Les émissions

se font actuellement avec la puissance maxima permise, c'est-à-dire 1,5 kilowatt ; la longueur d'onde λ est de 385 mètres.

V. Le « Studio » ou salle de transmission. — Au point de vue qui nous occupe, le studio ou salle de transmission (fig. 3) est la partie la plus intéressante du poste. C'est une salle assez spacieuse, présentant une surface de 7 mètres sur 5 mètres, où sont installés les appareils microphoniques et les appareils musicaux. On y remarque

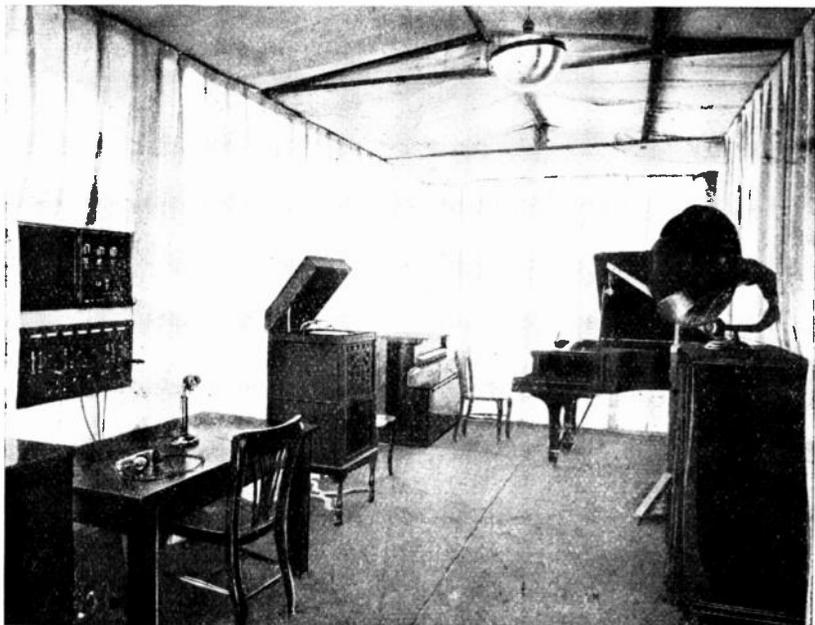


Fig. 3. — Studio ou salle de transmission contenant les appareils musicaux et les appareils de modulation (microphone, photophone, etc.)

en particulier un grand piano Steinway avec dispositif automatique Velté, un gramophone Edison du type disque-diamant le plus récent, un meuble Gramophone Folian Vocation Graduola, etc. Le plafond et les murs sont tendus de draperies, et le parquet est recouvert de tapis, de façon à améliorer l'acoustique de la salle. Le microphone ordinairement employé pour moduler la parole ou la musique est suspendu à une potence qu'on aperçoit à droite dans la figure 3, et qui permet de le placer à bonne hauteur par rapport à la source sonore (artiste ou instrument). La modulation est amplifiée une première fois sur place, puis transmise directement à la salle d'émission, les deux salles étant reliées par une série de circuits appropriés.

Au lieu du microphone, on emploie aussi un nouvel appareil, dit « Photophone », qui donne, paraît-il, d'excellents résultats quand on transmet de la musique de piano : la reproduction des accords reste très fidèle, et la distorsion est réduite au minimum. Cet appareil nous paraît être simplement un perfectionnement du « Pallophotophone » (1), récemment décrit dans le *Scientific American* : la seule différence essentielle semble être l'interposition dans le Photophone de deux réseaux à lignes parallèles sur le trajet du faisceau lumineux ; mais les détails de construction restent encore secrets pour le moment. Contentons-nous donc de donner ici une description théorique très sommaire.

Une source lumineuse ponctuelle (ici, lampe Pointolite prenant 5 ampères sous 125 volts) envoie, grâce à un premier système « lentille-réseau », son image sur un petit miroir plan solidaire d'une plaque vibrante qu'actionneront les ondes sonores ; cette même image, grâce à un deuxième système « lentille-réseau » symétrique du premier, est renvoyée sur les cellules photoélectriques modulatrices. L'artiste qui veut faire du broadcasting chante devant la plaque vibrante, comme il chanterait devant un microphone ordinaire. L'appareil est susceptible des mêmes applications que son prototype, et, en tout cas, son principe est intéressant.

VI. Résultats obtenus par 2 Z Y. — Tel est en substance l'outillage dont dispose la « Broadcasting Station » de Manchester. Son fonctionnement est très régulier et a contribué à populariser la radiotéléphonie dans le Lancashire et les régions voisines. En outre, elle a réalisé, avant bien d'autres, une opération fort intéressante au point de vue technique : à savoir la retransmission automatique et simultanée d'émissions étrangères. *L'Onde Électrique* (numéro de mars 1923, p. 191) a déjà signalé comment 2 Z Y, sous la direction de Mr. A. P. M. Fleming, avait réussi à recevoir les signaux émis par F. L. à 22 h 45 sur $\lambda = 2\,600$ mètres, et à les retransmettre simultanément (au vrai, avec un retard négligeable de quelques millièmes de seconde) sur sa longueur d'onde propre de 385 mètres. Un autre résultat à noter aussi est la transmission, devenue courante, de la musique d'un orchestre situé au cœur de Manchester à près de 9 kilomètres du poste d'émission : cette musique est d'abord transmise directement au poste au moyen d'une ligne terrestre, puis

(1) *Scientific American*, avril 1923, p. 242 : « Douze mois de Radio », par John Liston.

de là, elle est renvoyée simultanément dans toutes les directions par téléphonie sans fil.

Voici un détail amusant qu'on nous a signalé et qui illustrera les remarques précédentes. Au début de ces retransmissions automatiques, un amateur écoutant une transmission musicale de Birmingham (indicatif 5 I T, $\lambda = 420$ mètres), et situé à peu près à mi-chemin entre cette ville et Manchester, eut la surprise d'entendre encore cette même musique après avoir réglé sa réception sur l'onde de 325 mètres. La même musique lui arrivait donc de deux côtés à la fois, de 5 I T, et aussi bien de 2 Z Y.

VII. Avenir du « Broadcasting ». — Les lecteurs de cet article peuvent se rendre compte jusqu'à quel point le « Broadcasting » s'est implanté dans le monde, de quels moyens il dispose actuellement : et même, sans avoir la prétention de prophétiser, quelles perspectives d'avenir lui sont ouvertes. Sur le continent européen, il a été l'objet de quelques initiatives heureuses qui ne vont pas sans doute rester bien longtemps isolées : d'autre part, dans deux grandes nations, les États-Unis et l'Angleterre, il est définitivement entré dans la pratique de la vie ordinaire. Nous n'avons malheureusement pas la statistique des « licences » de réception accordées jusqu'à ce jour par le Postmaster General : nul doute que le chiffre en soit très élevé. Quant à la France, n'estimait-on pas récemment à 500 000 le nombre de postes de réception existants ? D'ailleurs, les statistiques ne donnent qu'une limite inférieure du nombre réel, car elles ne peuvent évidemment tenir compte des postes clandestins.

Quant à l'appareillage employé, tant pour la réception que pour l'émission, il reste certainement à l'améliorer : ce à quoi on travaille vigoureusement dans tous les pays. Les succès déjà obtenus donnent confiance et permettent d'escompter des progrès substantiels et prochains. Nous nous proposons d'ailleurs d'exposer ultérieurement aux lecteurs de *l'Onde Électrique* quelques-unes des tentatives faites dans ce sens.

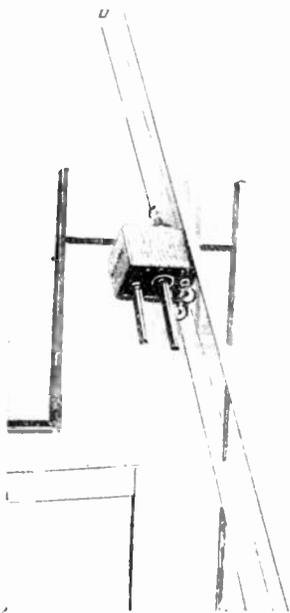
Pour l'avenir, il semble bien, en vue de l'expérience récente, que le « Broadcasting » tend à s'universaliser : il étend sa clientèle en multipliant les stations émettrices, en facilitant au public la réception grâce à des appareils bien étudiés et pas trop coûteux, en exécutant des programmes choisis au point de vue de l'utilité et de l'agrément. Il a déjà, il aura de plus en plus (quoiqu'on puisse abuser des meilleures choses), une influence heureuse : ainsi, il contribuera à diminuer l'isolement des ruraux, des invalides, ou de

tous ceux qu'une nécessité quelconque tient enfermés dans le « Home » ; il mettra à la portée de tous les distractions artistiques, les facilités d'enseignement que jusqu'ici on ne trouvait qu'à la ville, et par suite, il empêchera sans doute dans une certaine mesure l'abandon néfaste de la terre. Il serait facile d'allonger cette énumération : telle quelle, elle suffit pour montrer que le « Broadcasting » a de beaux jours en perspective.

C. LEROYER.

LA RÉCEPTION DE OC 45

Par M. BLANCHARD, lieutenant de vaisseau.



Montage sur oscillateur ouvert. Sur le fond de la boîte, la détectrice. Les circuits parcourus par la haute fréquence sont ainsi indéformables.

Le poste de réception dont la description va suivre est installé à Toulon, soit à 700 kilomètres de Paris à vol d'oiseau, au quatrième étage d'une maison qui en a six ; au pied du Faron qui a 550 mètres de haut et qui se trouve, par rapport au récepteur, dans la direction de Paris.

Le collecteur d'ondes est un cadre à une seule spire qui était primitivement un carré de 1,15 m de côté et qui a été remplacé par un hexagone de 0,70 m de côté. — Cette spire est constituée par douze fils de 10,10 double couche coton torsadés en trois torons de quatre fils chacun.

L'hétérodyne est du type créé par M. Mesny pour les récepteurs d'ondes courtes, et le cadre est monté en parallèle avec la self du circuit oscillant de cette hétérodyne.

Afin de pouvoir employer la même batterie de chauffage pour l'hétérodyne, pour la lampe détectrice et pour l'amplificateur B. F., on n'applique à la lampe détectrice que la tension qui existe entre le milieu de la self du circuit oscillant de l'hétérodyne et l'une des extrémités de cette self. Le montage est, en définitive, celui de la figure. On chauffe les lampes de l'hétérodyne juste assez pour qu'elle soit accrochée.

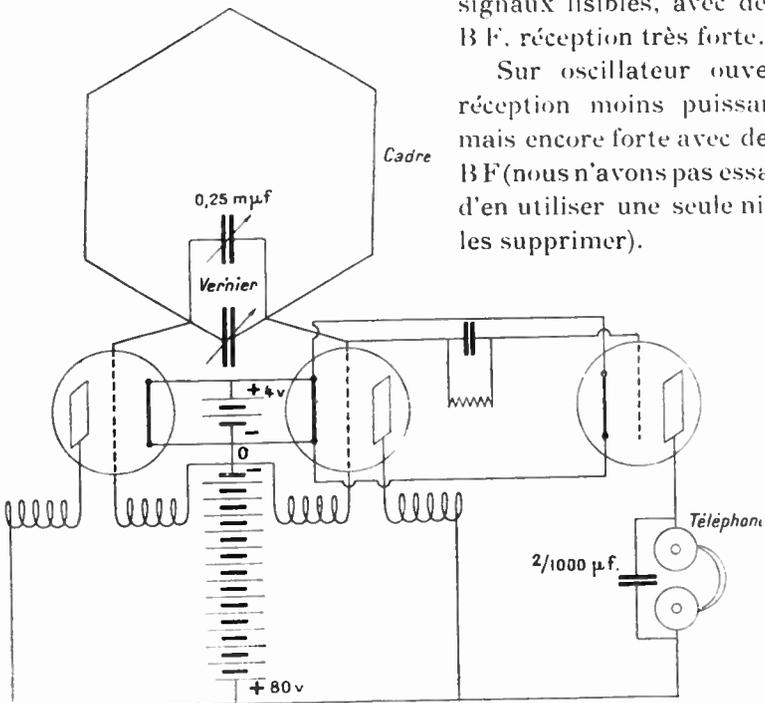
Avec ce dispositif, nous avons entendu O C 45 avec une régularité parfaite du 1^{er} mai au 13 juin. A cette date, nous avons remplacé le cadre par deux bouts de fil de 1,25 m de longueur chacun, l'un dirigé vers le haut, l'autre vers le bas. Avec ce dispositif, le 15 juin, la réception fut bonne du premier coup avec une seule lampe sur l'hétérodyne et deux BF.

Enfin, le 19 juin, nous avons tenté de déterminer la direction de propagation en hauteur des ondes reçues. Pour cela, nous avons constitué un oscillateur ouvert de 2,70 m de développement total mobile autour d'un axe horizontal dans un plan vertical passant par Paris. L'audition devait être maxima quand l'oscillateur était parallèle au champ électrique, lequel est perpendiculaire à la vitesse de propagation, mais la force de l'audition était à peu près la même quelle que soit la direction de l'oscillateur. Ce qui peut sans doute s'expliquer par l'influence du rayonnement secondaire des canalisations d'eau, de gaz et d'électricité excités par l'émission directe.

Le 20 juin, nous n'avons rien entendu, à partir de cette date nous avons cessé les expériences.

Comme intensité de réception : sur cadre, une lampe sur l'hétérodyne et une lampe détectrice, soit deux lampes allumées en tout, signaux lisibles, avec deux BF, réception très forte.

Sur oscillateur ouvert, réception moins puissante mais encore forte avec deux BF (nous n'avons pas essayé d'en utiliser une seule ni de les supprimer).



BIBLIOGRAPHIE

PROPAGATION

La propagation des ondes ; Oliver LODGE. *Modern Wireless et Radio News*, février 1923. — L'auteur se propose d'expliquer simplement comment se produit le rayonnement des ondes dans l'espace à partir de l'antenne d'émission.

Il rappelle d'abord que les ondes électro-magnétiques consistent en deux perturbations égales et perpendiculaires. L'une électrique, l'autre magnétique. La première est celle qui agit sur une antenne, la seconde est celle qu'utilise un cadre.

Ces deux composantes sont en phase, c'est-à-dire passent en même temps par zéro et par leur valeur maximum. Il y a là quelque chose de surprenant, puisque l'une, électrique, est due à la différence de potentiel statique dans l'antenne, tandis que l'autre, magnétique, est due au courant dans cette antenne ; et l'on sait que le courant et la différence de potentiel sont, dans l'antenne, décalés de $\pi/2$: l'énergie oscille en effet entre la forme potentielle (différence de potentiel maximum) et la forme cinétique (courant maximum). Au voisinage de l'antenne, la perturbation électrique et la perturbation magnétique sont donc décalées de $\pi/2$. Comment se fait-il qu'elles soient en phase à grande distance ? D'après sir Oliver Lodge, il se produit un changement, par lequel la perturbation en retard rattrape l'autre, et cela a lieu à une distance de l'antenne égale au *quart de la longueur d'onde*. En deçà, l'énergie passe alternativement de la source à l'éther, sans qu'aucun rayonnement prenne naissance. Au delà, les deux perturbations synchrones sont lancées dans l'espace, en emmenant une éner-

gie que l'on peut calculer. Elles se propagent alors forcément avec la vitesse de la lumière, jusqu'à ce qu'elles soient, tôt ou tard, absorbées ou captées.

Il résulte de ceci que si la fréquence des oscillations est très faible, c'est-à-dire si la longueur d'onde est très grande, le rayonnement ne peut se produire avant une distance considérable : il ne se produit donc pas du tout, parce qu'à cette distance le champ est devenu complètement négligeable.

L'auteur termine en rappelant les analogies des ondes électromagnétiques avec les ondes sonores et lumineuses et les vagues de la mer.

La propagation des ondes ; G. W. Howe. *Electrician*, 13 avril 1923. — Le professeur Howe reprend dans cet article la question abordée par sir O. Lodge, et qu'il trouve insuffisamment éclaircie. « On est forcé, dit-il, de se demander comment il se fait que l'une des perturbations rattrape l'autre, et pourquoi il en résulte la projection de l'énergie dans l'espace. »

L'auteur envisage donc le phénomène un peu différemment. Considérons, dit-il, une antenne simplifiée, constituée d'un fil vertical au sommet duquel aboutissent un grand nombre de fils horizontaux divergeant dans toutes les directions, de manière à former une nappe circulaire. Si la longueur des fils horizontaux est grande par rapport à leur hauteur au-dessus du sol, cette longueur sera sensiblement le quart de la longueur d'onde propre de l'antenne. Imaginons qu'on fasse vibrer l'antenne précisément sur cette longueur d'onde propre, au moyen d'un alternateur placé à sa base. Si nous supposons d'abord qu'il n'y a aucune perte, ni par rayonnement, ni autrement, l'alternateur ne fournira

aucune puissance dès que le régime permanent sera atteint. Le courant sera constamment décalé de $\pi/2$ sur la tension, et l'énergie mise en jeu oscillera indéfiniment entre la forme magnétique et la forme électrique. Le champ électrique sera sensiblement localisé sous l'antenne, c'est-à-dire une distance d'environ un quart de la longueur d'onde, et ce champ sera en quadrature avec le champ magnétique. Imaginons maintenant que l'antenne rayonne. Il y a perte d'énergie, donc fourniture par l'alternateur, d'un certain courant en phase avec la tension. Le champ magnétique créé par ce courant est donc en phase avec le champ électrique. Les composantes de l'onde rayonnée partent donc en phase, de l'antenne même, et le seul changement qui survienne à la distance du quart de la longueur d'onde, est que le champ électrique beaucoup plus puissant résultant du régime stationnaire dans l'antenne, cesse de se faire sentir. C'est ce champ, en quadrature avec le champ magnétique correspondant, qui amène une confusion d'idées, si on ne remarque pas bien nettement qu'il est différent du champ rayonné.

On peut ajouter à cette explication, comme l'a fait un lecteur de *The Electrician*, que la distance à laquelle le champ électrique change d'aspect, n'est pas forcément le quart de la longueur d'onde; en général, elle est plus petite parce que l'antenne est munie d'une self à sa base et ne vibre presque jamais sur sa longueur d'onde propre; la longueur du fil horizontal de l'antenne est alors plus faible que le quart de la longueur d'onde de travail.

Cette explication montre bien aussi ce qui se passe si l'antenne rayonne, mais nullement *pourquoi* elle rayonne.

ATMOSPHÉRIQUES

De la nature des atmosphériques; W. WATT et E. V. APPLETON. *Proc. Royal. Soc. A.* vol. 103, pp. 84-103. — Les auteurs viennent de faire une étude fort intéressante sur les pertur-

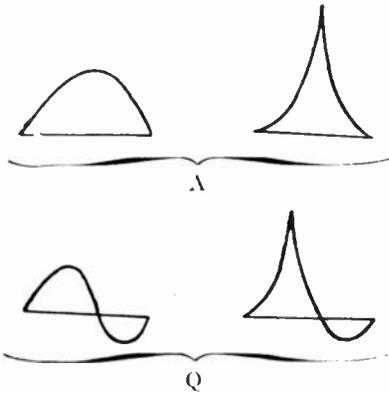
bations atmosphériques qu'il a pu oscillographier. Voici en quoi consiste leur dispositif. Ils reçoivent les perturbations sur une antenne en L renversé, haute de 15 m 50, et dont la partie horizontale a 500 mètres de long. Une résistance de 2 000 ohms placée en série donne à l'antenne un facteur d'amortissement égal à $4 \cdot 10^6$. Une capacité de 2,5 m μ F, égale à celle de l'antenne, est insérée entre celle-ci et la terre. On prend la d. d. p. aux bornes de cette capacité et on l'amène à une triode amplificatrice dont les circuits ont une constante de temps extrêmement faible (10^{-7} secondes); cette d. d. p. amplifiée est amenée aux deux armatures d'un condensateur placé dans un oscillographe cathodique pouvant fournir 1^m/_m de déviation pour 1 volt de d. d. p. aux bornes du condensateur; le potentiel d'anode normalement utilisé dans l'oscillographe est de 350 v environ. Un autre condensateur placé dans le même oscillographe peut produire un champ perpendiculaire au précédent; il est alimenté par un oscillateur a triode afin de provoquer le balayage du pinceau cathodique, balayage qui dessine l'axe des temps; cet oscillateur a une période de l'ordre du millième de seconde.

Le pinceau cathodique tombe sur un écran fluorescent et les courbes tracées par la tache sont observées directement grâce à la persistance de la fluorescence et aussitôt notées; c'est ce que les auteurs appellent la méthode « eye and hand », par opposition à la méthode photographique bien difficile et bien coûteuse en pareil cas.

Grâce à l'apériodicité de l'antenne, les déviations sont à chaque instant proportionnelles à la f. e. m. induite par la perturbation; il est donc possible de déterminer les lois de ses variations et sa valeur numérique. Les observations effectuées du 22 novembre 1922 au 12 février 1923 ont conduit aux conséquences suivantes :

Il existe deux types principaux de perturbations : le type apériodique A et le type quasi-apériodique Q; dans chacun de ces types la première ondulation peut être de forme arrondie ou

pointue. Dans le type Q, sur un total de 298 observations, on a observé 3 alternances successives dans 23 cas.



4 dans 8 et 8 dans 1 cas; tous les autres cas correspondaient à deux alternances seulement.

Souvent on a pu voir sur les courbes des rides correspondant à des fréquences variables dont les plus élevées ont été de 30 000 environ. Le tableau suivant résume les résultats obtenus.

Type de signe	Nombre d'observations	$\frac{v}{\epsilon m}$		Durée en seconde		Période en seconde
		moyenne	maxima	moyenne	maximum	
A +	38	0,05	0,10	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-3}$	
A -	25,4	0,14	0,80	4,6 "	55 "	
Q +	105	0,20	0,67	2,1 "	8,5 "	$2,3 \cdot 10^{-3}$
Q ±	73	0,07	0,33	1,9 "	13,7 "	2,9 "
Q -	120	0,10	0,58	1,8 "	10 "	2,6 "

ϵ est la valeur du champ maximum pendant la perturbation, exprimé en volt par mètre. Le signe qui suit les perturbations indique le sens du champ pour le type A, celui du champ pendant la première alternance pour le type Q. Sous la dénomination Q± on a réuni les perturbations dans lesquelles les élongations des deux alternances étaient égales. Le signe + correspond à un champ dirigé vers le haut.

MESNY.

ÉMISSION

La station radiophonique américaine WGY; W. R. G. BAKER. General Electric Review, XXIV, 4 avril 1923. — L'auteur indique d'abord à quelles conditions doit satisfaire une station de « Broadcasting » :

Possibilité de donner un concert à tout instant si on le désire;

Continuité parfaite du service évitant toute interruption;

Qualité de modulation optimale;

Longueur d'onde constante.

Il donne ensuite une description détaillée et abondamment illustrée de la station édiflée à Schenectady (N. Y.), par la General Electric Co.

L'installation est divisée en deux parties. Dans un des bâtiments se trouvent les deux studios et la chambre de contrôle, et, dans un autre bâtiment, à 1 km environ, le poste émetteur proprement dit, avec son antenne à proximité.

L'organe essentiel du studio est le microphone, dont il existe un grand nombre de types, chacun approprié à une destination déterminée. Le système à grenaille de charbon est peu employé. Au contraire, le condensateur microphonique donne de bons résultats; il est monté en parallèle avec une résistance pour faire varier le potentiel de grille des lampes amplificatrices. Pour recueillir les sons du piano, on communique les vibrations de l'instrument à un équipement mobile placé dans un champ magnétique intense; les courants induits dans cet équipement sont dirigés vers un amplificateur spécial. Enfin on emploie fréquemment le « Pallophotophone » dans lequel les vibrations sonores agissent sur un petit miroir très léger qui dévie un rayon lumineux tombant sur une cellule photo électrique. L'appareil peut aussi servir de phonographe : au lieu de faire tomber le rayon lumineux sur la cellule, on l'enregistre sur un film; il suffit ensuite de dérouler ce film dans un reproducteur analogue

pour obtenir des courants qu'on dirige vers le modulateur, après amplification convenable. Ce procédé ne donnerait, paraît-il, aucune distorsion.

Plusieurs de ces microphones sont disposés avec grand soin dans le studio; on les utilise ensemble ou successivement, surtout lorsqu'on transmet des pièces jouées par plusieurs personnages. Un appareil spécial permet d'introduire au moment voulu les bruits caractéristiques : claquement d'une porte, grattement d'une allumette, etc., qui donneront à l'auditeur l'illusion la plus parfaite possible.

Un metteur en scène très expérimenté, assisté d'un aide, dirige l'exécution.

Il y a deux studios, l'un utilisé pour les émissions musicales, l'autre pour les récitations et conférences.

En outre, un équipement transportable est prévu pour les transmissions en dehors du studio : en particulier, les offices religieux sont envoyés régulièrement chaque dimanche. Un autre dispositif permet de retransmettre instantanément les signaux horaires officiels.

À côté du studio se trouve la chambre de contrôle, groupant tous les amplificateurs nécessaires, avec leurs batteries d'accumulateurs et le tableau de distribution. Le couplage de ces amplificateurs est fait par résistances-piles, ou par transformateur symétrique (*push-pull*). On utilise normalement trois étages, de puissances croissantes alimentés sous 300 et 600 volts.

Un quatrième étage alimenté sous 2000 volts, fait partie du poste émetteur proprement dit, placé à quelque distance. Celui-ci comprend cinq tubes (*pliotrons*) modulateurs, agissant par variation de tension-plaque sur le tube oscillateur (*radiotron*) de grande puissance.

L'alimentation est faite par redressement de courant triphasé à l'aide d'un dispositif spécial : la tension est de 12000 volts.

Le courant haute-fréquence est fourni à un circuit fermé, couplé très lâche avec l'antenne, pour assurer la constance de la fréquence.

Enfin, l'antenne, accordée en deux de ses points, est soutenue par deux pylônes atteignant 90 mètres, distants de 120 mètres. En dessous se trouve un contrepoids très étendu.

Cette station, dont la modulation est excellente, a été nettement entendue en Europe (4000 km) et aux îles Hawaï (7000 km).

Une méthode de transmission de l'alphabet applicable en télégraphie sans fil et en télégraphie par câbles (terrestres ou sous-marins); O. SQUIER Georges. *Journal Franklin Institute*, n° 5 (1923), pp. 633-640. — L'alphabet Morse réalisant des coupures entre les points et traits perturbe la transmission en créant des périodes relativement variables. De plus, il est relativement lent puisque les traits durent trois fois plus longtemps que les points.

Dans le but de diminuer les brouillages en évitant les parasites dus à la brusque variation des courants pendant la manipulation, et en augmentant la vitesse de transmission, ce qui diminuerait, à trafic égal, le nombre de postes travaillant à la fois, l'auteur propose une nouvelle transmission du morse dans laquelle les traits, points et intervalles se différencient par l'amplitude de l'onde de haute fréquence et non par la longueur des signaux.

Une onde porteuse est modulée à très basse fréquence (10 à 60 par seconde).

Suivant l'amplitude une demi-onde de basse fréquence représente un point, un trait ou un intervalle. Le changement d'amplitude se faisant au passage de l'intensité par zéro, c'est-à-dire pendant une interférence, il n'y a pas de discontinuités comme dans la manipulation morse, discontinuités qui provoquent l'émission d'harmoniques violents et nombreux, gênant les postes de réception désaccordés. L'auteur n'indique d'ailleurs pas comment il obtiendrait une émission de ce genre ni comment il la déchiffrerait (la réception n'étant d'ailleurs pas, *a priori*, difficile par détection et enregistrement du courant détecté). — R. DU BOIS.

MESURES

Note sur la mesure des signaux radiotélégraphiques : C. R. ENGLUND. *Proceedings of the Institute of Radio Engineers*, t. II, pp. 26-33, février 1923. — Après avoir passé en revue les différents procédés applicables pour la solution du problème posé, l'auteur décrit celui qu'il a employé pour la mesure des signaux de Nauen. Les signaux étaient reçus sur un cadre de 2 mètres. Les ondes traversaient un filtre (ligne artificielle) ne laissant passer que les fréquences de l'ordre de celles à étudier et arrivaient à un amplificateur comportant trois lampes haute fréquence, une détectrice et deux basses fréquences amplifiant les battements dus à une hétérodyne locale.

Les signaux ainsi amplifiés étaient shuntés dans un téléphone et agissaient sur un tube de Braun dont le faisceau traçait, sous l'action d'un champ alternatif local, un trait lumineux sur un écran. Les signaux déplaçaient au pinceau lumineux un déplacement perpendiculaire à ce trait.

Dans le cadre était intercalé une résistance d'un ohm parcourue par un courant de même fréquence que les signaux à mesurer. Ce courant provenait d'un générateur local et traversait une boîte d'atténuation spécialement construite. Un couple permettait de mesurer l'intensité de ce courant à l'entrée de la boîte d'atténuation qui permettait de faire varier l'intensité du courant dans la résistance d'un ohm, de façon à ce que la chute de tension aux bornes de cette résistance put être amenée à l'égalité avec celle induite par les signaux reçus.

Cette égalité pouvait être évaluée soit au téléphone (précision de 24 %) ou au tube de Braun (précision 12 %).

L'auteur indique les diverses précautions prises pour éviter l'action du générateur local sur le cadre.

Il termine en donnant les résultats de mesures faites sur Nauen pendant les mois de février, mars et avril 1922.

La force électrique a varié de 22 à 60 microvolts par mètre. — JOUAST.

Mesures de rayonnement; R. BROWN, C. R. ENGLUND et H. T. FRIS. *Pr. I. R. E. V.* 11, 2 avril 1923, pp. 115-153.

Cet article contient la description des méthodes et des appareils employés par les ingénieurs de la Western Electric Co pour les mesures de rayonnement effectuées sur les transmissions téléphoniques New-York-Londres ($\lambda = 5300$ mètres) et sur des transmissions téléphoniques entre les États-Unis et un navire ($\lambda = 360$ mètres environ). Il expose, en outre, le système employé pour la mesure des bruits perturbateurs qui gênent les réceptions téléphoniques.

La méthode consiste en principe à recevoir sur cadre les signaux à mesurer; ils sont convenablement amplifiés et un appareil de mesure est placé dans le circuit plaque de la dernière triode. Cet appareil s'arrête pendant la réception du signal à une certaine graduation. Cette graduation ayant été notée, on oriente le cadre à l'extinction et, avec un émetteur local, on l'excite à nouveau en faisant varier cette excitation jusqu'à ce que l'appareil indicateur revienne à la même graduation. Du courant produit par l'émetteur local et mesuré avec un thermoélément, on déduit la force électromotrice induite par lui dans le cadre. L'égalisation de cette force électromotrice avec celle produite par le signal donne une relation d'où on tire la force électromotrice en $\frac{mV}{m}$.

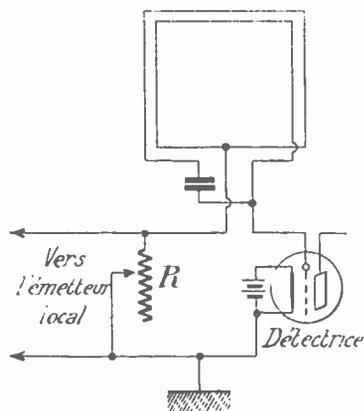
Pour l'onde de 5300 m le couplage était le même que celui utilisé par Englund pour les mesures sur l'onde de 12500 m (voir ci-dessus). Une résistance d'un ohm est en série dans le cadre et c'est dans cette résistance que l'on fait passer une fraction connue i du courant étalonné de l'émetteur local; la force électromotrice introduite dans le cadre est alors égale à i volts.

Pour faciliter la sélection, on a employé la méthode suivante : Le cadre

est couplé très lâche, par capacité, avec un circuit secondaire qui agit sur le détecteur. Sur ce dernier agit en même temps un oscillateur fournissant une oscillation à la fréquence de 91 kilo-périodes. Cette oscillation bat avec celle de l'onde reçue dont la fréquence est de 57 kilo-périodes. Le battement de 34 kilo-périodes passe alors dans un filtre qui ne laisse passer que les fréquences comprises entre 33,5 et 35,5 kilo-périodes; ce sont ces battements qui sont amplifiés et, finalement, hétérodynisés et détectés à nouveau.

Les auteurs insistent sur les précautions à prendre pour que la seule excitation qui parvienne au cadre soit celle prévue par le couplage à résistance. Des cages soignées bien mises à la terre sont nécessaires.

Pour les ondes courtes (300 à 1 000 m) Friis a imaginé un autre couplage. Le milieu du cadre est à la terre et c'est sur cette prise de terre que se trouve placée la résistance de couplage, les connexions sont celles représentées sur la fi-



gure. On emploie encore la méthode des battements auxiliaires: supposons, par exemple, que l'on veuille travailler sur une onde de 750 kilo-périodes, l'oscillateur auxiliaire alimente la première lampe détectrice à la fréquence de 705 kilo-périodes donnant lieu à des battements de 45 kilo-périodes. L'émetteur local avec lequel se fera la comparaison n'est pas réglé sur 750 kilo-pé-

riodes, mais sur $705 + 45$, de telle sorte qu'il donne encore des battements de 45 kilo-périodes, mais comme il n'est pas à l'accord du cadre, le trouble qu'il peut apporter en produisant une excitation parasite par des voies anormales n'est presque plus à craindre.

Ici on n'égalise plus la force électromotrice induite dans le cadre par l'émission et l'émetteur local, mais les différences de potentiel produites entre filament et grille de la détectrice. Pour l'émission, cette d. d. p. est la moitié de d. d. p. aux bornes du condensateur d'accord: pour l'émetteur local, elle est égale à $\alpha R I$, R étant la résistance de couplage, I l'intensité du courant qui y circule et α un coefficient à déterminer par expérience lors de l'étalonnage du système. Cette méthode permet de faire passer dans la résistance R le courant total de l'émetteur local qu'il fallait réduire considérablement dans le premier cas. Dans ce cas, la force électromotrice obtenue par la résistance devait, en effet, égaler la force électromotrice produite par l'émission; tandis que maintenant elle doit égaler une d. d. p. relativement considérable, résultat de la résonance.

Ces appareils ont été construits pour des postes fixes mais aussi pour être montés sur des voitures, ce qui a permis de faire de nombreuses mesures en des lieux différents.

Les résultats des mesures de jour s'accordent très bien avec ceux que fournit la formule d'Austin tant sur 5.300 (distance 5 000 km) que sur 300 m (distances 50 à 2 000 km). Les observations de nuit donnent des valeurs beaucoup plus considérables, jusqu'à quinze fois plus fortes pour l'onde de 5 300 m: l'effet du lever et du coucher du soleil sont particulièrement marqués.

Les mesures se font de façon identique sur les émissions télégraphiques ou téléphoniques. Si la modulation est bien faite, elle ne trouble nullement la régularité du fonctionnement. Ce que l'on mesure est naturellement le champ électrique de l'onde porteuse.

L'étude des bruits parasites se fait avec les mêmes appareils. Le but de la compagnie est principalement la

recherche des conditions à réaliser pour obtenir de bonnes communications téléphoniques; comme la voix est un élément trop variable, on l'a remplacée par une modulation dont la fréquence varie de 600 à 1.400 périodes dix fois par seconde. Ce résultat est obtenu en faisant varier de ces quantités la fréquence de l'émetteur local, au moyen d'un petit condensateur variable qui tourne à la vitesse convenable. On écoute les signaux ainsi produits et on diminue leur intensité jusqu'au moment où ils disparaissent sous les bruits parasites; le champ équivalent à cette intensité est pris pour valeur du champ des bruits parasites. Des quelques observations faites jusqu'ici, il semble ressortir que le champ d'une émission téléphonique doit être trente fois plus fort que celui des bruits parasites pour que la réception téléphonique soit bonne, mais ce ne sont pas encore des résultats certains.

L'article contient des schémas complets des montages et des photographies des appareils. — MESSY.

Les caractéristiques du fer magnétiquement actif. — TURVER (A.). (*Phys. Rev.*, 21, 1923, p. 74-83). — La méthode suggérée par Pupin revient à mesurer en haute fréquence l'inductance effective et la résistance de bobines à noyau d'acier feuilleté. On utilise un pont alternatif excité par une source à haute fréquence F . Les noyaux de fer sont aimantés en basse fréquence f . Un interrupteur synchronisé sur f lance la haute fréquence à une phase réglable de f . La durée du contact est $\frac{1}{1800}$ de seconde; $f = 60$;

F varie de 5 000 à 50 000. On reçoit au téléphone après amplification et redressement. La perte par hystérésis est obtenue en retranchant de la résistance totale la résistance continue du cuivre et les pertes par courant de Foucault (calculées). La perméabilité est proportionnelle à l'inductance effective. Les champs varient de 0,28 à 5,5 gauss. Les courbes donnant la perméabilité et les pertes par hysté-

résis en fonction de la phase présentent naturellement des maxima et des minima: quand F croît, le maximum de perméabilité décroît et le maximum de la perte par hystérésis croît. Quand f augmente, ces maxima croissent tous deux. — COURTINIS.

Effets obtenus lorsqu'un courant alternatif traverse un électromètre capillaire: KLEEMAN (R. D.) et SIMONDS (D. T.). (*Phys. Rev.*, 21, 1923, p. 38-45). — L'électromètre utilisé comprend un capillaire dont la section intérieure présente un minimum en son milieu. Ce capillaire est relié à un réservoir à mercure et à un réservoir contenant une solution saturée de sulfate mercurieux. Une cuvette mobile permet de faire varier la hauteur du mercure et de ramener constamment le ménisque au milieu du capillaire. — On observe qu'un courant alternatif meut la colonne mercurielle dans le même sens qu'un courant continu provenant de la solution. On ne peut attribuer ce phénomène à l'action détectrice de l'électromètre, car elle est en sens opposé: d'ailleurs, quand on l'élimine au moyen d'un condensateur, on fait croître la déviation. Les pressions croissent plus ou moins linéairement avec la tension jusqu'à 10,5 cm pour 1,15 volts puis restent constantes jusqu'à 1,1 volts. Les fréquences 200 et 60 donnent le même résultat.

L'auteur explique ce phénomène en admettant qu'entre le mercure et la solution existe un conducteur de transition dans lequel les ions positifs et négatifs sont plus ou moins séparés. Un courant électrique modifie cette séparation. — COURTINIS.

La sensibilité de l'oreille aux petites différences d'intensité et de fréquence; KNUDSEN (V. O.). (*Phys. Rev.*, 21, 1923, p. 84-102). — La source sonore est un téléphone excité par un poste à lampes sous une intensité E et une fréquence N réglables. Une clef tournante produit des variations périodiques ΔE ou ΔN par changement du shunt de téléphone ou de

la capacité du circuit oscillant. On cherche les valeurs de $\frac{\Delta E}{E}$ ou $\frac{\Delta N}{N}$ qui correspondent au seuil d'audition. Les mesures s'accordent à 10 pour 100 près. La formule $\frac{\Delta E}{E} = F + (1 - F) \left(\frac{E_n}{E}\right)^n$, dans laquelle E_n est le seuil d'intensité, donnée par Nutting pour la vision, se retrouve, approximative, dans l'audition. Ici F est environ 0,10 ; n varie quelque peu (de 1,65 pour 200 \sim à 1,05 pour 1 000 \sim), mais pour $\frac{E}{E_n} =$ constante, par exemple, 10 000, $\frac{\Delta E}{E}$ reste à peu près indépendant de la fréquence (¹) ; (il varie de 10 pour 100 entre 100 et 3 200 \sim) — $\frac{\Delta N}{N}$ dépend de l'intensité relative à peu près de la même manière que $\frac{\Delta E}{E}$; il décroît de 0,01 pour 50 \sim à 0,003 pour 600 \sim et reste ensuite constant jusqu'à 3 200 \sim . La limite de perception de la variation de hauteur est à peu près la même pour l'oreille entraînée ou non : l'entraînement aide l'oreille à distinguer quelle est la note la plus haute. Les deux oreilles sont plus sensibles qu'une seule à ΔN , mais non à ΔE . — COURTINES.

Étalonnage d'un ondemètre au moyen de fils de Lecher ; G. PESTON. *L'Elettrotecnica*, 15 février 1922, n° 5, vol. X. — L'auteur décrit en détail un procédé susceptible d'être employé pour étalonner un ondemètre, quand on ne dispose d'aucun matériel spécial, comme cela peut arriver dans certaines stations isolées. Il établit à 60 cm au-dessus du sol, sur une série de piquets placés en ligne droite, deux fils d'un diamètre de 3 mm distants de 8 cm. À l'une de leurs extrémités et à leurs points de contact avec les piquets, ces fils étaient isolés par des porcelaines. À l'autre extrémité, ils aboutissaient à un éclateur sur lequel on fai-

sait agir une petite bobine d'induction ; un ampèremètre permettait de reconnaître que l'ensemble fonctionnait.

La longueur de l'onde ainsi produite était sensiblement égale à quatre fois la longueur de l'un des fils. Il opéra successivement sur les ondes de 800, 1 200 et 2 000 mètres.

Après avoir décrit le mode opératoire, l'auteur fait remarquer que la relation précédente entre la longueur de l'onde et celle du fil n'est pas rigoureuse et, prenant les formules de propagation le long des lignes, il calcule les corrections à apporter à cette relation. Pour les ondes sur lesquelles il opéra, ces corrections varient entre 0,4 et 0,7 pour 100.

Toutes corrections faites, il trouva pour la grande onde 2 011 mètres, et un étalonnage rigoureux de l'ondemètre sur la même onde lui donne 2 020. La comparaison de ces deux nombres fournit un élément d'appréciation de la précision de la méthode.

Enfin, le temps nécessaire à l'application du procédé, y compris la mise en place de la ligne et son enlèvement n'a guère dépassé une demi-journée. — MESNY.

LAMPES

Courbes permettant le calcul de l'émission thermoionique pour le tungstène, le tungstène thorié, le molybdène et le tuntali ; Paul DUSHMAN et Jossie W. EWALD. *General Electric Review*, Volume XXVI, mars 1923, pp. 154-160. — Dushman se basant sur des considérations thermodynamiques a montré récemment qu'à la formule classique de Richardson, il convenait de substituer la formule :

$$I = AT^2 e^{-\frac{b_0}{T}}$$

A étant constant pour tous les corps.

Dans ces conditions, en employant les logarithmes vulgaires, on a :

$$\log I = 1,7792 + 2 \log T - \frac{b_0}{2,303 T} \quad (1).$$

¹) Car F dépend aussi de la fréquence.

Tableau II.

T Deg K	W		T_h		M_s		T_a	
	log I	I	log I	I	log I	I	log I	I
800			11,08	$1,20 \times 10^{11}$				
900			9,23	$1,70 \times 10^{11}$				
1000			8,96	$9,12 \times 10^8$				
1100			6,40	$2,51 \times 10^7$				
1270			5,60	$3,98 \times 10^5$				
1300			4,60	$3,98 \times 10^4$				
1400	2,76	$5,75 \times 10^3$	3,49	$3,09 \times 10^3$	8,56	$3,63 \times 10^5$	2,05	$4,47 \times 10^7$
1500	2,90	$7,91 \times 10^3$	2,95	$1,82 \times 10^2$	7,96	$4,57 \times 10^5$	0,67	$4,68 \times 10^7$
1600	2,91	$8,13 \times 10^3$	2,93	$8,51 \times 10^2$	6,62	$4,17 \times 10^5$	2,57	$3,72 \times 10^5$
1700	2,80	$6,31 \times 10^3$	1,53	$3,79 \times 10^3$	7,47	$2,95 \times 10^5$	4,86	$2,29 \times 10^3$
1800	2,60	$3,98 \times 10^3$	0,66	1,15	4,23	$1,70 \times 10^4$	3,08	$1,20 \times 10^3$
1900	1,33	$2,14 \times 10^4$	0,55	3,55	4,92	$8,32 \times 10^4$	3,71	$5,13 \times 10^3$
2000	1,96	$9,12 \times 10^3$	0,98	9,55	3,52	$3,31 \times 10^3$	2,29	$1,95 \times 10^3$
2100	3,55	$3,55 \times 10^3$	1,37	23,44	2,08	$1,29 \times 10^2$	2,88	$6,43 \times 10^2$
2200	2,97	$1,17 \times 10^3$	1,73	53,70	2,59	$3,89 \times 10^2$	1,285	$1,93 \times 10^2$
2300	2,57	$3,71 \times 10^2$	2,07	117,5	1,06	$1,15 \times 10^3$	1,723	$5,28 \times 10^2$
2400	1,023	$1,65 \times 10^3$			1,40	$3,99 \times 10^3$	0,126	1,34
2500	1,338	$2,74 \times 10^3$			1,80	$7,76 \times 10^3$	0,497	3,14
2600	1,825	$6,68 \times 10^3$						
2700	0,17	1,52						
2800	1,518	3,30						

Tableau III.

T (Degrés K)	E Watts/cm ²	I/E (amp-watt)	
		W	T_h
1000	0,570		$1,59 \times 10^7$
1100	1,008		$2,51 \times 10^6$
1200	1,663		$2,40 \times 10^5$
1300	2,600		$1,51 \times 10^4$
1400	3,809	$1,28 \times 10^3$	$7,94 \times 10^3$
1500	5,632	$1,41 \times 10^2$	$3,24 \times 10^3$
1600	7,889	$1,92 \times 10^1$	$1,07 \times 10^2$
1700	10,77	$5,89 \times 10^0$	$3,16 \times 10^1$
1800	14,39	$2,75 \times 10^0$	$7,94 \times 10^0$
1900	18,82	$1,15 \times 10^0$	$1,91 \times 10^0$
2000	24,19	$3,80 \times 10^0$	$3,98 \times 10^0$
2100	30,66	$1,15 \times 10^0$	$7,58 \times 10^0$
2200	38,30	$3,99 \times 10^0$	1,41
2300	47,30	$7,94 \times 10^0$	2,51
2400	57,77	$1,82 \times 10^0$	
2500	69,82	$3,89 \times 10^0$	
2600	83,77	$7,94 \times 10^0$	
2700	99,74	$1,51 \times 10^1$	
2800	117,7	$2,82 \times 10^1$	

l'étant exprimé en ampères par centimètre carré, T étant la température absolue du filament et b_0 une constante qui dépend de la nature de ce filament. Pour les principaux corps, les valeurs de cette constante sont les suivantes :

Corps	b_0
Tungstène	52 000
Molybdène	50 000
Tantale	46 500
Thorium	34 100
Calcium	26 000

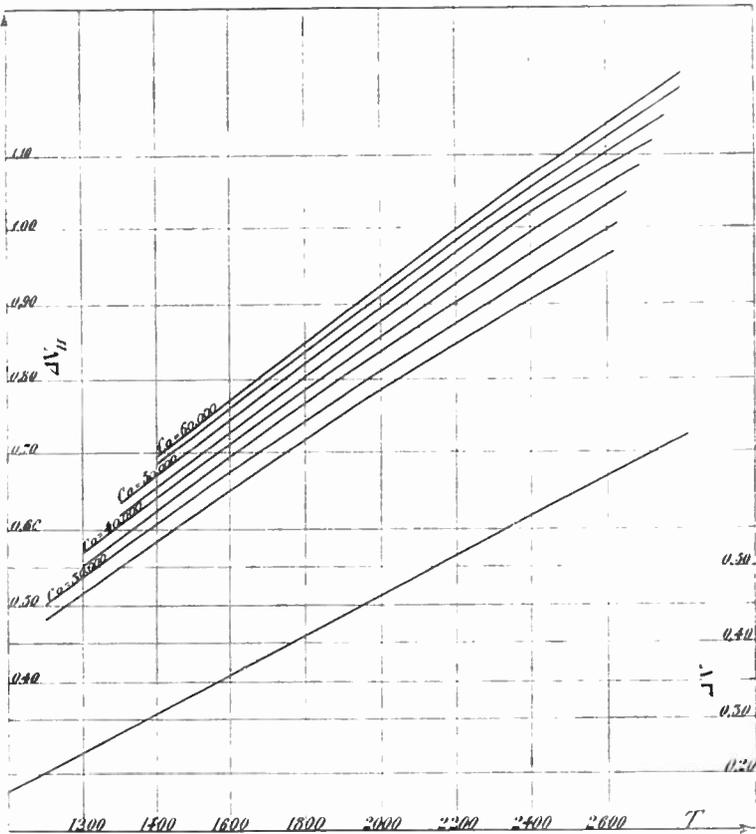
Les auteurs donnent des abaques pour l'application de la formule (1) et

calcul des lampes est la connaissance de la puissance rayonnée par unité de surface du filament pour une température donnée.

Cette puissance E exprimée en watts par centimètre carré se déduit de la formule :

$$\log E = 3,680 (\log T - 3,30) - \frac{1,040}{T} + 1,900.$$

Des graphiques publiés dans le mémoire original facilitent l'emploi de cette formule d'où sont déduits les résultats mentionnés au tableau III où figure également pour diverses températures le rapport entre l'émission



le tableau ci-contre déduit de cette formule donne à diverses températures les émissions électroniques par centimètre carré pour différents corps. Un autre point important dans le

électronique par unité de surface et la puissance rayonnée par unité de surface.

Mais dans une lampe, les diverses parties du filament ne sont pas toutes

à la même température et certaines parties ne contribuent nullement à l'émission thermoionique.

D'après Langmuir, soit i l'émission réelle d'un filament, la quantité d'électrons qui serait émise si tout le filament contribuait à l'émission serait :

$$I = \frac{if}{S}$$

S étant la surface totale du filament

$$\text{et } f = \frac{V + \Delta V}{V + \Delta V - \Delta V_n}$$

V étant la chute de tension dans le filament

$$\Delta V = 0,00026 (T - 400)$$

et ΔV_n étant fonction de h_0 et de T.

La figure donne les valeurs de ΔV et de ΔV_n pour le tungstène.

$V + \Delta V$ serait la chute de tension le long du filament si sa température était uniforme.

Lorsqu'on connaît cette expression, on peut en déduire la puissance consommée et, si son filament est suffisamment long, la température.

L'établissement théorique de la formule (1) suppose que le champ électrique est nul à la cathode. Or, il n'en est pas ainsi. Schottky a montré que si le potentiel de l'anode est V,

on observe une émission i_0 reliée à l'émission i_0 , déduite de l'équation par la formule :

$$(2) \quad i_c = i_0 e^{\frac{4,39 \sqrt{kV}}{T}}$$

Dans le cas de la lampe cylindrique

$$k = \frac{1}{2,303 r \lg \frac{R}{r}}$$

r rayon du filament, R rayon de l'anode.

En combinant cette équation (2) avec l'équation (1) on obtient

$$I_c = 60,2 T^2 e^{-\frac{h_0 - 4,39 \sqrt{kV}}{T}}$$

Pour des tensions V de l'ordre de 100 volts, on obtient pour le terme correctif $4,39 \sqrt{kV}$ les valeurs suivantes :

Diamètre du filament cm	Diamètre de l'anode cm	$4,39 \sqrt{100}$
0,001	1	747
0,005	0,5	494
0,005	1	381
0,01	1	289
0,1	1	129

JOUAULT.

CORRESPONDANCE & AVIS

École de Radiotélégraphie annexe à la Faculté des Sciences de Bordeaux

La Faculté des Sciences de Bordeaux a organisé, depuis trois ans déjà, un enseignement radiotélégraphique à deux degrés :

Dans un *Cours élémentaire*, les élèves reçoivent la préparation à un brevet de Radiotélégraphie, délivré par la Faculté, et un brevet d'Opérateur de bord, délivré par l'Administration des P. T. T. Durée du cours : huit mois environ.

Le *Cours secondaire* a été organisé en vue de la préparation aux emplois

de sous-ingénieur, de chef de poste, d'assistant technique. Les élèves qui satisfont aux examens de sortie reçoivent un *Diplôme d'études techniques de Radiotélégraphie*, qui leur donne droit, en particulier, à être admis sans examen à l'École supérieure d'Électricité (section de Radiotélégraphie). Durée du cours : huit mois environ.

L'admission à ces deux cours est prononcée après un examen exclusivement oral, qui a lieu à la Faculté des Sciences, en juillet et en octobre.

Pour tous renseignements, s'adresser au Directeur de l'École, Faculté des Sciences, 20, cours Pasteur, Bordeaux.