

# L'ONDE ÉLECTRIQUE

PUBLICATION  
DE LA  
SOCIÉTÉ DES AMIS

DE LA  
**T.S.F.**



## SOMMAIRE

- R. MESNY .. . . . Variation en direction et en intensité du  
champ électromagnétique d'une émission.
- F. WOLFERS .. . . . Détermination des électrodes dans les appa-  
reils à émission thermo-électronique.
- Société des Amis de la T. S. F. . . . . Compte rendu de la réunion du 30 juin 1922.

### ANALYSE DES REVUES ET DES LIVRES

### COURRIER DES AMATEURS

- L. DELOY .. . . . Super-Réaction.
- P. HÉMARDINQUER .. . . . Les haut-parleurs en radiotéléphonie.  
Installations et recherches.

Correspondance et Informations. — Avis divers.

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

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

## 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 PLAZ, président du Conseil d'administration de la Compagnie Générale Transatlantique.

MM.  
S. DERVILLE, président du Syndicat des Chemins de fer de Ceinture de Paris.  
Charles FERRAND, président de la Chambre syndicale des Constructeurs de Navires.  
Hubert GIRAUD, administrateur-délégué de la Société Générale de Transports Maritimes à Vapeur.  
Société des Ingénieurs Coloniaux.  
J. LE CESNE, président de l'Union Coloniale française.  
Raynald LEGOUÉZ, président de l'Union des Syndicats de l'Électricité.  
A. MESSIMY, ancien ministre.  
Denis PÉROUSE, président du Syndicat des Armateurs de France.  
J.-B. POMEY, ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

VIENT DE PARAÎTRE

## LA RÉCEPTION PAR TÉLÉPHONIE SANS FIL

DÉS  
Prévisions Météorologiques  
et des RADIO-CONCERTS

INSTRUCTION PRATIQUE  
RÉDIGÉE PAR

L'OFFICE NATIONAL MÉTÉOROLOGIQUE

SUR

La Construction et le Montage des Appareils à galène

Cette Brochure claire et pratique est par excellence le livre du débutant. — Prix : 2 francs.  
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. ::

## Variation, en direction et en intensité, du champ électromagnétique d'une émission

---

*Conférence faite à la Société des Amis de la T. S. F. le 30 juin 1922.*

---

La précision extraordinaire à laquelle donnent lieu les phénomènes du rayonnement optique, la précision encore très grande que l'on rencontre dans un grand nombre de phénomènes électriques font penser à beaucoup de personnes qu'on se trouve en présence de manifestations du même genre quand on étudie le rayonnement électromagnétique.

L'observation dissipe bientôt cette illusion et tous les radiotélégraphistes savent aujourd'hui combien la propagation des ondes est irrégulière. La recherche des causes du désordre qu'ils constatent est pour eux un problème du plus grand intérêt, d'abord parce que la connaissance de lois exactes leur est nécessaire, ensuite parce que le mystère qui enveloppe les phénomènes est bien de nature à exciter les esprits les moins curieux.

Les études commencées à ce sujet sont encore peu poussées, mais les résultats obtenus sont néanmoins très importants et c'est d'eux que je vais vous entretenir ce soir.

Je parlerai surtout des observations faites en France sous la direction du général Ferrié. Elles ont été mises en train en 1920, par MM. Perot et Jouaust, et c'est grâce à la bienveillante obligeance de M. Deslandres, directeur de l'Observatoire d'astronomie physique à Meudon, que l'on a pu trouver au voisinage immédiat de Paris un terrain propice à l'installation des appareils nécessaires.

\*  
\*\*

Vous savez que les perturbations causées par l'émission d'une antenne se propagent dans l'espace sous forme d'ondes sphériques que le sol coupe suivant un grand cercle. Si l'on se place à quelque distance de l'émetteur, dans l'espace restreint occupé par les appareils de mesure, on peut admettre que l'onde est une onde plane, verticale et normale à la direction de l'émetteur. Vous savez encore que les vecteurs magnétique et électrique, qui caractérisent la propagation, sont tous deux dans le plan de l'onde et perpendiculaires entre eux ; près du sol le champ magnétique est horizontal et le champ électrique vertical.

Du moins il en serait rigoureusement ainsi, si le sol était parfaitement conducteur et plan, et si l'atmosphère était parfaitement homogène. Quoique ces dernières conditions ne soient jamais remplies, les vecteurs électromagnétiques occupent très fréquemment des positions très voisines de celles que j'ai indiquées et je me préoccuperai d'abord d'examiner les divergences que l'on constate dans leur orientation.

L'appareil que l'on utilise dans ce but porte le nom quelque peu barbare de radiogoniomètre. C'est un cadre qui peut tourner autour d'un axe vertical et qui est le siège d'une force électromotrice tant que le flux magnétique qui le traverse n'est pas nul. Au moment où les appareils récepteurs connectés au cadre ne reçoivent plus aucun signal, on peut affirmer que le champ magnétique est dans le plan du cadre et il est facile de connaître par là l'orientation du champ.

Les constatations que permet de faire cet appareil diffèrent suivant que l'on étudie des ondes courtes ou des ondes longues, suivant que l'on observe le jour ou la nuit.

\*  
\*\*

De jour, quelle que soit l'onde, on vérifie à 2 ou 3 degrés près, le plus souvent à 1 degré près, que le champ magnétique est bien perpendiculaire à la direction de l'émetteur. Il faut néanmoins faire des réserves, car les régions traversées par les ondes ont naturellement une influence sur leur propagation. Si le terrain est accidenté, les ondes sont déviées, elles suivent par exemple assez facilement les vallées, elles incurvent leurs trajectoires d'angles allant jusqu'à 6 ou 8 degrés quand elles cheminent assez longtemps sur le bord de la mer; mais ce sont là des écarts facilement explicables sinon calculables, on les retrouve chaque jour sensiblement les mêmes, si l'état des terrains ne s'est pas modifié.

\*  
\*\*

La nuit, toute régularité disparaît et les phénomènes que l'on constate sont de nature à dérouter complètement l'observateur : Dans certains cas, des déviations importantes se produisent en quelques minutes pour s'annuler ou changer de signe aussi rapidement; les extinctions très nettes que l'on obtient de jour disparaissent souvent complètement et il arrive même, parfois, qu'une rotation de 360 degrés du cadre ne donne lieu à aucune variation du son.

Dès le début de la guerre, on a utilisé les radiogoniomètres pour le repérage des stations ennemies. A cette époque, on connaissait bien

mal ces nouveaux appareils et on les accusait invariablement de toutes les anomalies que l'on observait; quoiqu'ils en fussent parfaitement innocents, on trouvait toujours quelque borne desserrée, quelques gouttes d'eau qui avaient filtré le long d'une entrée de fil et c'était assez pour condamner.

En ce qui me concerne, ce fut en novembre 1916 que j'observai nettement le phénomène de déviation de nuit dans des conditions vraiment curieuses. J'installais des radiogoniomètres sur les navires de l'escadre alors mouillée à Corfou, et pour vérifier les lois quadrantales des déviations dues à la coque des bâtiments, j'observais un très grand nombre d'émissions. Parmi celles-ci, celle de la station O S M, située dans le voisinage de Constantinople, me semblait particulièrement avantageuse; cette station passait un communiqué qui commençait à 18 h 30, heure de l'Europe orientale, et finissait vers 19 heures; c'était au mois de novembre, la nuit était donc venue depuis une heure environ au début de l'émission. La première fois, je trouvai le premier azimut dans le voisinage de 95 degrés, puis, à mesure que l'heure avançait, l'azimut diminua et devint égal à 80 degrés environ à la fin du communiqué. Je cherchai d'abord l'explication du fait à bord du navire où je me trouvais, le *Paris*; pendant les observations, le navire avait évité d'une cinquantaine de degrés et l'on avait hissé les embarcations. Le lendemain et pendant les quinze jours qui suivirent, je continuai à mesurer les azimuts et, quoique les évitages fussent très différents, que les mouvements d'embarcations n'eussent souvent pas lieu, je retrouvais toujours, en tenant compte des déviations quadrantales — déterminées par les moyennes de nombreuses observations d'autres postes — des variations d'azimut présentant la même allure que celles du premier jour.

Par la suite, je continuai à m'occuper de radiogoniométrie, mais je n'eus plus l'occasion de faire de semblables constatations. Le service de mes radiogoniomètres se faisait sur les ondes courtes, dans des conditions où, comme je le dirai tout à l'heure, les phénomènes sont tout à fait différents. Je considérai donc les déviations de O S M comme un fait isolé et peu intéressant pour le moment.

Mais d'autres observateurs avaient également remarqué ces anomalies, le capitaine Brossier avait fait à Salonique des constatations très intéressantes et c'est pourquoi des observations systématiques furent organisées à Meudon. On y releva régulièrement de jour et de nuit quatre postes : Lyon, Hanovre, Rome et Nantes (YN, OUI, IDO, UA), dont les ondes avaient des longueurs comprises entre 9000 et 15200 mètres. Les premières observations furent particulière-

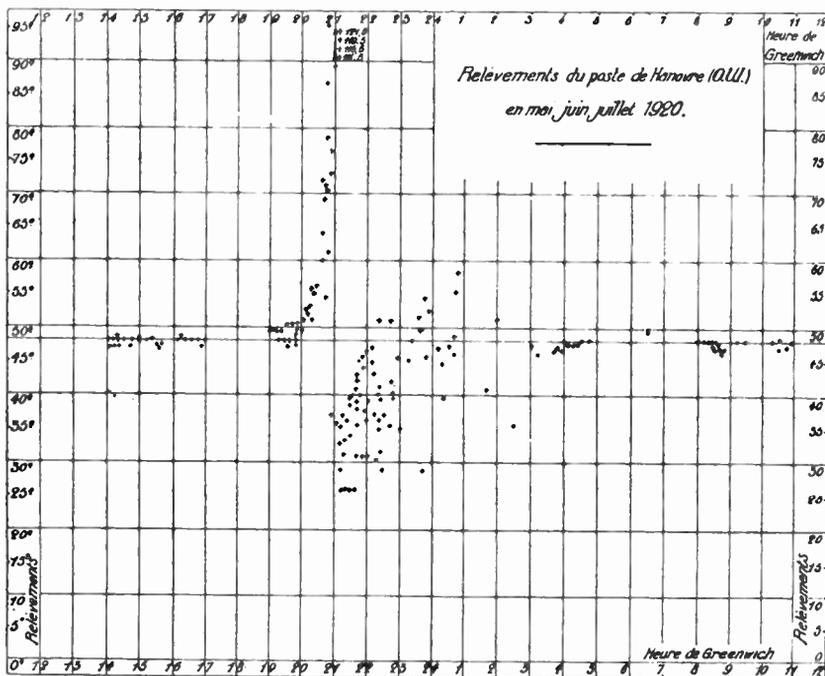


Fig. 1.

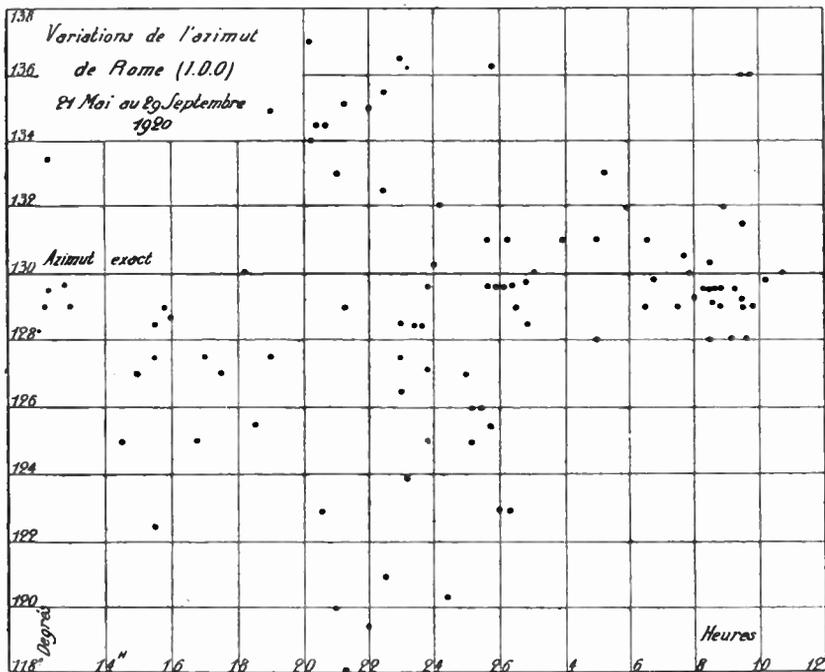


Fig. 2.

ment intéressantes et firent penser que l'on se trouvait en face d'un phénomène d'allure régulière. Le diagramme de la figure 1 montre comment se groupèrent les observations des deux premiers mois pour Hanovre (mai à juillet 1920). On y constate des déviations considérables allant jusqu'à 73 degrés. Toutes les grandes déviations — qui n'ont pas eu lieu le même jour — se produisent vers 21 heures, une heure environ après le coucher du soleil ; toutes les déviations sont positives avant cette heure, puis brusquement, après 21 heures elles deviennent négatives, et décroissent en moyenne pendant le reste de la nuit pour s'annuler au lever du jour. La courbe des moyennes ressemblerait à une hyperbole équilatère ayant son asymptote verticale à 21 heures.

A la même époque, Lyon donnait une série de points répartis d'une façon tout à fait analogue quoiqu'un peu moins régulière ; Nantes avait encore moins de régularité, mais paraissait présenter des déviations générales en sens inverse. Rome, il est vrai, présentait un gâchis absolu (fig. 2), même pendant le jour, on obtint des déviations de 6 à 8 degrés ; mais les résultats fournis par Hanovre et Lyon étaient si prometteurs que l'on espéra découvrir rapidement quelque loi intéressante. Cette croyance fut accrue par les observations des mois suivants : à mesure que le soleil redescendait vers l'équateur, les déviations diminuaient, et l'heure des déviations maxima suivait celle du coucher du soleil.

Ce n'était qu'illusion. Quand les observations vinrent à s'accumuler sur une longue période, on ne retrouva plus guère d'autre invariance, d'ailleurs très relative, que celle du moment où apparaissaient les fortes déviations (fig. 3).

Pour découvrir dans le fouillis des observations, un effet saisonnier, nous cherchâmes à dresser des courbes de moyennes ; c'est bien délicat quand les écarts sont aussi importants et aussi irrégulièrement répartis, on risque de dresser des courbes moyennes qui n'ont pas beaucoup de sens. Cependant, comme il y avait manifestement prédominance de déviations de certains signes, on s'arrêta à des moyennes horaires mensuelles. H étant une heure ronde, on prit la moyenne de toutes les déviations obtenues entre  $H - 30^m$  et  $H + 30^m$  pendant un mois et on traça les diagrammes de ces moyennes en fonctions des heures H : 1° en considérant toutes les déviations comme positives ; 2° en leur laissant leurs signes. La figure 4 permet d'apprécier ce mode de représentation. Les points isolés représentent les déviations obtenues, le diagramme supérieur est obtenu en faisant les moyennes arithmétiques, le diagramme

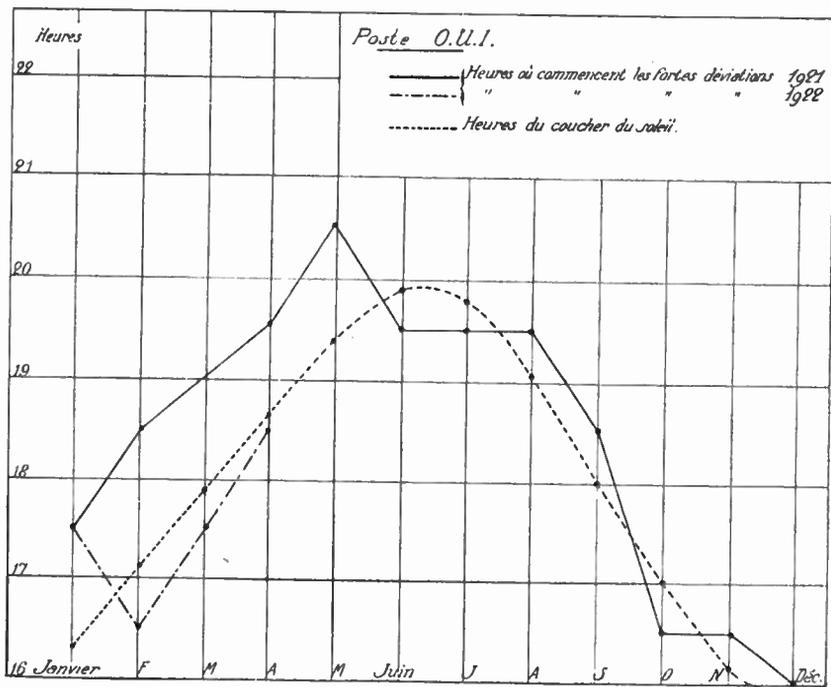


Fig. 3.

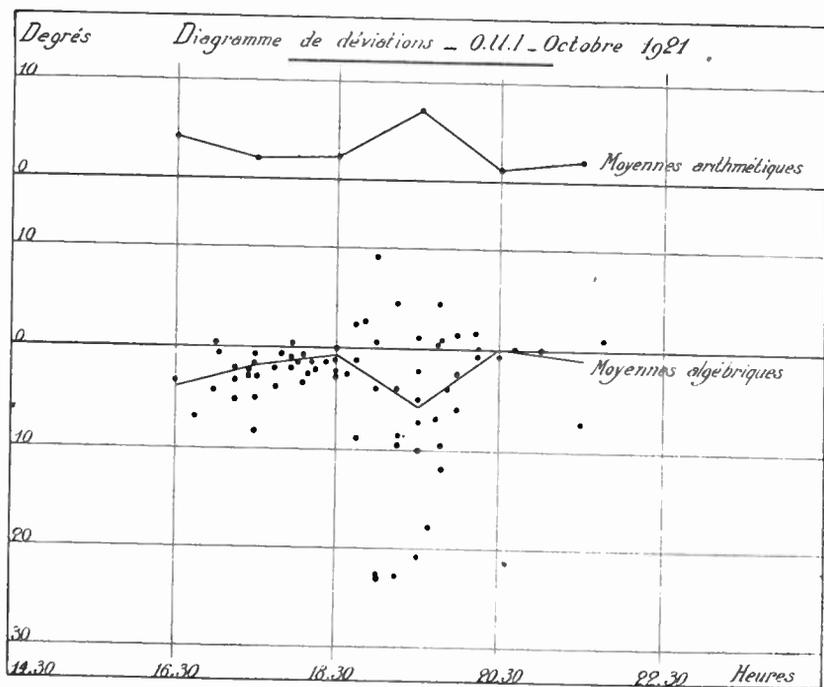


Fig. 4.

inférieur en faisant les moyennes algébriques. On voit que les formes de ces deux diagrammes diffèrent peu; ce fut le cas pour tous les mois, ce qui montre la prédominance d'un signe déterminé dans la déviation à une heure donnée.

Ce qui ressort de l'ensemble des observations de deux années, c'est l'irrégularité aussi bien dans le cours de l'année que dans le cours d'une nuit. Peut-être que des observations de nombreuses années feront ressortir quelque effet saisonnier, mais actuellement, si l'on trouve parfois des différences nettes (fig. 5) ou des analogies intéressantes (fig. 6) entre des mois voisins, on trouve aussi des mois successifs comme ceux des figures 7 et 8 où la déviation du soir, négative pour le premier mois, devient positive pour le second. Dans ces deux mois, les déviations du matin sont faibles par rapport aux déviations du soir. Pendant le mois dont les observations sont résumées sur la figure 9, les déviations du soir deviennent franchement négatives et les déviations matinales sont beaucoup plus importantes que celles du soir. Dans ces derniers graphiques, les points isolés sont ceux qui représentent des déviations supérieures ou égales à 20 degrés; il en est d'ailleurs tenu compte dans les moyennes.

Ce désordre n'est pas seulement mensuel, il est aussi horaire : La figure 10 montre que dans la journée du 15 mars 1922, l'azimut de la station Lafayette (LY) a varié presque linéairement de 17 h 45 à 20 heures, alors que la déviation change de + 67° de 5 h 05 à 5 h 30 et de - 34° de 5 h 30 à 5 h 45. Des variations encore plus curieuses sont représentées par la figure 11, elles ont été observées en 1917 à Salonique par le capitaine Brossier (\*).

On remarquera que toutes les stations dont nous avons parlé jusqu'ici se trouvent à des distances relativement faibles des postes d'observation (350 à 1 000 kilomètres), surtout si on compare ces distances aux portées normales des stations. On pourrait penser que les anomalies augmentent quand on observe à des distances beaucoup plus grandes, entre l'Europe et l'Amérique par exemple. C'est le contraire qui se produit. La station américaine W Q K, récemment établie près de New-York, est relevée à Meudon avec un écart moyen de 5°, mais les azimuts extrêmes obtenus à toutes heures de la journée ne s'écartent de la moyenne que de 2°,5(\*\*). La station Lafayette

(\*) Variations des relèvements radiogoniométriques, Cap. BROSSIER. Notice n° 5695 de l'Établissement central du Matériel radiotélégraphique, octobre 1919.

(\*\*) On doit noter que les stations européennes LY, YN, OUI, azimutées dans les intervalles des observations de W Q K, donnaient, comme de coutume, des déviations de même ordre que celles que nous avons signalées plus haut.

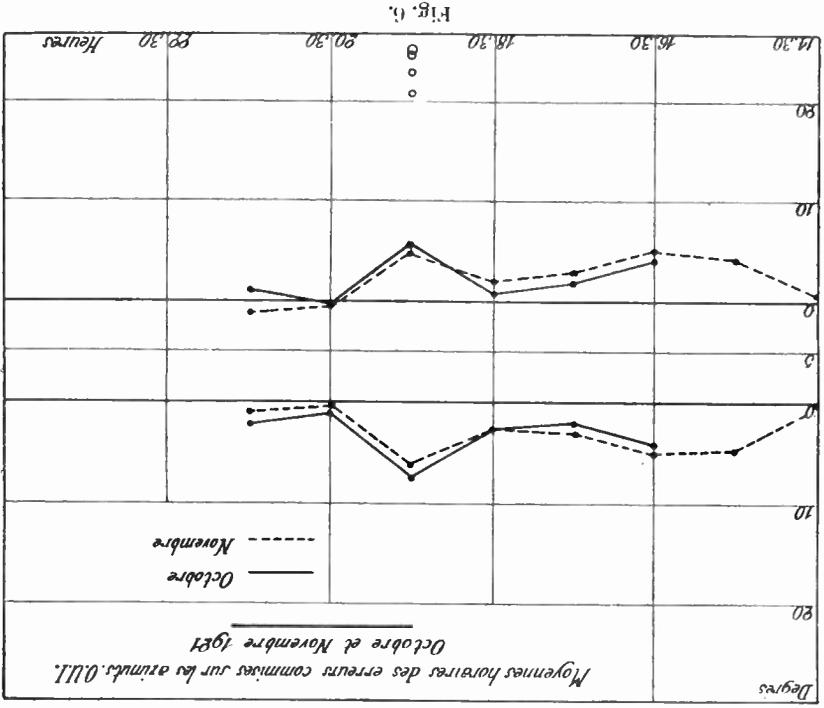
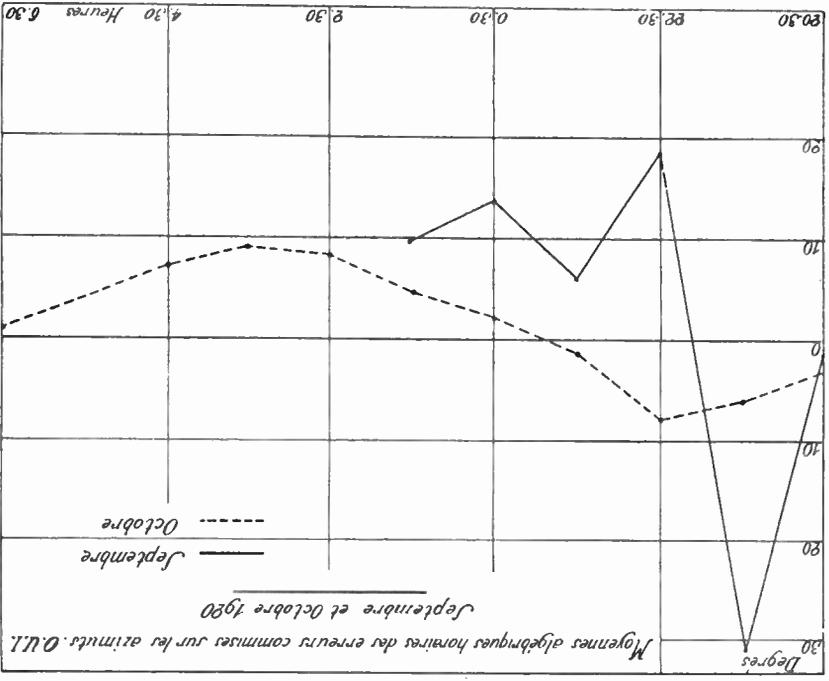




Fig. 7.

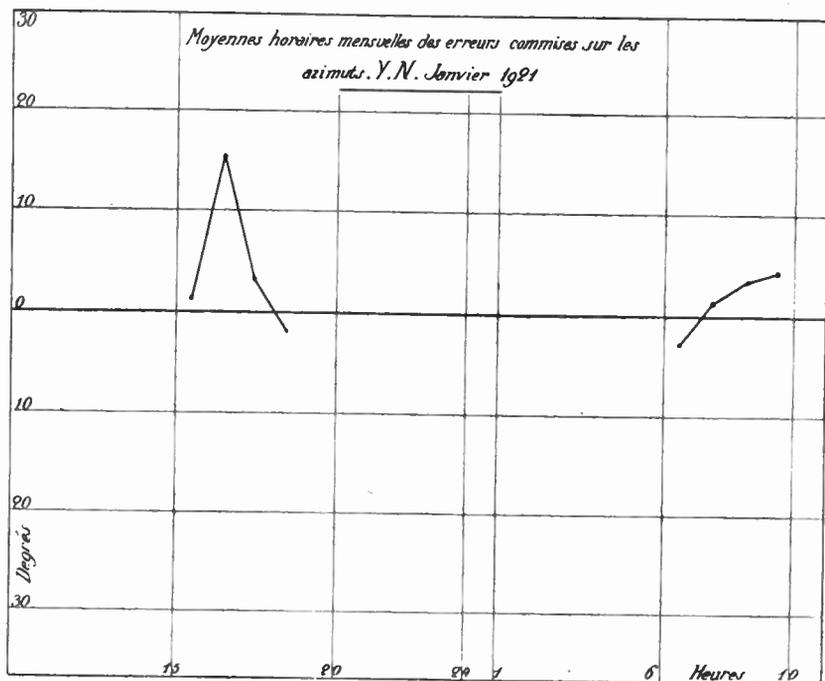


Fig. 8.

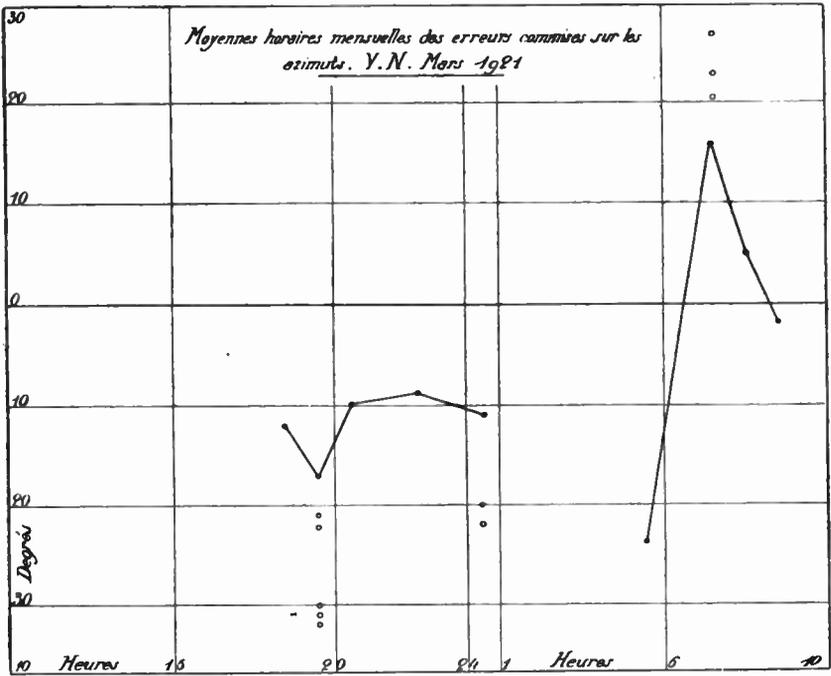


Fig. 9.

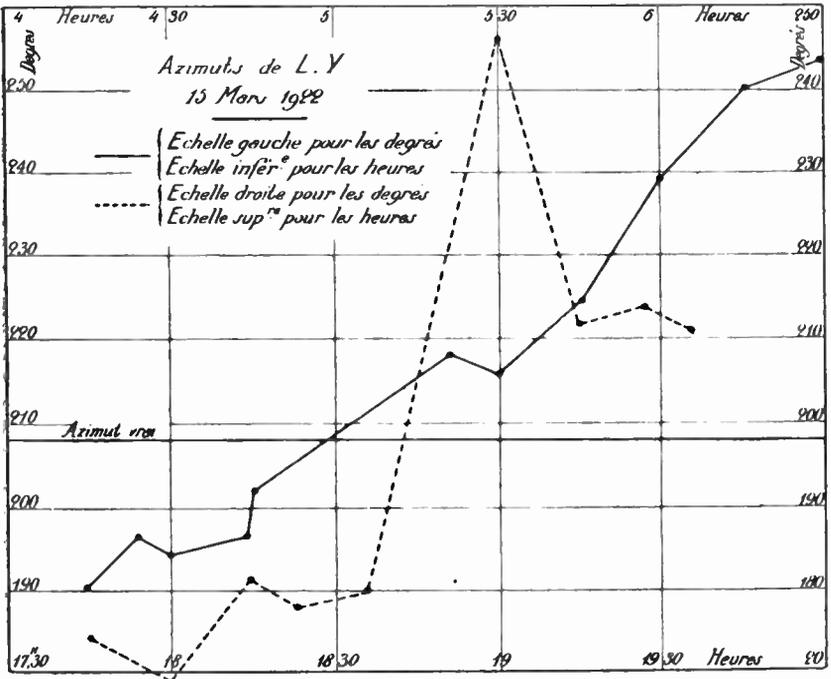


Fig. 10.

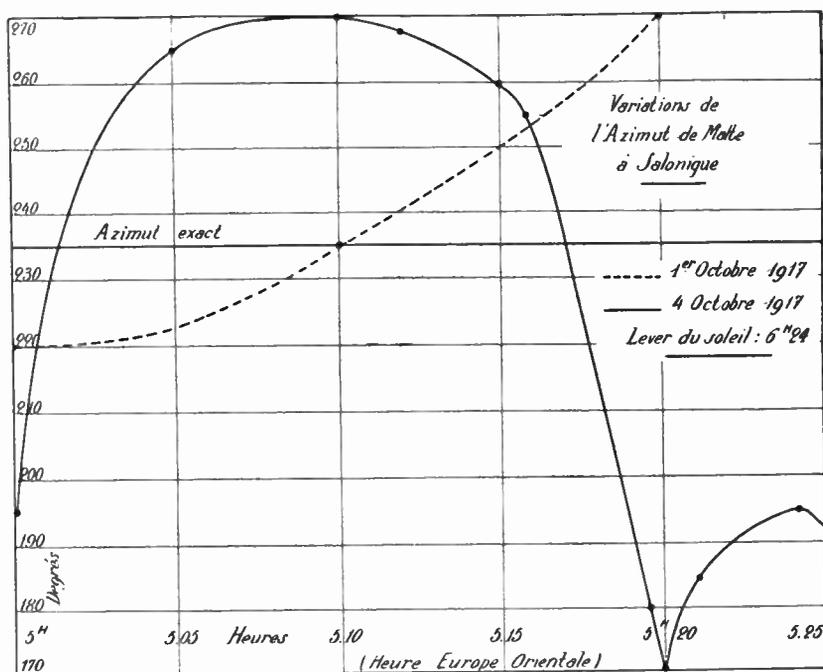


Fig. 11.

et celle de Nauen relevées à Seabrook-Beach, New Hampshire ( $\varphi = 42^{\circ}52' N, = 70^{\circ}49' W$ ) par M. Pickard donnent également lieu à un écart moyen de  $5^{\circ}$  environ par rapport au relèvement orthodromique, mais les azimuts extrêmes ne s'écartent de la moyenne que de  $6^{\circ}$  à  $8^{\circ}$  (1).

Il semble que la propagation des ondes au-dessus de vastes étendues de mer joue un rôle purificateur, et cette apparence est étayée par l'observation suivante rapportée par M. Eckersley (2). Pendant la guerre, une station était installée à Sofia; de Salonique il était impossible de déterminer son azimut, tandis qu'au Caire on déterminait facilement le relèvement et ce relèvement était toujours correct (3).

Je n'ai encore rien dit de la nature des minimums observés la nuit,

(1) Ajoutons que M. Pickard a observé d'assez nombreuses stations situées sur le continent américain et pour lesquelles les déviations ont été beaucoup plus faibles que celles que nous avons signalées; sa déviation maximum a atteint  $18^{\circ}$ .

The Direction and intensity of waves from European stations, W. PICKARD, *Proceedings of the Institute of Radio Engineers*, vol. 10, pp. 161-176, juin 1922.

(2) The effect of the Heaviside layer on the apparent direction of Electromagnetic waves, ECKERSLEY, *Radio-Review*, février et mai 1921.

(3) Signalons néanmoins que des relèvements de navires à la mer, pris de Brest, ont donné lieu, sur l'onde entretenue de 2 100 mètres, à des déviations de nuit atteignant  $20^{\circ}$ .

la question offre cependant de l'intérêt. La plupart des observations de Meudon ont été faites en réception directe en utilisant un compensateur dont nous rappelons brièvement le principe : Un condensateur variable est placé en série entre la terre et celle des bornes du système récepteur dont les connexions ont, par rapport à la terre, la moindre capacité; en manœuvrant le condensateur quand le cadre est amené au minimum de réception, on peut, en général, obtenir de jour une extinction de son parfaite, et voici ce que l'on obtient dans ces conditions pour les observations de nuit : Si l'on ne modifie pas la compensation établie de jour, les extinctions disparaissent en général au coucher du soleil, mais, si l'on manœuvre à nouveau le compensateur, on peut, le plus souvent, retrouver les extinctions; les capacités de compensation diffèrent d'ailleurs pour les deux orientations du cadre correspondant aux extinctions. J'ai montré dans une étude de la compensation que c'était la preuve que la composante horizontale du champ magnétique cessait d'être polarisé rectilignement pour prendre une polarisation elliptique.

D'autres remarques, fort intéressantes, sur la disparition des extinctions et les moyens de les faire apparaître à nouveau, ont été faites par divers observateurs. M. Bellini et l'amiral Jackson<sup>(1)</sup> y sont parvenus par orientation du cadre autour d'un axe horizontal, orientation postérieure à la recherche du minimum par rotation autour d'un axe vertical. M. Eckersley a couplé avec le cadre azimutal un cadre horizontal fixe qui recueille la composante horizontale du flux magnétique; il a analysé ses résultats avec beaucoup de soin et a cherché à en déduire la justification de certaines explications des phénomènes. Mais l'analyse de ces travaux nous entraînerait trop loin.

\* \* \*

Parlons maintenant des petites ondes, celles de 600 à 1 000 mètres couramment employées par les navires. Lorsqu'en arrivant à Paris j'appris les résultats obtenus sur les postes de Hanovre et de Lyon, je fus plus qu'étonné; quoique ayant suivi de très près de nombreux radiogoniomètres, je n'avais constaté quelque chose de semblable qu'à Corfou et je continuais à penser à une anomalie tout à fait isolée. Comme je ne m'étais occupé que de petites ondes, j'en repris l'observation à Meudon. Les postes de la marine de Dunkerque, Cherbourg, Lorient et Rochefort firent des émissions amorties sur 800 mètres à 10 minutes d'intervalle pendant vingt-quatre heures et furent relevés chaque

(1) Directional Effects with France Aerial. Adm. JACKSON, *Journal of Wireless Society of London*, vol. III, avril 1922.

fois. Mon étonnement s'accrut considérablement quand, au moment du coucher du soleil, je sentis disparaître les extinctions de ces postes, Dunkerque commençant le mouvement. Les minimums devinrent de plus en plus flous, et deux heures après le coucher du soleil (c'était en octobre 1920) il était impossible de déterminer la position du minimum à moins de 10 à 15 degrés près. Cela dura jusqu'au lever du soleil, et, au milieu de la nuit, il fut une fois impossible d'observer aucun changement dans l'intensité du son de l'émission de Dunkerque en faisant tourner le cadre de 360 degrés. Les déviations que l'on pouvait déduire de ces mauvais relèvements ne dépassaient d'ailleurs pas une quinzaine de degrés et étaient même généralement plus faibles.

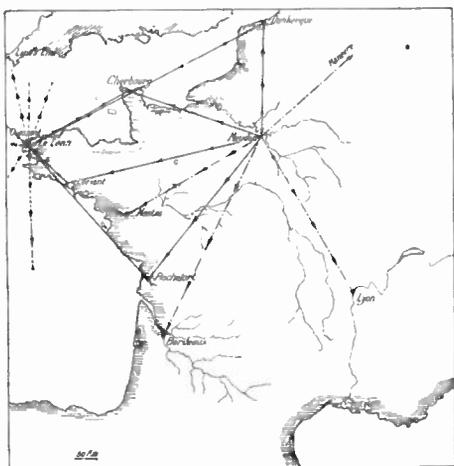


Fig. 12.

Je voulus alors refaire l'expérience dans les conditions qui m'étaient familières, sur la côte. Il fut entendu que M. Jouaust observerait à Meudon pendant que j'irais azimuter près de Brest les mêmes émissions.

Dunkerque, Cherbourg, Lorient et Rochefort suivirent le même programme que la fois précédente. Eh bien, au moment du coucher du soleil, je retrouvai pour ces quatre stations les mêmes résultats qu'à Meudon; mais en même temps, je pus constater que les relèvements des navires à la mer, et des stations de la côte anglaise — Land's End en particulier — conservaient de nuit la netteté qu'ils avaient de jour, ou à très peu près. Les directions contrôlables furent reconnues exactes à 2 ou 3 degrés près.

Sur la carte de la figure 12 on a marqué en trait plein les relèvements d'ondes courtes près de Meudon ou du Lann (Station d'observation de Brest) pour lesquels les minimums devenaient flous; on a, au contraire, tracé en pointillé les azimuts observés au Lann et pour lesquels on trouvait des résultats de nuit à peu près identiques à ceux de jour ('). On peut constater que les traits pleins coupent la terre sur

(') Les traits mixtes représentent les relèvements des ondes de grandes longueurs.

une longueur d'au moins 50 kilomètres, alors que les traits pointillés ne la coupent que sur une longueur inférieure à 20 kilomètres.

J'ajoute enfin que si l'on cherche à corriger le flou des minimums par compensation, comme dans le cas des ondes longues, il est impossible d'améliorer les résultats. Il m'est cependant arrivé une fois d'obtenir une extinction sur Cherbourg pendant la nuit, mais ce fut un phénomène tout à fait passager dont la durée fut certainement inférieure à 5 ou 6 secondes. Cette fois, il n'y a donc plus une simple polarisation elliptique de la composante horizontale, mais une véritable dépolarisation partielle.

\*  
\* \*

On peut résumer ce qui précède comme il suit :

De jour, les ondes courtes ou longues ne donnent généralement lieu qu'à de faibles déviations, inférieures à 2 ou 3 degrés, quand la configuration des régions traversées n'apporte pas de perturbations systématiques.

De nuit, les ondes longues (10 000 à 25 000 mètres) donnent lieu à des déviations qui peuvent être considérables et atteindre près de 90 degrés ; les plus fortes déviations se produisent plutôt dans le voisinage du coucher du soleil, quelquefois près du lever. Ces grandes déviations sont atteintes pour des distances moyennes (800 à 1 000 kilomètres). Pour de très grandes distances (6 000 à 7 000 kilomètres) les déviations redeviennent faibles, mais il semble que ce soit l'influence des grandes étendues de mer traversées qui joue un rôle stabilisateur. En effet, les ondes provenant à Meudon de W Q K traversent environ 250 kilomètres de terre (le relèvement moyen de W Q K est, à Meudon, 287 degrés alors que celui de Cherbourg est 288°5) ; les ondes arrivant à Otto Cliff de Nauen et de Lafayette traversent de 700 à 1 000 kilomètres de terre avec des relèvements de 48 degrés et de 62°5.

Pour ces ondes longues, la polarisation rectiligne du champ que l'on constate de jour est remplacée le plus souvent la nuit par une polarisation elliptique.

Quant aux ondes courtes amorties (600 à 1 000 mètres), elles ne donnent lieu la nuit qu'à des déviations relativement faibles (10 à 15 degrés), mais leur champ subit une dépolarisation partielle ; cependant déviation et dépolarisation ne se produisent nettement que quand les ondes ont cheminé sur terre sur une longueur qui semble devoir être supérieure à 25 kilomètres environ.

Les ondes longues que j'ai mentionnées étaient toutes entretenues, les ondes courtes amorties; mais je crois bien, d'après quelques autres données, que les différences constatées dans la façon dont se comportent les ondes en question, ne tient qu'à leur longueur, l'amortissement ne jouant qu'un rôle accessoire.

\*  
\* \*

Et maintenant, comment expliquer ces phénomènes de nuit si étranges, surtout si l'on compare leur extrême mobilité à la stabilité que l'on observe de jour. C'est ici que l'imagination peut se donner, et se donne effectivement libre carrière. L'explication qui a été proposée est celle de la réflexion des ondes sur une haute couche de l'atmosphère dite « couche d'Heaviside ».

Voici en quoi consiste cette couche. Vous savez que l'atmosphère est ionisée, c'est-à-dire qu'elle contient à l'état libre des particules électrisées provenant de la désintégration partielle des molécules de l'air. Cette ionisation donne à l'air des propriétés de conductivité d'autant plus accentuées que le nombre d'ions est plus considérable. Ceux-ci sont en effet libres de répondre à l'action d'un champ électrique et, par suite, de produire un courant. La conductivité sera d'autant plus grande que le nombre d'ions sera important, en laissant de côté la question de leur mobilité pour simplifier l'exposition du phénomène. Ces ions libres sont d'ailleurs en état de perpétuel mouvement; les ions positifs se recombinaient avec les négatifs et sous l'action de divers effets, d'autres ions sont formés qui remplacent les premiers disparus.

Parmi les causes qui peuvent produire l'ionisation, se trouve l'action des rayons ultra-violetts que nous envoie le soleil. Pendant le jour ils augmentent la production des ions, et la conductivité de l'air augmente. Quand vient la nuit, cette cause ionisante disparaissant, les recombinaisons d'ions l'emportent sur la formation et la conductivité diminue.

Mais les recombinaisons dépendent de la pression, elles sont beaucoup plus importantes dans les basses couches de l'atmosphère. Dans une étude de M. Eckersley parue dans la *Radio Review* de février 1921, cet auteur donne des courbes de variation de la conductivité de l'air en fonction de l'altitude, de jour et de nuit, courbes calculées d'après les considérations précédentes. De jour la variation de conductivité serait continue et aucun phénomène net de réflexion ne pourrait avoir lieu. De nuit, au contraire, il existerait une discontinuité dans

\*\*

les variations et à la hauteur correspondante, les ondes se réfléchiraient pour revenir vers le sol. C'est à la couche d'atmosphère située au-dessus de cette limite que l'on donne le nom de couche d'Heaviside.

M. Eckersley a publié dans le même article un certain nombre d'expériences qui paraissent lui donner raison, mais ces expériences pourraient sans doute être interprétées différemment, car les objections sont nombreuses.

D'abord, en ce qui concerne l'ionisation, l'expérimentation est bien pauvre; les causes de cette ionisation à toutes les altitudes (radiation pénétrante, rayons ultra-violet, etc.) sont très incertaines surtout en ce qui concerne le rapport des effets qu'elles peuvent produire. Certains auteurs attribuent par exemple 1/10 seulement de l'ionisation aux causes photo-électriques.

En outre, une réflexion sur une couche horizontale ne saurait produire de déviation; il est certain que les auteurs qui emploient l'hypothèse de la couche d'Heaviside ne la considèrent pas comme sphérique, mais ce n'est pas assez d'en faire une surface bosselée pour expliquer les anomalies observées; étant donnée l'importance des déviations, je crois bien que les réflexions ou réfractions, qui évidemment existent, doivent se produire dans des plans presque horizontaux, et, dans ces conditions, ce ne seraient plus les couches élevées qui seraient en cause, mais les couches de l'atmosphère qui se trouvent près de la terre.

En mars et avril 1921, j'ai fait avec M. Jouaust des observations en dirigeable à des altitudes variant de 300 et 1 800 mètres; les déviations étaient mesurées simultanément à terre à Meudon, et en l'air dans le voisinage de la verticale du poste de terre. Sans être identiques, les déviations furent du même ordre, et pourtant la réflexion sur le sol d'ondes inclinées aurait dû donner à terre des déviations nettement supérieures.

D'autre part, la couche d'Heaviside ne peut pas rendre compte des différences constatées dans les déviations observées à Meudon pour le poste américain W Q K et pour les postes européens. Cette couche que l'on s'accorde à situer entre 50 et 100 kilomètres de hauteur n'expliquerait pas davantage que les anomalies sur les ondes courtes soient du même ordre pour des stations dont la distance varie entre 120 et 1 000 kilomètres. Elle expliquerait encore moins la différence particulièrement nette qui se manifeste entre les ondes courtes ayant cheminé sur terre et celles qui se sont propagées presque uniquement sur la mer.

Il faudra donc chercher ailleurs la raison des phénomènes, et pour le faire avec quelques chances de succès, il faut commencer par multiplier les observations et les conditions dans lesquelles elles seront faites.

(A suivre.)

René MESNY.

*Nota.* — Un radiogoniomètre avait été installé dans la salle, la séance ayant lieu précisément aux heures où se produisent les plus fortes déviations. La réception étant montée en haut-parleur, il fut

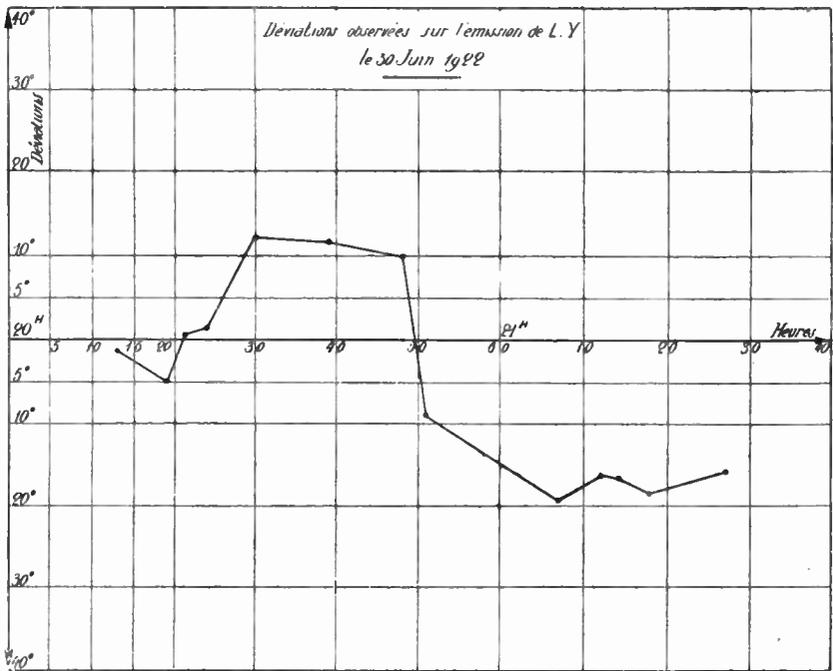


Fig. 13.

possible de faire constater aux assistants l'existence des déviations; le diagramme de la figure 13 représente les déviations observées entre 20 heures et 21 h 30 (heure de Greenwich).

# DÉTERMINATION DES ÉLECTRODES DANS LES APPAREILS A ÉMISSION THERMO-ÉLECTRONIQUE

## *Étude des filaments de tungstène*

Tous les appareils qui utilisent le phénomène thermo-électronique comportent nécessairement une cathode que l'on peut porter à l'incandescence, et une anode. Les anodes peuvent être en nickel, en platine et de préférence en molybdène ou en tungstène; quant aux cathodes incandescentes, on n'emploie guère que des filaments en tungstène chauffés par un courant auxiliaire; ces filaments peuvent être portés à des températures très élevées sans risquer de fondre (le point de fusion du tungstène est voisin de 3500 degrés absolus), et l'on peut obtenir ainsi des courants électroniques relativement intenses (1). Il importe d'ailleurs que le courant de chauffage soit très régulier, car de très petites variations de ce courant produisent des fluctuations considérables du courant électronique. Nous nous proposons surtout, dans cet article, d'étudier les principales propriétés des filaments.

Le tungstène réagit chimiquement sur tous les gaz, sauf sur les gaz rares, même quand il est porté au rouge dans un vide très élevé; il en résulte un effet de « nettoyage » très complexe, que nous avons examiné dans un précédent article (2). Nous supposerons par la suite ces phénomènes éliminés grâce à la perfection du vide. Nous supposerons, en outre, pour commencer, que le filament soit assez long pour que l'on puisse négliger le refroidissement dû aux pinces qui le supportent, et nous le supposerons sensiblement rectiligne pour que toute sa surface participe uniformément au rayonnement.

Les grandeurs qu'il importe surtout de connaître sont en fonction de la température : l'éclat du filament, sa résistance électrique, le courant d'électrons qu'il peut émettre, et enfin les conditions de son usure. L'émission d'électrons n'altère en rien le métal, et les bombardements par ions gazeux étant supposés éliminés, cette usure ne tient qu'à la tension de vapeur, à l'évaporation du métal. L'étude de toutes ces questions nécessite d'abord l'évaluation de la température

---

(1) A la vérité, le molybdène peut émettre à la même température environ quatre fois plus d'électrons que le tungstène, mais son point de fusion est seulement à 2800 degrés absolus. Quant au nickel, il fond déjà à 1815 degrés absolus.

(2) Voir *l'Onde Électrique*, n° 8.

des filaments. On peut effectuer cette détermination de bien des manières; nous nous bornerons à rappeler le principe des procédés les plus importants.

*Mesure de la température d'un fil incandescent.* — La méthode la plus directe consiste à comparer le filament à un corps noir, à l'aide d'un photomètre ou d'un pyromètre. On peut pour cela utiliser plusieurs procédés <sup>(1)</sup>.

1° On peut réaliser *l'égalité d'éclat* entre le filament et le corps noir pour une longueur d'onde donnée  $\lambda$ , et mesurer la température absolue  $S$  du corps noir. Soient  $c$  la constante de rayonnement de Wien,  $\epsilon$  le pouvoir émissif du tungstène par rapport au corps noir. l'on a :

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{S} + \frac{\lambda}{c} \log_e \epsilon.$$

$S$  est donc légèrement inférieur à  $T$ .

2° On peut aussi réaliser *l'égalité de coloration* du filament et du corps noir; la température ainsi mesurée est légèrement supérieure à la valeur vraie  $T_1$ , mais l'écart peut en général être négligé :

Dans la pratique, on peut obtenir  $T$  par des méthodes indirectes d'une application très rapide et qui ne nécessitent que des mesures photométriques ou électriques simples.

*Méthodes photométriques.* — Les données de Langmuir permettent de déduire la température  $T$  d'une mesure de l'éclat du filament :  $J'_k$  étant l'éclat en bougies décimales par centimètre carré du contour apparent, l'on a :

$$T = \frac{11,230}{7,029 - \log_{10} J'_k}.$$

Supposons qu'on n'utilise pour la mesure photométrique qu'une longueur  $l$  du filament dont le diamètre est  $d$ ; soit  $J_k$  l'intensité moyenne horizontale trouvée; l'expression :

$$J'_k = \frac{J_k}{ld},$$

n'est fonction que de la température. Les données expérimentales reproduites dans le tableau I permettent donc d'évaluer la température du filament en mesurant simplement son intensité lumineuse et ses dimensions.

On peut mesurer aussi bien le *rendement lumineux* <sup>(2)</sup>. Soit  $W$ ,

<sup>(1)</sup> Lire à ce sujet WORTHING, *Phys. Rev.*, 10, 4 oct. 1917; et aussi HYDE, CADY et FORSYTHE, *Phys. Rev.* 10, oct. 1919 et WORTHING, *Phys. Rev.*, 10 oct. 1919.

<sup>(2)</sup> BOUTARIC, *R. G. E.*, 5<sup>e</sup> série, t. VI, 8 février 1919.

l'énergie électrique fournie au filament en watts: nous trouvons dans le tableau I les valeurs du rapport  $\frac{W}{J^2 l}$  dont la mesure donne T sans qu'interviennent les dimensions du filament.

*Méthodes électriques.* — 1<sup>o</sup> La résistivité du tungstène croît très rapidement avec la température. Il semble donc tout indiqué de mesurer la température du filament par sa résistance électrique. Cette méthode est très peu précise, à cause du contact mal défini entre le filament et les pinces qui le supportent. Nous donnons cependant dans le tableau I la valeur de la résistivité en fonction de la température, d'après Langmuir; mais les relations ci-dessous seront plus utiles :

2<sup>o</sup> Soient I l'intensité du courant dans le filament V, la d. d. p. entre ses extrémités: la puissance électrique  $W = VI$  qu'on lui fournit se transforme intégralement en chaleur et se trouve dissipée par rayonnement; ce rayonnement est proportionnel à la surface  $\pi dl$  du filament et, par suite, on peut écrire :

$$VI = \pi dl \times f(T),$$

où  $f(T)$  représente la loi de rayonnement dans les conditions de l'expérience. L'expression :

$$(A) \quad \frac{VI}{dl} = \pi f(T),$$

n'est donc fonction que de T.

D'autre part, la résistance du filament est :

$$r = \rho \frac{l}{\pi d^2},$$

et la résistivité  $\rho$  est fonction de la température seule. Posons :

$$\rho = \varphi(T) \quad \text{et} \quad r = \frac{V}{I}.$$

l'expression :

$$(B) \quad \frac{d^2 V}{l I} = \frac{4}{\pi} \varphi(T)$$

n'est fonction que de T.

On voit que le quotient de (A) par (B), et par suite l'expression

$$I' = \frac{I}{d^2}$$

n'est fonction que de T; donc, pour obtenir une même température, l'intensité à faire passer dans le filament est proportionnelle à  $d^{\frac{3}{2}}$ . La mesure de l et de d permet donc d'évaluer la température. On utilisera aussi la fonction I' toutes les fois qu'il s'agira d'élever à une

même température des filaments de même longueur et de diamètres différents.

3° Le produit de A par B et par suite l'expression  $V' = V \frac{\sqrt{d}}{T}$  n'est fonction que de T. Pour une même longueur du filament, la différence de potentiel qu'il faut appliquer à ses extrémités pour l'élever à une même température est donc inversement proportionnelle à la racine carrée du diamètre.

4° Le produit  $V'^3 \times l$ , et par suite l'expression  $\frac{V \sqrt[3]{l}}{T}$ , n'est fonction que de T et cette expression ne dépend pas du diamètre: on pourra donc obtenir T en ne mesurant que V, l et l.

5° Enfin, si on veut maintenir la température constante, malgré l'usure du filament (qui se traduit par une diminution de d), il suffira de maintenir constant le produit  $V'^3 l$ . Langmuir et ses collaborateurs ont déterminé une fois pour toutes les lois de variations avec T des différentes fonctions que nous venons d'étudier; les résultats sont reproduits dans le tableau I que l'on peut traduire par des courbes (Langmuir).

Nous donnons en outre la fonction  $W' = \frac{W}{ld}$  qui représente au facteur  $\frac{1}{\pi}$  près l'énergie rayonnée par unité de surface et aussi le courant électronique de saturation  $i'$ , mais l'on ne peut guère, à moins de circonstances exceptionnelles, évaluer T à l'aide de  $i'$ , qui varie considérablement avec la pureté du métal, la pression, et la nature des gaz qui restent dans l'ampoule.

REMARQUE. — Si le filament n'est pas rectiligne, s'il est par exemple roulé en hélice, les conditions de rayonnement sont changées et les relations ci-dessus ne s'appliquent plus. Il en est de même si le filament n'est pas très long, car alors le refroidissement par les supports devient important.

Dans ce dernier cas, on peut faire une correction de la manière suivante: dans la région refroidie, la résistance électrique est trop faible, et si l'on mesure la différence de potentiel V correspondant à une certaine température, on trouvera une valeur trop petite. Soit  $\Delta V$  l'erreur commise. On peut écrire

$$\Delta V = k (T - 300).$$

Dans les expériences de Langmuir, on a pris  $k = 0.00026$ ; dans d'autres conditions on pourra déterminer K une fois pour toutes en

TABLEAU I

FILAMENTS DE TUNGSTÈNE

 $(d = \text{diamètre}; l = \text{longueur.})$ 

(Langmuir.)

T	$\mu = \frac{Jk}{Td}$	$W' = \frac{W}{ld}$	$\frac{W}{Jk}$	$V' = \frac{V\sqrt{d}}{l}$	$I' = \frac{I}{d^2}$	$V' \times \frac{\sqrt{V}}{I}$	$R \frac{d^2}{l} = \frac{1}{\mu^2}$	$i' = \frac{i}{\pi dl}$
Degrés absolus	Felut moyen J bougies	Watts rayonnés	Rendement	Volts (corr. l)	Ampères	$V \times \sqrt{V} / I$	Résistivité $\times 10^{-6}$	Émiss. d'électr. milliamères
273							6,37	
300		0,00034		0,00050	6,8	0,00009	7,24	
400		0,0112		0,00341	32,7	0,00109	10,43	
500		0,0424		0,00764	55,5	0,00201	13,76	
600		0,1131		0,01306	81,0	0,00604	17,23	
700		0,2606		0,02330	111,8	0,01123	20,83	
800		0,5420		0,03648	148,6	0,01932	24,55	
900		1,043		0,05430	191,8	0,03136	23,86	
1 000	0,00014	1,885	13 460,0	0,007795	241,8	0,04856	32,24	$1,2 \cdot 10^{-11}$
1 100	0,00120	3,225	2 680,0	0,01080	298,5	0,07221	36,20	
1 200	0,00738	5,258	712,5	0,01454	361,5	0,1036	40,23	
1 300	0,0346	8,207	237,1	0,01908	430,2	0,1440	44,34	
1 400	0,1325	12,32	93,0	0,02445	504,0	0,1945	48,52	
1 500	0,4243	17,87	42,1	0,03071	582,0	0,2564	52,77	$6 \cdot 10^{-4}$
1 600	1,179	25,17	21,35	0,03792	663,7	0,3300	57,13	
1 700	2,928	34,55	11,80	0,04613	748,9	0,4180	61,61	
1 800	6,552	46,34	7,074	0,05530	836,8	0,5219	66,19	0,3
1 900	13,46	60,98	4,530	0,06575	927,5	0,6412	70,80	
2 000	25,90	78,87	3,045	0,07725	1 021,0	0,7778	75,67	4,2
2 100	46,8	100,5	2,147	0,08995	1 117,0	0,9333	80,52	15,1
2 200	80,6	126,3	1,568	0,1030	1 216,0	1,109	85,41	48,3
2 300	133,3	157,1	1,179	0,1192	1 318,0	1,307	90,41	137,7
2 400	209,8	193,2	0,9207	0,1357	1 423,0	1,527	95,30	364,8
2 500	319,6	235,5	0,7367	0,1538	1 531,0	1,772	100,48	891,0
2 600	471,0	284,5	0,6041	0,1733	1 642,0	2,035	105,56	$2 044,0$
2 700	674,9	341,1	0,5054	0,1943	1 756,0	2,344	110,60	
2 800	944,9	406,3	0,4303	0,2169	1 873,0	2,674	115,83	
2 900	1 290,0	480,5	0,3725	0,2410	1 993,0	3,034	120,9	
3 000	1 729,0	565,2	0,3270	0,2669	2 117,0	3,428	126,1	
3 100	2 272,0	660,7	0,2908	0,2944	2 244,0	3,854	131,2	
3 200	2 941,0	768,8	0,2615	0,3236	2 376,0	4,308	136,2	
3 300	3 733,0	889,6	0,2364	0,3543	2 511,0	4,806	141,1	
3 400	4 725,0	1 025,0	0,2160	0,3863	2 649,0	5,352	146,0	
3 500	5 869,0	1 176,0	0,2004	0,4213	2 792,0	5,932	150,9	
3 540	6 353,0	1 241,0	0,1948	0,4355	2 850,0	0,175	152,8	

faisant une mesure préliminaire de  $T$  par une méthode où n'interviennent ni  $V$  ni  $e$ . L'étude mathématique des phénomènes <sup>(1)</sup> a montré que, pour une même température maxima  $T_m$  des filaments, si l'on se déplace d'une longueur  $(\Delta l)$  sur le filament à partir d'un point quelconque, la variation de la température correspondante  $\Delta T$  est proportionnelle à la densité de courant. On peut donc écrire d'une façon générale :

$$\frac{1}{T_0} \frac{\Delta T}{\Delta l} = K \frac{I}{d^2}.$$

On peut, grâce à cette relation, déterminer d'une façon approchée la distribution des températures, si l'on a fait l'expérience directement pour un seul filament, et pourvu que le rapport des diamètres des pincés et du filament reste à peu près le même. Le tableau II donne quelques chiffres obtenus par Worthing pour un fil de 0,21 mm de diamètre:  $x$  représente la distance mesurée en centimètres à partir

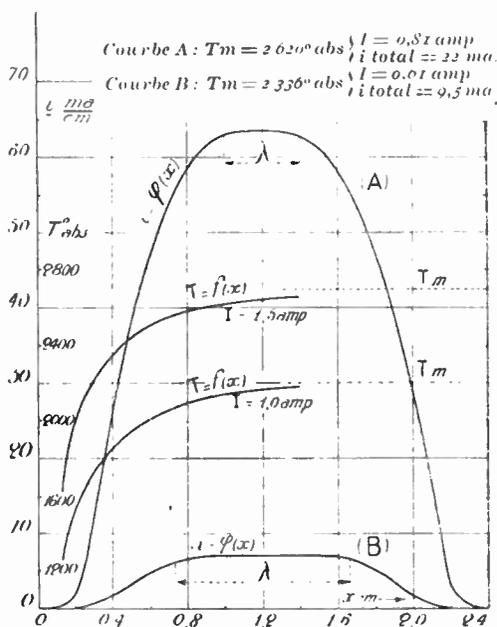


Fig. 1.

de la pince et  $T$  la température absolue mesurée directement par une méthode pyrométrique. La figure 1 reproduit deux courbes  $T = f(x)$ , d'après Stead, pour un fil de 0,1 mm de diamètre. Elle montre aussi

<sup>(1)</sup> WORTHING, *Phys. Rev.*, IV, 6 décembre 1914.

comment l'émission dépend de  $x$ , et l'on voit combien la fonction  $i = \varphi(T)$  décroît vite vers les extrémités.

TABLEAU II

$x$	0,0	0,2	0,5	0,8	1,2	1,7		$T_m = \infty$
T	1149	1711	2114	2225	2301	2314		$T_m = 2315$

Ces études ont été reprises et développées surtout par Stead (1). Supposons un filament assez long pour que l'influence des pinces ne se fasse pas sentir en son milieu; il y a alors une région centrale, de longueur  $\lambda$ , où la température est  $T_m$ , et deux portions latérales de longueur  $l_1$  chacune, où la température décroît. On voit que la longueur totale  $\lambda + 2l_1$  doit être de l'ordre de 3 à 4 cm, pour le filament du tableau II; pour des fils très courts, les portions  $l_1$  chevauchent et les prévisions sont plus difficiles à établir. Si donc la température  $T_m$  est donnée — et c'est elle en général qu'on se fixe d'avance de sorte que la durée du filament soit suffisante — on trouve que :

1° La chute de potentiel  $E_1$  dans chacune des branches  $l_1$  est la même pour tous les filaments :

2° Il résulte des résultats de Worthing, que l'expression

$$l_1 = \frac{l_1 + 0,25}{\sqrt{d}}$$

est un invariant en même temps que l'expression

$$i_1 = \frac{i_1}{d^{\frac{3}{2}}}$$

où  $i_1$  représente l'émission dans la longueur  $l_1$ . Le nombre 0,25, dans  $l_1$  s'applique bien dans le cas de tous les filaments usuels (2).

Si l'on trace alors, avec Stead, les courbes donnant  $E_1$ ,  $l_1$  et  $i_1$  en fonction de  $T_m$  (fig. 2), on peut, en y joignant les courbes de Langmuir, résoudre la plupart des problèmes.

Ainsi, l'on se donne le plus souvent la température maxima  $T_m$  qui correspond à une durée convenable du filament, la tension  $V$  aux bornes, et le diamètre  $d$ , que l'on aura soin de prendre de 3 à 5 pour 100 trop fort afin de tenir compte de l'usure pendant le pompage. La courbe  $V$  de Langmuir donnerait la longueur  $l$  si  $T$  était uniforme. La courbe  $E_1$  de Stead donne la chute de la tension  $2E_1$  dans les extrémités; dans la portion centrale on a donc  $E_\lambda = E - 2E_1$ ,

(1) STEAD, *Journ. of the Institution of Electrical Engineers*, 58 (janv. 1920), p. 107.

(2) A vrai dire le coefficient 0,25 convient avec une précision suffisante pour des fils de 0,035 à 0,062 mm de diamètre entre 2000 et 2500 degrés absolus. En dehors de ces limites, il faudrait lui donner une autre valeur.

et la courbe  $V'$  de Langmuir donne la longueur  $\lambda$  et l'émission  $i$  correspondante ( $i = \dot{v} \times d^{\frac{3}{2}} \times \lambda$ ).

Ensuite, la courbe  $l_1$  de Stead permet de calculer  $l_1$ ; la longueur totale du fil sera donc  $2l_1 + \lambda$ . L'émission  $i_1$  de la portion latérale est donnée par la courbe  $i'_1$  de Stead, et l'émission totale du filament est donc  $i + 2i_1$ .

En réalité, surtout avec les lampes « audions » des types courants, on trouve ainsi pour  $i$  des valeurs trop grandes parfois de plus de 20 pour 100. La raison en est que ces lampes sont en général

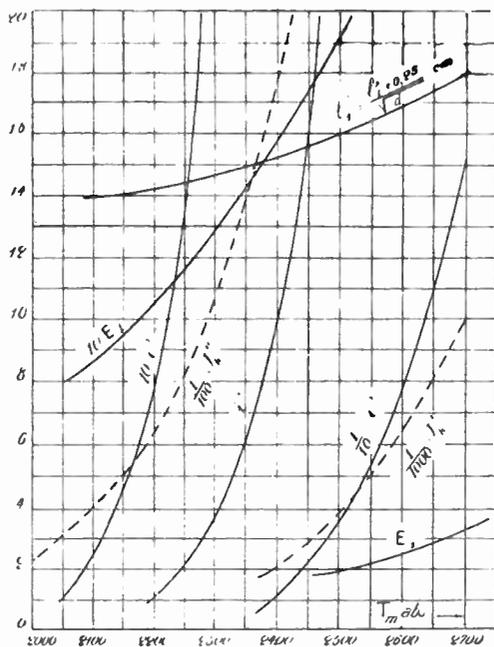


Fig. 2.

pompées de façon très imparfaite, et qu'il intervient alors le phénomène d'« empoisonnement » du filament que nous avons signalé dans un précédent article, et qui joue par exemple un rôle essentiel dans le tube Coolidge à radiateur (\*).

Une trace infime d'oxygène entrave dans de larges proportions l'émission électronique du tungstène, et suffit sans aucun doute à expliquer les écarts observés. De sorte que tout progrès, dans le calcul et la prédétermination des filaments et des lampes à trois électrodes, nous paraît dépendre d'abord d'une réalisation plus parfaite

(\*) Voir l'Onde Electrique, n° 8.

et surtout plus régulière du vide dans ces appareils, et de l'élimination de toute trace d'oxygène. Ce but à notre avis ne serait pas très difficile à atteindre, même avec des anodes de nickel.

Enfin, des effets assez importants sont dus à ce que le courant électronique  $i$  se superpose, dans le filament, au courant de chauffage, et à l'absorption de chaleur liée à l'« évaporation » des électrons quittant le métal (environ 5 watts par ampère émis). Dans les dispositifs pratiques, le pôle négatif de la batterie haute tension n'est pas relié au milieu, mais à l'une des extrémités de la batterie de chauffage, et par suite ce courant  $i$  passe principalement dans l'une des moitiés du filament. Stead a montré<sup>(1)</sup> que la dissymétrie qui en résulte entraîne une augmentation de la température moyenne, et par suite de l'émission. Ainsi l'accroissement  $\Delta i$  peut être de 35 % si  $i$  est environ égal à 11 % de  $I$ . La fig. 3 (à comparer avec fig. 1) montre, dans un cas

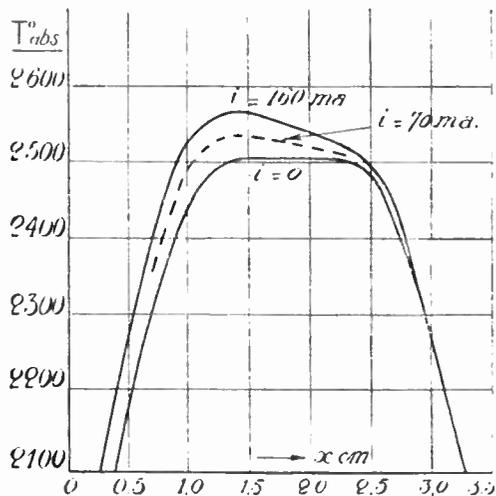


Fig. 3.

particulier, l'importance de ce phénomène, qui n'intervient pratiquement que lorsque  $i$  est comparable à  $I$ , c'est-à-dire dans le cas de fils très fins.

*Usure des filaments.* — Il nous reste à voir maintenant quelles relations il y a entre l'usure du filament et sa température. Nous avons vu, dans un précédent article, combien est important à cet égard le rôle des gaz résiduels autres que les gaz rares. Pratiquement, tout dépend donc du pompage, qui est toujours médiocre en fait. Pour

(1) STEAD, *Journ. of the Institution of Electrical Engineers*, 59 (1921), p. 427.

avoir des durées d'un millier d'heures avec des fils de l'ordre de 0,1 mm. de diamètre, il ne faut pas dépasser  $T_m = 2.300^\circ$ , et  $T_m = 2.700^\circ$ , pour quelque 200 heures.

Pour atteindre des données précises, supposons donc le filament porté au rouge dans un vide excellent. Il n'y a plus alors de réactions ni de désagrégation du filament : il s'évapore lentement et le tungstène vient se condenser sur les parois du ballon qui s'obscurcissent légèrement peu à peu. Langmuir (1) a déterminé la courbe des tensions de vapeur du tungstène, et sa vitesse d'évaporation, par différentes méthodes consistant à mesurer de combien varie la résistance électrique du filament, ou combien il perd de son poids au bout d'une certaine durée de fonctionnement à une température donnée. Pour maintenir constante la température, il suffit de maintenir constant le produit  $V^2/I$ . Les résultats trouvés sont conformes à ce que peut faire prévoir la théorie cinétique des gaz ultra-raréfiés. Soit  $p$  la tension de vapeur en millimètres de mercure,  $m$  la masse en grammes évaporée en une seconde pour 1 cm<sup>2</sup> de surface. On a, d'après Langmuir, les relations :

$$\log_{10} p = 15,502 - \frac{47,44}{T} - 0,9 \log_{10} T,$$

$$\log_{10} m = 15,40 - \frac{47,44}{T} - 1,4 \log_{10} T.$$

Le tableau III donne les valeurs de  $p$  et de  $m$  calculées d'après ces formules : on voit, d'après ces nombres, que dans une lampe à incandescence fonctionnant sous le régime de 1 watt par bougie (soit vers 2.400°), la pression de la vapeur de tungstène est  $p = 5.10^{-8}$  mm Hg environ.

TABLEAU III

T abs.	$m \frac{\text{gr.}}{\text{cm}^2 \cdot \text{sec.}}$	$p$ mm Hg
2 000	11,4 . 10 <sup>-15</sup>	6,45 . 10 <sup>-12</sup>
2 200	14,4 . 10 <sup>-12</sup>	8,49 . 10 <sup>-12</sup>
2 400	70,8 . 10 <sup>-12</sup>	49,2 . 10 <sup>-9</sup>
2 600	23,6 . 10 <sup>-9</sup>	1,51 . 10 <sup>-6</sup>
2 800	4,29 . 10 <sup>-9</sup>	28,6 . 10 <sup>-6</sup>
3 000	5,23 . 10 <sup>-6</sup>	0,000 362
3 200	46,7 . 10 <sup>-6</sup>	0,003 33
3 400	3,20 . 10 <sup>-6</sup>	0,023 4
3 500	7,69 . 10 <sup>-6</sup>	0,087 2
(3 540)	0,001 07	0,080
10000	.	.
(5 510)	ébullition	7,62

Si l'on veut, par exemple, redresser des courants intenses avec un

(1) LANGMUIR, *Phys. Rev.*, 2<sup>e</sup> série, novembre 1913.

kénotron, il y a un intérêt évident à élever la température du filament. Mais si celui-ci devient très chaud, il se volatilise de plus en plus vite; corrélativement, son diamètre diminue et le filament finit par se rompre. La durée de cette évolution doit être aussi longue que possible, et l'émission d'électrons rester suffisante. Convenons d'appeler *vie* du filament le temps au bout duquel son diamètre a diminué de 10 %. Les données du tableau III permettent d'évaluer cette durée en fonction de  $d$  et de  $T$ . Nous donnons dans le tableau IV les chiffres indiqués par S. Dushman (1). Le diamètre  $d$  est exprimé en dixièmes de millimètre et en mils (2).  $T$  est la température absolue du filament pour laquelle sa vie est de deux mille heures,  $I$  est le courant de saturation en *ma* par centimètre de longueur du filament.  $W$  est l'énergie en watts qu'il faut dépenser par unité de longueur pour maintenir le filament à la température  $T$ .

TABLEAU IV

D		T	$i_s$	W	$\frac{W}{i_s}$
mils	1 to mm				
5,0	1,27	2 475	30	3,1	0,163
7,0	17,8	2 500	50	4,6	0,092
7,9	2,0	2 520	65	5,6	0,082
10,0	2,54	2 550	100	7,2	0,072
15,0	3,81	2 575	200	11,3	0,056

Les valeurs du rapport  $\frac{W}{i_s}$ , indépendantes de la longueur du filament sont inscrites dans la quatrième colonne. On voit que l'énergie dépensée pour *1ma* de courant transmis varie en sens inverse de  $d$ .

On voit qu'à ce point de vue, il y a avantage à prendre un fil gros et court plutôt que long et fin; pour une même température, la vie est alors très prolongée; la masse qui peut être évaporée étant bien plus grande, on pourra, pour une même durée de vie, porter le filament à une température plus haute. L'énergie du courant de chauffage nécessaire pour un même courant électronique devient moindre. Enfin, le filament est plus résistant aux actions mécaniques, ce qui est important dans les appareils à haute tension.

Par contre, lorsque le courant de chauffage joue un rôle économique important, comme dans les relais téléphoniques, on prendra des fils longs et fins.

*Disposition du filament.* — Il reste à voir comment on pourra disposer l'anode, et éventuellement l'électrode auxiliaire (grille). Nous ne voulons pas entrer dans le détail des nombreux dispositifs employés;

(1) *General Electric Rev.*, 18, 3 mars 1915

(2) 1 mil =  $\frac{1}{1000}$  inch = 0<sup>mm</sup>0254.

cependant on se sert souvent de grilles et d'anodes cylindriques et d'un filament rectiligne tendu suivant l'axe. Dans ce cas, il faut tenir compte de la *dilatation* de fil, de manière que, une fois porté à l'incandescence, il ne vienne pas toucher les autres électrodes. Or le tungstène est, après le diamant, le corps le moins dilatable: seul parmi les corps bien étudiés le molybdène se rapproche de lui à cet égard. Des mesures très soignées ont été faites par *Worthing* (1) et peuvent se résumer par la formule suivante :

$$\frac{L - L_0}{L_0} = 4,4 \cdot 10^{-6} (T - 3000) + 4,5 \cdot 10^{-11} (T - 3000)^2 + 2,20 \cdot 10^{-13} (T - 3000)^3$$

où  $L_0$  représente la longueur du filament à 3000° absolus, et T la température absolue.

Quant à la disposition relative des filaments et des anodes, l'on a intérêt, en général, à augmenter le débit et à réduire la chute du potentiel V dans l'appareil; il faudra donc chercher à augmenter la valeur du coefficient A de l'équation de Langmuir  $i = A V^{\frac{3}{2}}$  (2).

Pour cela, il faut rapprocher le plus possible les électrodes l'une de l'autre, de manière que le champ électrostatique devienne très intense au voisinage du filament. On est limité dans cette voie par l'importance que prend l'attraction électrostatique; le filament porté au rouge étant très mou et déformable, peut être arraché, déformé ou allongé jusqu'à venir toucher l'anode. De plus, le bombardement du fil par ions positifs devient trop intense pendant le pompage, et l'on peut même avoir intérêt à introduire un filament auxiliaire, seulement pour les besoins de la fabrication.

*Surface de l'anode.* — L'anode elle-même est généralement formée d'une ou plusieurs lames ou d'un cylindre de tungstène (3), de molybdène ou de nickel. L'inconvénient du nickel est son point de fusion relativement bas (1.825° abs.), ce qui rend plus difficile pendant le pompage, l'évacuation des gaz occlus.

Soit  $i$  le courant qui traverse l'appareil. Pourvu que l'on reste au-dessous de la saturation, l'on a  $i = A V^{\frac{3}{2}}$  et l'énergie dissipée en chaleur est  $W = iV = A V^{\frac{5}{2}}$ . Dans le cas d'une lampe à trois élec-

(1) WORTHING, *Phys. Rev.*, X, 1917, p. 638.

(2) Voir *l'Onde Electrique*, n° 8.

(3) Le travail du tungstène est le plus difficile; il a cependant fait de grands progrès, et en particulier nous avons réussi avec des moyens très simples à faire la soudure autogène de ce métal malgré son point de fusion élevé, et cela même sur des pièces relativement grosses.

trodes qui oscille,  $i_s$  étant le courant de saturation, on l'a sensiblement  $i = \frac{i_s}{2}$ ; et si la moitié de l'énergie est rayonnée, ce qui correspondrait à un rendement de 50 %, la quantité de chaleur dégagée équivaudrait à l'énergie  $W = \frac{V i_s}{4}$ .

Cette chaleur est dégagée sur l'anode par le bombardement des électrons, et il importe que la température reste assez basse pour que, d'une part, l'anode n'émette pas sensiblement d'électrons, auquel cas le redressement du courant par l'appareil serait défectueux, et que, d'autre part, l'anode ne se désagrège pas sensiblement. Soit donc  $s$  la surface de l'anode pouvant rayonner effectivement de l'énergie vers l'extérieur; on pourra assigner à  $s$  une certaine limite inférieure pour chaque valeur de  $W$ .

Pour le tungstène, Langmuir (1) a montré que l'énergie en watts, nécessaire pour maintenir à la température absolue  $T$  une surface de 1 cm<sup>2</sup> placée dans une enceinte à la température ordinaire où l'on a fait le vide, est donnée par la formule

$$W = 12.54 \left( \frac{T}{1763} \right)^{3.75}.$$

Le tableau V donne  $W$  d'après cette formule, et de plus l'émission  $i$  en ma/cm<sup>2</sup>.

TABLEAU V

T (degrés absolus) . . . . .	1 000	1 500	1 800	2 000	2 800
W (watts: cm <sup>2</sup> ) . . . . .	0,06	6,9	16,4	26,9	77,5
$i$ (ma: cm <sup>2</sup> ). . . . .	$1,2 \times 10^{-11}$	$6 \times 10^{-4}$	0,3	4,2	87

On voit que, pour une température comprise entre 1.500° et 1.800° absolus (rouge vif) et correspondant à une absorption de 10 watts/cm<sup>2</sup>, l'émission par l'anode sera de l'ordre de 0,01 ma par cm<sup>2</sup>, c'est-à-dire tout à fait négligeable. On peut admettre que cette valeur de 10 watts/cm<sup>2</sup>, donne pour le tungstène une sécurité suffisante. Des études analogues ont été faites par *White* pour le molybdène et par *Stead* pour le nickel. Mais dans les appareils usuels, où le vide n'est pas très soigné, il faut tenir compte de la désagrégation du métal, surtout pour le nickel. On peut admettre pour le molybdène une énergie d'environ 6 watts/cm<sup>2</sup>, et pour le nickel 1,5 watt/cm<sup>2</sup> environ; mais cette dernière limite pourrait sans doute être relevée notablement, par quelques perfectionnement des procédés de pompage.

En résumé, l'on calculera donc l'énergie maxima  $W$  qui pourra être

(1) LANGMUIR, *Phys. Rev.*, IV, 1912, p. 401.

dissipée dans l'appareil, et l'on en déduira facilement la surface minima à donner à l'anode.

Nous ne parlerons pas ici de la détermination des grilles d'audions, où des considérations tout autres interviennent. Nous avons seulement voulu rappeler, dans cet article, les moyens d'établir d'avance dans la mesure où le permet l'état actuel de la technique, les propriétés et les dimensions des anodes et des filaments, c'est-à-dire des éléments essentiels de tout appareil utilisant l'émission thermo-électronique.

F. WOLFERS.

---



---

## SOCIÉTÉ DES AMIS DE LA T. S. F.

*Séance du 30 juin 1922*

---

Le 30 juin 1922 a eu lieu à la salle de la Société de Photographie, rue de Clichy, la deuxième réunion des membres de la Société des Amis de la T. S. F., sous la présidence de M. de Valbreuze, vice-président.

M. le professeur d'hydrographie Mesny a présenté une importante communication sur la variation en direction et intensité du champ électromagnétique d'une émission, qui paraît dans le présent numéro de *l'Onde Électrique*. Un poste récepteur à cadre, installé dans la salle, a permis aux auditeurs de se rendre compte des phénomènes exposés par le conférencier.

M. Le Mée, ingénieur à la Société française radioélectrique, a ensuite commenté un film mis à la disposition de la S. A. T. S. F. par la Compagnie générale de télégraphie sans fil, et nous reproduisons ici son intéressante causerie.

### **Les merveilles de la télégraphie sans fil.**

Le film mis par « la Compagnie générale de télégraphie sans fil » à la disposition de la Société des Amis de la T. S. F. pour sa réunion du 30 juin est une illustration vivante des merveilleuses possibilités offertes actuellement dans le domaine des communications mondiales par la télégraphie sans fil.

Le film débute en nous introduisant à Paris dans le milieu de la Bourse à l'heure où celle-ci est en pleine activité. Un renseignement de New-York pourrait permettre à un banquier de réaliser une splendide affaire, mais il est quatorze heures, dans une demi-heure la Bourse ferme.

La télégraphie sans fil permettra d'échanger à temps avec New-York la correspondance indispensable.

Le déroulement du film nous fait alors suivre pas à pas les opérations successives nécessaires.

Relié par « fil spécial » au « Bureau central radioélectrique », le banquier téléphone à ce bureau le « télégramme urgent » à destination de son correspondant de New-York.

Et nous sommes transportés au « Bureau central radioélectrique » de la rue Montmartre : franchissant la salle où le public peut déposer au guichet ses radiogrammes, nous arrivons dans le « bureau téléphonique » où, sous la dictée du banquier, l'employée achève de prendre par écrit le texte du radiogramme. Dès qu'elle a terminé, elle fait parvenir la formule à la « salle de répartition » par tube pneumatique. De là, par tube encore, le télégramme est aiguillé vers la table de la salle de trafic spécialement affecté à la liaison avec les États-Unis.

Après une rapide vérification par un employé qui contrôle le nombre de mots et toutes indications relatives à l'acheminement du radiogramme, celui-ci parvient à une employée travaillant sur une machine à écrire d'un type spécial. Cette machine « une perforatrice », reproduit le texte du message sur une bande de papier sous la forme d'une succession de trous correspondant par leur disposition relative, aux traits et points de l'alphabet Morse.

La bande ainsi perforée passe dans un « transmetteur automatique » à grande vitesse. Au passage des trous, des contacts sont fermés et, suivant la disposition relative de ces trous, un courant électrique de durée plus ou moins longue est envoyé dans un circuit comprenant les relais de manipulation situés au centre d'émission.

Le transmetteur automatique permet d'atteindre une vitesse pratique de manipulation de plus de 120 mots à la minute, vitesse permise par l'ensemble des appareils.

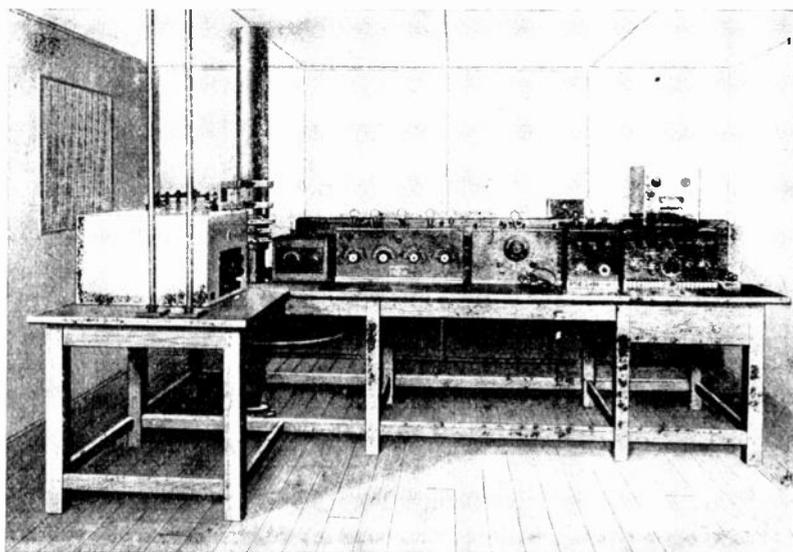
Pour nous permettre de suivre le radiogramme, le film nous conduit au « centre d'émission » de Sainte-Assise près de Melun. Les 17 pylônes de 250 mètres de hauteur supportant les antennes apparaissent au-dessus de la forêt dont les arbres seuls dominaient le plateau il y a dix-huit mois à peine.

Seize de ces pylones supportent l'antenne longue de trois kilomètres de la station transcontinentale, le dix-septième supporte l'antenne de la station continentale.

En passant nous nous arrêtons un instant à la station à valves de deux kilowatts antenne qui assure chaque jour régulièrement l'éco-



Station intercontinentale de Sainte-Assise.



Vue d'un poste de réception à Villecresnes.

lement sur Londres d'un trafic intense se chiffrant couramment par un nombre total de mots dépassant quarante mille.

Nous arrivons à la station continentale destinée aux liaisons entre la France d'une part, les pays européens, le proche Orient, l'Afrique du Nord d'autre part.

Les projections qui passent sur l'écran nous conduisent dans les différentes salles où sont répartis les machines et les appareils :

À l'usine centrale thermique nous assistons à la mise en marche de l'un des deux groupes Diesel de 150 HP qui assurent à la station son autonomie et lui permettent de fonctionner en cas d'arrêt du secteur de distribution d'énergie électrique qui normalement l'alimente. Les dynamos entraînés par les moteurs Diesel produisent alors le courant nécessaire.

Dans la salle d'émission nous assistons à la mise en route d'un groupe convertisseur continu haute fréquence. L'alternateur spécial entraîné par son moteur à courant continu produit directement le courant à 32 000 périodes utilisé pour l'alimentation de l'antenne. Trois autres groupes, identiques à celui en service, d'une puissance unitaire de 25 kilowatts antenne, sont en réserve; ils peuvent être couplés en parallèle avec le premier si l'on veut assurer des communications à des distances plus grandes ou accroître la sécurité des liaisons en cas de circonstances atmosphériques défavorables par exemple. D'autre part des dispositifs spéciaux permettent de fractionner en deux groupes la puissance totale de la station et d'utiliser ces groupes pour la transmission simultanée, sur des longueurs d'onde différentes, de deux télégrammes destinés à deux correspondants distincts.

Le déroulement du film se poursuit et nous mène à « la station transcontinentale », celle destinée à assurer les liaisons entre la France et les pays les plus lointains, celle utilisée pour la transmission du télégramme du banquier parisien à son correspondant de New-York.

Ici nous retrouvons des machines et appareils semblables à ceux vus il y a quelques instants à la station continentale. Mais tout est bien plus grand.

Dans la salle d'émission nous voyons les deux groupes convertisseurs continu haute fréquence dont les alternateurs d'une puissance unitaire de 250 kilowatts antenne produisent directement le courant à haute fréquence. Les deux alternateurs peuvent être couplés en parallèle et ajouter leur puissance dans l'antenne ou être utilisés séparément pour la transmission simultanée de deux télégrammes.

Les emplacements sont prêts à recevoir les deux groupes à haute fréquence de 500 kilowatts antenne qui pourront eux aussi être cou-

plés en parallèle ou être utilisés pour la transmission simultanée de deux télégrammes.

L'un des groupes à haute fréquence de 250 kilowatts a été mis en route : son moteur alimenté par le courant continu fourni par un groupe convertisseur entraîne à vitesse rigoureusement constante l'alternateur à haute fréquence. L'enroulement porté par le stator de celui-ci est en série avec le primaire d'un transformateur haute fréquence dont le secondaire est embroché dans l'antenne.

Les relais de manipulation fonctionnent : contrôlés par les courants envoyés par le jeu du « transmetteur automatique » du « Bureau central radiographique » dans le circuit qui réunit ce bureau au centre d'émission, les relais ferment et rompent alternativement à très grande vitesse le court circuit de l'alternateur haute fréquence. Le fonctionnement des relais contrôle par conséquent le rayonnement d'énergie par l'antenne.

Le télégramme est transmis : un planisphère apparaît sur l'écran schématisant la marche des ondes qui par delà l'Océan vont impressionner le récepteur américain.

Et maintenant le film nous conduit à Villecresnes, à une quinzaine de kilomètres de Sainte-Assise : Six petits pavillons se dressent sur le plateau ; l'un d'eux nous est ouvert et nous apercevons les appareils constituant l'ensemble de réception affecté à une écoute : le cadre dont l'orientation convenable permet de recevoir les signaux du correspondant sans être troublé par les six émissions simultanées possibles de Sainte-Assise, les amplificateurs et dispositifs spéciaux grâce auxquels la réception est possible même lorsque les conditions atmosphériques sont mauvaises et les parasites violents.

Les signaux collectés par cet ensemble de réception ne sont pas enregistrés à Villecresnes. S'il était ainsi fait, une retransmission télégraphique à Paris serait nécessaire, ce serait une perte de temps et une source d'erreurs possibles. Les signaux sont directement transportés de Villecresnes à Paris sans l'intervention d'aucun opérateur.

A cet effet les appareils de réception sont reliés par fil aux appareils d'enregistrement automatique du Bureau central radioélectrique de la rue Montmartre où le film nous ramène pour nous faire assister à l'arrivée de la réponse du correspondant de New-York.

Les courants transportés automatiquement de l'un des ensembles de réception de Villecresnes au Bureau central radioélectrique commandent des relais spéciaux. Ceux-ci contrôlent un appareil qui perce sur une bande de papier des trous dont la distribution est fonction

de la forme des courants parvenant au Bureau central, donc de la forme des signaux collectés par le cadre récepteur.

La bande ainsi perforée est ensuite confiée à un appareil traducteur automatique lequel délivre le texte même du télégramme imprimé sur bande en caractères romains.

La « réponse urgente » ainsi parvenue à la table de trafic du Bureau central radioélectrique affecté à la liaison « Etats-Unis » est immédiatement transmise par tube pneumatique au poste téléphonique du Bureau central d'où elle est dictée par téléphone au destinataire relié au bureau par fil spécial.

L'heure de la fermeture de la Bourse n'a pas encore sonné. Il ne s'est pas écoulé trente minutes entre l'instant où le banquier a téléphoné son radiogramme et l'instant où la réponse de New-York lui parvient.

*N. B.* — Le film projeté à la réunion des « Amis de la T. S. F. » a été pris avant l'achèvement du centre d'émission de Sainte-Assise.

Dans les premiers jours de juillet, la station transcontinentale travaillant avec un groupe haute fréquence de 250 kilowatts est entrée en fonctionnement. Les essais effectués à grande vitesse de manipulation ont été pleinement satisfaisants tant au point de vue de la force des signaux que de leur régularité et de leur clarté.

En particulier les signaux ont été reçus dans d'excellentes conditions par la station réceptrice installée à Buenos-Aires par la Compagnie générale de télégraphie sans fil.

La réponse à « un télégramme urgent » expédié de Paris à New-York sera certainement obtenue normalement en moins de trente minutes. De Londres les réponses aux télégrammes urgents parviennent aux destinataires parisiens de façon courante moins de quinze minutes après le dépôt de leur radiogramme. Dans les liaisons directes avec les points du globe les plus éloignés il n'y a aucune raison pour que les délais soient accrus : seules les opérations à l'arrivée et au départ interviennent dans ces délais, les opérations restent évidemment les mêmes quelle que soit la distance à laquelle la communication est assurée.

*N. B.* — Depuis la rédaction de cette note, le poste de Sainte-Assise est entré en service régulier et les prévisions les plus optimistes ont été dépassées.

# ANALYSES ET BIBLIOGRAPHIE <sup>(1)</sup>

## RÉCEPTION

**Phénomènes de rétroaction dans les amplificateurs à résonance;**  
 H. DE BELLESCIZE. *Radioélectricité*, t. III, pp. 183-187, pp. 238-243, mai et juin 1922. — L'auteur étudie le système récepteur constitué par  $(n + 1)$  triodes couplés entre eux par transformateurs à résonance, le circuit-plaque du dernier d'entre eux venant réagir

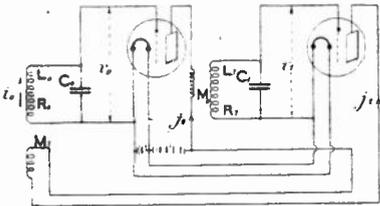


Fig. 1.

sur le circuit récepteur d'indice zéro. La figure 1 donne le schéma de ce montage pour le cas de deux triodes. Il fait remarquer que les éléments d'indices 1, 2, ... n peuvent être considérés comme de simples transmetteurs amplificateurs, l'élément zéro étant seul réagi.

Dans ces conditions, si la force électromotrice du signal est  $e = E \sin \omega t$ , la force électromotrice de rétroaction sera  $f = K V_0 \sin (\omega t + \varphi + \psi)$  où  $V_0$

est l'amplitude de la d. d. p. aux bornes du condensateur de rang zéro,  $\varphi$  le déphasage de cette d. d. p.  $v_0$  par rapport à  $e$  :

$$[v_0 = V_0 \sin (\omega t + \varphi)],$$

et  $\psi$  le déphasage de  $f$  par rapport à  $v_0$ ;  $K$  est le facteur d'amplification de l'ensemble des éléments 1, 2, ... n. On peut poser :

$$\psi = \psi_m + \sum_1^n \xi_p$$

$\psi_m$  étant le déphasage pour le cas où tous les éléments seraient accordés sur l'onde reçue de pulsation  $\omega$  et  $\xi_p$  celui qui provient du désaccord de l'élément de rang  $p$  de pulsation  $\omega_p$

$$\operatorname{tg} \xi_p = \frac{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_p}\right)^2}{\frac{\hat{z}_p}{\pi} \frac{\omega}{\omega_p}}$$

avec les notations habituelles.

Il pose également

$$K = K_m \times \frac{\cos \varphi_1 \cos \varphi_2 \dots \cos \varphi_n}{\frac{\omega}{\omega_1} \frac{\omega}{\omega_2} \dots \frac{\omega}{\omega_n}}$$

$K_m$  correspondant encore au cas où les éléments sont accordés sur la pulsation  $\omega$  de l'onde reçue. L'équation du système est alors :

$$\begin{aligned} E \sin \omega t + K V_0 \sin (\omega t + \varphi + \psi) &= \\ = L_0 C_0 \frac{d^2 v_0}{dt^2} + R_0 C_0 \frac{dv_0}{dt} + v_0 \end{aligned}$$

et l'on en tire :

$$V_0 = \frac{E}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{\omega_0}{\omega}\right)^2 - K \cos \psi\right]^2 + \left[\frac{\hat{z}_0}{\pi} \frac{\omega}{\omega_0} - K \sin \psi\right]^2}}$$

(1) L'analyse des revues concernant la radiotélégraphie est assurée par les soins de MM. BERGERON, capitaine au centre radiotélégraphique de la Tour Eiffel (analyses signées Be); BION, capitaine de corvette (analyses signées Bi); CLAVIER, ingénieur à l'établissement central du matériel de la Radiotélégraphie militaire (analyses signées C.); JOUAST, ingénieur électricien, professeur à la section de radiotélégraphie de l'Ecole supérieure d'Electricité (analyses signées J.); MESNY, professeur d'hydrographie (analyses signées My); METZ, capitaine à l'établissement central de la Radiotélégraphie militaire (analyses signées Mz); commandant PÉRIER, de l'artillerie coloniale (analyses signées Pr); PLANIOL, ingénieur E. S. E. (analyses signées Pl); RIVET, ingénieur E. S. E. (analyses signées R.) Ces analyses seront classées par rubrique suivant le sujet auquel elles se rapportent.

Il ressort de cette expression que l'impédance du système dépend, non de l'amplitude de la force électromotrice de rétroaction, mais de son rapport  $K$  à la d. d. p.  $V_0$  à l'entrée de l'amplificateur; on est donc conduit à prendre cette d. d. p. pour origine des phases et pour unité d'amplitude. La rétroaction sera représentée par un vecteur  $K$  de phase  $\psi$ .

On peut tracer par points, en fonc-

Si l'on trace aussi la courbe  $\beta$  dont le rayon vecteur est  $\frac{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}{\cos \psi}$ , les

points où elle coupe les courbes  $\alpha$  donnent les réglages annulant le premier terme du dénominateur de  $V_0$ . Quant au second terme, il est représenté pour le point  $B_3$ , par exemple par  $DB_3$ .

L'auteur montre ensuite qu'une chaîne de  $n$  triodes ainsi constituée

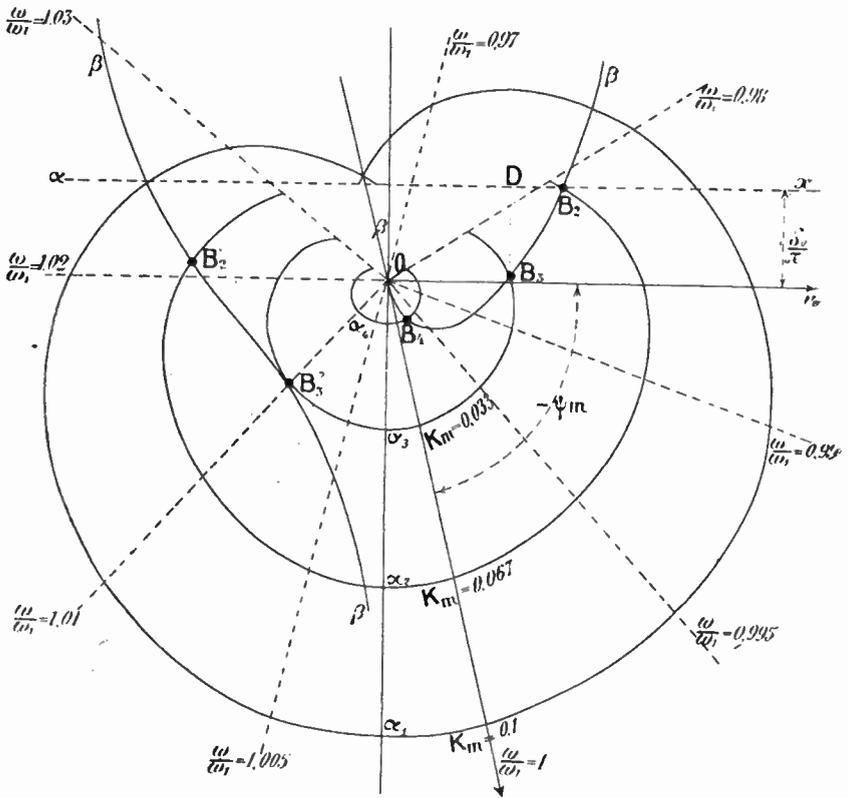


Fig. 2.

tion des données de l'installation, la courbe décrite par l'extrémité de ce vecteur pour les différentes valeurs de  $\omega$ ; les courbes  $\alpha$  de la figure 2 correspondent à un amplificateur dont les quatre étages ont même pulsation et un décrement commun de 0,25 et pour lequel  $\psi_m = 28,4^\circ$ .

est plus sélective qu'un circuit simple ayant même décrement apparent;  $V_0$  varie en effet beaucoup plus vite autour de son maximum dans le premier cas que dans le second.

Les accrochages de l'amplificateur se produisent pour les réglages qui correspondent aux points  $B$  situés au-



lephone and Telegraph Co " et de la " Western Electric Co " entre New-York City et Cliffwood, New Jersey, distants de 40 kilomètres environ. C'était une adaptation aux transmissions radiotélégraphiques du télégraphe multiplex imprimeur.

L'émetteur était un poste à 6 lampes de 50 watts dont la manipulation était assurée par un relai polarisé Rainey agissant sur les grilles. Le poste mettait trois ampères dans l'antenne, la longueur de l'onde était de 450 mètres. La réception était parfaitement synchronisée pour éliminer le trouble apporté par les nombreux postes à étincelles de la région. L'amplification était telle que l'on pouvait obtenir un courant de 20 milliampères dans le relai de réception, mais un courant de deux milliampères aurait été suffisant.

Les essais furent faits sur deux voies, à la vitesse de 45 mots à la minute (270 caractères) par voie, pendant une heure, 29 000 caractères furent transmis et on ne releva que 40 erreurs imputables à la radiotélégraphie. La vitesse n'était en aucune façon limitée par la télégraphie sans fil; les oscillogrammes montrèrent que les appareils imprimeurs auraient pu être employés à leur vitesse maximum, soit 12 720 mots à l'heure sans aucune difficulté, en utilisant les 4 voies.

L'article contient les schémas des postes émetteurs et récepteurs et un oscillogramme des courants émis et reçus. — My.

## DIVERS

**Examen théorique et pratique de la construction des redresseurs à basse tension employés avec les lampes à trois électrodes;** R.-D. DUNCAN, *Radio-Review*, pp. 59-71, février 1922. — L'auteur examine en détail les redresseurs pour postes à lampes de moyenne puissance. De nombreux oscillogrammes des courants d'alimentation et des courants redressés accompagnent l'article. — P.

**La Radiotélégraphie;** S. G. MARCONI, *Proc. of Inst. of Rad. Engin.*, vol. 10, pp. 215-239, août 1922. — Dans une conférence faite à New-York, M. Marconi passe en revue les problèmes les plus importants de la radiotélégraphie et les solutions qui leur ont été données en Angleterre par la Compagnie Marconi.

En ce qui concerne les tubes électroniques, des puissances de 100 kw dans l'antenne ont été obtenues en couplant en parallèle des tubes de 4 kw; on peut actuellement travailler sans difficultés avec 60 tubes de cette espèce en parallèle, sous une tension plaque de 12 000 volts; il n'y aurait pas d'impossibilité à atteindre une puissance de 500 kw antenne dans les mêmes conditions et la vie de ces tubes peut être évaluée actuellement à plus de 5 000 heures.

On est également en progrès sur la voie des tubes de grande puissance que l'on fabrique maintenant à titre expérimental pour 25 et 75 kw, mais il est douteux que le rendement de ces tubes soit aussi bon que celui des tubes moyens en parallèle.

Dans la question de l'émission les progrès sont aussi sensibles; l'étude très poussée des antennes et de leurs accessoires a permis d'obtenir une puissance rayonnée atteignant 50 % de l'énergie transmise à l'antenne, de telle sorte qu'un poste à tube peut rayonner 35 % de l'énergie qui lui est fournie.

Le fonctionnement des transmissions a été perfectionné à tel point que la Compagnie fait de Londres, sur Paris et Berne, un service duplex, à la vitesse de 100 mots à la minute, sur la même antenne avec deux ondes différentes.

La lutte contre les brouillages a été menée au moyen de la réception dirigée et en utilisant simultanément les filtres et les phénomènes de saturation des tubes, mais aucune méthode sensationnelle n'a été introduite dans la pratique. L'auteur estime que la protection contre les troubles atmosphériques est et restera toute relative; car, dit-il, il est évident qu'un

appareil éliminateur cessera de fonctionner quand les perturbations atteindront une intensité non prévue.

Dans les montages d'amplificateurs un grand progrès a été accompli par M. G. Mathieu en 1920, quand il a établi des transformateurs intertubes sans fer possédant une très faible capacité entre ses enroulements et ayant une impédance convenable pour la fréquence reçue. M. Mathieu a ensuite perfectionné les transformateurs haute fréquence en les rendant astatiques. Il a également obtenu des transformateurs à fréquence acoustique remarquables en établissant un shunt magnétique entre les enroulements, de façon à obtenir des couplages assez lâches.

Deux grands problèmes sont particulièrement intéressants actuellement pour les radiotélégraphistes :

1<sup>o</sup> Quelle est la force des signaux sur laquelle on peut compter à grande distance avec un émetteur donné :

2<sup>o</sup> Quel est le rapport de la force des signaux à celle des atmosphériques aux différents points du globe.

Des appareils et une méthode ont été mis au point pour résoudre ces questions et sont actuellement en service courant. La méthode consiste à produire, avec un émetteur auxiliaire local, des signaux que l'on rend égaux à ceux qui parviennent de la station étudiée; on en déduit la force électromotrice induite par celle-ci : l'émetteur local agit par l'intermédiaire d'une antenne de dimensions appropriées. Quand les atmosphériques sont assez forts pour rendre illisibles les signaux reçus de la station, on augmente l'intensité des signaux transmis par l'émetteur local en leur donnant une cadence de 20 mots à la minute, jusqu'à ce que la lecture soit parfaitement assurée et on note la force électromotrice induite dans ces conditions.

Deux expéditions comprenant des représentants de la Radio Corporation, de la Marconi et de la Telefunken viennent d'aller jusqu'au Brésil d'une part, jusqu'à la Nouvelle-Zélande d'autre part, pour y récolter des obser-

vations. Elles ont constaté que les signaux sont notablement plus forts que ne le prédit la formule d'Austin-Cohen. Plusieurs faits curieux ont été notés en cours de route et près des antipodes: par exemple des observations de direction ont montré qu'en mars dernier les signaux de Nauen paraissaient atteindre la Nouvelle-Zélande en passant par le pôle sud, alors que ceux de Hanovre semblaient préférer la voie du pôle nord. Quant aux atmosphériques ils viennent incontestablement du continent et l'Afrique en est un centre très important dont les perturbations se feraient sentir jusqu'en Amérique du Sud. Des rapports détaillés des travaux de ces expéditions seront bientôt publiés.

En terminant, M. Marconi a indiqué les expériences faites en Angleterre sur les ondes très courtes (3 à 20 mètres) reproduisant exactement les indications données par M. Franklin dans un article de *Wireless World*, analysé dans le n<sup>o</sup> 8 de *L'onde Électrique* p. 475. — My.

**Résistance et capacité des bobines en haute fréquence;** H. MORECROFT. *Proc. Inst. Rad. Engin.*, vol. 10, pp. 261-270, août 1922. — L'article contient les résultats de nombreuses mesures faites sur des bobines diverses enroulées avec du fil plein et du fil divisé; quelques explications qualitatives des résultats obtenus sont indiquées.

L'auteur indique d'abord la méthode qu'il a employée, celle de la résistance additionnelle, et décrit toutes les précautions qu'il a prises pour obtenir des résultats corrects : condensateurs de résistance négligeable, couplage très lâche, écrans protecteurs contre les effets de potentiel... Il estime que les résistances obtenues sont exactes à 0,1 ohm près.

En ce qui concerne l'allure de la variation de la résistance avec la fréquence, il trouve que, pour les faibles fréquences, la résistance croît d'abord assez vite avec la fréquence, puis pour une fréquence voisine de 200 kp, l'accroissement devient

moins rapide pour recommencer à naître très rapidement avec les fréquences élevées. Il considère qu'aucune expression convenable de ces variations n'a encore été fournie.

De nombreuses courbes sont données pour des bobines de types divers; les effets des prises, des bouts morts, des oscillateurs voisins sont mis en évidence. Plusieurs figures sont consacrées à la comparaison entre les fils pleins et les fils divisés; il constate que ces derniers sont nettement plus avantageux pour les faibles fréquences, mais deviennent plus résistants pour les hautes; dans tous les cas leur résistance est beaucoup plus élevée que celle que l'on pourrait attendre. La cause en serait dans les pertes dans le diélectrique qui isole les fils l'un de l'autre; en effet, si les potentiels des différents brins sont égaux à leurs points de jonction extrêmes, ils ne le sont pas dans les différentes sections du câble à cause des flux différents qui coupent les brins séparés, puis réunis par le cordage ou le tressage.

Un tableau contient les valeurs des capacités propres de plusieurs bobines et l'auteur constate que les valeurs qu'il trouve sont très différentes de celles que l'on peut calculer par les formules données récemment par Breit.

Une réplique de ce dernier termine l'article, réplique dans laquelle il discute les conditions dans lesquelles sa théorie doit être appliquée. — My.

**Sur l'électrification des chemins de fer au moyen de courants alternatifs de fréquence élevée;** note de M. Maurice LEBLANC. *Comptes rendus*, 24 juillet 1922. — M. Maurice Leblanc remarque qu'il est difficile d'embarquer, sur un véhicule animé d'une grande vitesse, des courants très intenses au moyen d'un contact glissant. En élevant leur tension, on diminuait leur intensité et cela facilitait leur embarquement, tout en économisant du cuivre. C'est pourquoi on voulait se servir de courants alternatifs, de fréquence usuelle en les

transformant sur la locomotive, avant leur envoi dans les moteurs. Mais on a dû y renoncer, parce qu'ils troublaient les communications télégraphiques et téléphoniques dans le voisinage de leur ligne de transport.

Or, si l'on se servait de courants alternatifs de fréquence élevée, 20 000 par exemple, et les faisait circuler dans des conducteurs tendus au-dessus des voies, ils pourraient en induire d'autres dans un circuit porté par les voitures d'un train et s'étendant au-dessus d'elles, parallèlement à ces conducteurs. *Il n'y aurait plus de contact glissant.* D'autre part, les courants induits dans les lignes télégraphiques et téléphoniques seraient sans action sur leurs récepteurs, à cause de leur fréquence, et, pour les empêcher de produire des surtensions dans les lignes télégraphiques à simple fil, il suffirait de relier celles-ci à la terre, de distance en distance, par des condensateurs qui laisseraient passer, en ne leur opposant qu'une très faible impédance, les courants de fréquence 20 000 mais arrêteraient les courants télégraphiques.

M. Maurice Leblanc expose sommairement le principe d'une pareille installation et conclut en disant :

« Non seulement ce système dispense de l'emploi de contact glissant, mais il permet d'envoyer dans la ligne de transport des courants de très haute tension, et de recueillir des courants de tension modérée sur le train, soit de 75 volts environ par voiture. La ligne constitue en effet le circuit primaire d'un transformateur, dont le circuit secondaire est le circuit induit porté par les voitures. Tous les appareils de transformation sont statiques à l'exception d'un commutateur, qui ne coupe que des micro-amperes, et les appareils de contrôle se réduisent à une bobine de self-induction variable et au très petit rhéostat destiné à régler la vitesse du commutateur. Enfin il permet de n'employer que des moteurs d'induction à cage d'écuriel.

« Ce système paraît donc devoir être beaucoup plus simple et plus écono-

mique que les systèmes actuels à tous les points de vue.

« On aura, certes, bien des difficultés à surmonter avant de réaliser les ampoules à 3 électrodes de grande puissance, nécessaires pour produire ou transformer les courants alternatifs de fréquences élevées. Mais, nous avons cru devoir signaler, dès à présent, cette très importante application pour montrer l'intérêt que présente l'étude de ces ampoules et nous serions heureux si nous pouvions la mettre à l'ordre du jour. »

**Prospection par radiotélégraphie;** *Radio-News*, t. IV, n° 1, p. 34, juillet 1922. — Ce procédé utilise des ondes entretenues. Deux fils constituant une sorte d'antenne horizontale sont réunis à l'appareil producteur d'oscillations. A leurs extrémités libres sont fixées deux plaques métalliques, maintenues à une certaine distance du sol. La présence de minéraux modifie la capacité apparente de ces plaques, par rapport au sol.

Un dispositif, sur lequel il n'est donné aucun détail, permet de constater cette variation.

Un filon de minerais de fer aurait pu, paraît-il, être découvert par ce procédé, qui serait l'objet d'une étude officielle aux États-Unis. — T.

**Cours de physique générale à l'usage des candidats au certificat de physique générale, au diplôme d'ingénieur électricien et à l'agrégation des sciences physiques,** L. OLLIVIER, professeur à la Faculté des sciences de l'Université de Strasbourg, t. I : Unités C. G. S. et M. T. S.; Gravitation; Électricité et Magnétisme, Ions et Electrons; Symétrie. 2<sup>e</sup> édition. — Librairie scientifique J. Hermann, 1921, un vol. in-8° de 747 pages, prix : 45 fr.

Cette deuxième édition du tome premier du *Cours de physique générale*,

professé par M. Ollivier, comporte de nombreuses additions.

C'est ainsi que les lecteurs trouveront tout au début, la loi du 2 avril 1919, qui régit à l'heure actuelle tous nos systèmes de mesure, ainsi que le décret complémentaire du 26 juillet de la même année.

De nombreuses modifications ont été apportées au chapitre du ferromagnétisme où sont mentionnés les travaux récents de P. Weiss et de ses élèves.

Les phénomènes d'ionisation par choc, si importants pour expliquer, dans la plupart des cas, la conductibilité des gaz, sont l'objet d'un chapitre spécial.

Enfin les théories nouvelles sur les constitutions de l'atome, les hypothèses de Rutherford et de Bohr, sont exposées d'une façon suffisamment développée pour permettre au lecteur d'abord avec fruit la lecture des différents mémoires qui concernent ces questions susceptibles de révolutionner l'ancienne physique.

Ces vues sur les idées nouvelles n'ont pas fait oublier à l'auteur les théories classiques du magnétisme et de l'électromagnétisme, et ce livre constitue à l'heure actuelle, pour tout ce qui concerne l'électricité, un des cours les plus complets dont puissent disposer les étudiants de nos Facultés. Il ne sera pas sans utilité pour tous ceux qui s'occupent de télégraphie sans fil, car il est impossible d'aborder l'étude des procédés employés en radiotélégraphie, sans avoir des connaissances assez étendues sur la physique, connaissances qu'on pourra tirer de la lecture de cet ouvrage. Enfin les dernières recherches sur la conductibilité des gaz, qu'on y trouvera mentionnées, nous aideront peut-être à comprendre les phénomènes parfois encore un peu mystérieux que nous rencontrons dans l'emploi de nos lampes à trois électrodes. — J.

# ≡ AMATEURS ≡

---

## SUPER-RÉACTION

---

Depuis que les lampes à trois électrodes existent, de très nombreux chercheurs se sont efforcés de développer leur emploi comme amplificateur de signaux radioélectriques.

Différents systèmes d'amplificateurs ont été réalisés dont les principaux sont les suivants :

*Les amplificateurs à basse fréquence.* — Dans ces amplificateurs, les courants téléphoniques résultant de la détection des courants à haute fréquence qui parcourent les appareils de réception sont appliqués entre la grille et le filament d'une lampe à trois électrodes, ces courants se retrouvent très amplifiés dans le circuit de plaque de cette lampe. Cette opération peut être répétée plusieurs fois, les signaux recueillis dans le circuit plaque d'une lampe étant envoyés dans le circuit grille d'une seconde lampe et ainsi de suite. En pratique, trois étages d'amplification de ce genre sont à peu près tout ce que l'on peut réaliser sans courir le risque que des accrochages se produisent et donnent dans les téléphones des sifflements très gênants. D'autre part, si les lampes sont couplées entre elles par des transformateurs, on a généralement une déformation très appréciable de la parole lorsqu'on reçoit de la téléphonie, et lorsqu'elles sont couplées par résistances, le rendement de l'appareil est généralement peu élevé.

*Les amplificateurs à haute fréquence.* — Ces amplificateurs sont établis sur les mêmes principes que les amplificateurs à basse fréquence, mais sont étudiés pour amplifier les courants à haute fréquence avant détection. Les lampes peuvent être couplées entre elles soit par transformateurs, soit par résistances. Comme dans le premier cas, le nombre de lampes est pratiquement limité (5 ou 6) et aux inconvénients signalés à propos des amplificateurs à basse fréquence, ils ajoutent celui de devoir être établis pour une gamme de longueur d'onde assez limitée et de ne pouvoir que très difficilement être construits pour petites ondes.

L'amplificateur le plus puissant à l'heure actuelle est, sans contredit, la *Super-Hétérodyné*. Dans cet appareil, on fait interférer avec les signaux reçus, les oscillations d'une hétérodyné dont la fréquence est réglée de telle sorte que les battements produits soient d'une fréquence élevée, 50.000 par exemple. Ces battements sont détectés puis amplifiés

par un amplificateur à haute fréquence ordinaire, détectés de nouveau pour donner des signaux perceptibles à l'oreille et généralement encore amplifiés à basse fréquence. Ce dispositif permet d'employer un amplificateur à haute fréquence ordinaire, lorsqu'il s'agit de recevoir des signaux de faible longueur d'onde; cette courte longueur d'onde peut d'ailleurs varier dans de très grandes limites, même si l'amplificateur est très spécialisé, puisque par les réglages de l'hétérodyne, on transforme la fréquence des signaux reçus en la fréquence que l'on veut. Le principal inconvénient de cet appareil est le nombre de lampes qu'il nécessite, 8 à 12 environ, son prix de revient est donc forcément élevé et son entretien coûteux.

Il existe un autre système d'amplification qui s'applique particulièrement bien aux petites longueurs d'onde, c'est la *réaction électromagnétique*. La plupart des amateurs sont maintenant familiers avec ce montage. Une bobine de self étant introduite dans le circuit plaque de la lampe détectrice est placée de façon à agir inductivement sur la bobine de grille; une partie de l'énergie du circuit de plaque est ainsi transmise au circuit de grille, où elle neutralise partiellement ou totalement les pertes d'énergie dues à la résistance ohmique de ce circuit. L'amplification obtenue par ce système est considérable.

Pour bien comprendre ce qui va suivre, il est utile d'étudier un peu plus complètement ce qui se passe dans le cas de l'amplification par réaction.

Nous avons tous remarqué que lorsque la bobine de plaque est très loin de la bobine de grille et que, par conséquent, leur accouplement est nul, la lampe fonctionne en simple détecteur et aucune amplification n'a lieu. A mesure que nous approchons la bobine de plaque de la bobine de grille, l'énergie que nous fournissons au circuit de grille croît: cette énergie est employée à annuler de plus en plus complètement les pertes ohmiques de ce circuit: *tout se passe comme si nous introduisions dans le circuit de grille une résistance négative dont la valeur absolue irait croissant*, les courants qui circulent dans ce circuit sont donc de plus en plus intenses pour une même énergie reçue.

Ici, il est bon de rappeler la façon dont se comportent des circuits de réception de résistances différentes.

Lorsque le circuit présente une résistance positive (cas de l'emploi d'un détecteur ordinaire) et que ce circuit est soumis à l'action d'un signal, un courant oscillant y prend naissance, mais ce courant n'atteint son maximum d'amplitude qu'après un certain temps (d'autant plus long que la résistance est plus grande) et, lorsque le signal cesse,

le courant s'amortit d'autant plus vite que la résistance est plus grande.

Imaginons le cas d'un circuit ayant une résistance nulle. Dans un tel circuit, le courant oscillant va croître indéfiniment, tant que dure le signal et conserver indéfiniment son amplitude quand le signal cesse.

Si nous considérons maintenant le cas d'un circuit ayant une résistance négative, nous voyons que le courant y croît indéfiniment, même après la cessation du signal.

En pratique, ce dernier résultat avait, jusqu'à présent, été impossible à réaliser, car dès qu'un circuit présente une résistance négative, il se met à osciller de lui-même et dans cet état n'est plus susceptible d'amplifier les signaux reçus (Autodyne, Hétérodyne, circuit d'émission).

La Super-Réaction est le procédé que vient d'inventer Armstrong et qui permet d'employer les propriétés d'amplification énormes d'un circuit à résistance négative, sans que ce circuit se mette à osciller.

Dans le cas d'un circuit de réaction ordinaire, lorsque l'accouplement de la bobine de plaque avec la bobine de grille a été rendu assez serré pour que la résistance effective du circuit de grille devienne négative, et que la lampe se mette à osciller, on peut arrêter ces oscillations de plusieurs manières. On peut les arrêter en augmentant mécaniquement la résistance ohmique du circuit de grille; on peut aussi les arrêter en diminuant la tension positive de la plaque; on peut encore les arrêter en rendant la grille positive, par rapport au filament, ce qui provoque le passage d'un courant grille-filament équivalent à l'application d'une résistance en shunt aux bornes du circuit de grille.

Armstrong a eu l'idée d'arrêter par l'un des moyens ci-dessus, les

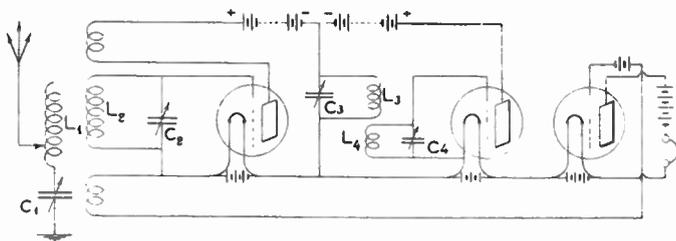


Fig. 1.

oscillations d'une lampe montée en réaction un très grand nombre de fois par seconde. Si ce nombre de fois est choisi plus grand que toute fréquence acoustique et plus petit que la fréquence des ondes à ampli-

fier (10.000 par exemple), aucune déformation des signaux reçus n'est perçue et une amplification énorme est possible. On voit en effet, immédiatement, que dans ces conditions, on peut pousser la réaction beaucoup plus loin que le point où les oscillations s'accrochent dans un montage ordinaire et, par conséquent, augmenter l'amplification dans des proportions considérables.

La fig. 1 montre les connexions à employer pour obtenir la Super-Réaction, en faisant varier la valeur positive de la tension plaque. La première lampe est montée en réaction et présente la seule particularité d'avoir en série, dans son circuit plaque, le circuit oscillant L3C3. Ce circuit est le circuit oscillant de la plaque de la deuxième lampe, qui est montée en hétérodyne. Cette hétérodyne est réglée pour une fréquence d'environ 10.000; on voit donc que dix mille fois par seconde la tension aux bornes de L3 change de sens; or, L3 est en série avec la batterie de plaque de la première lampe, donc la tension appliquée à la plaque de cette lampe va varier dix mille fois par seconde; on peut donc augmenter la réaction tant que la lampe n'oscille pas pendant les périodes de tension minima de la plaque. Pendant que la plaque est à son maximum de tension positive, la résistance du circuit L2, C2 est négative et l'amplification est énorme. Dès que la lampe est sur le point de se mettre à osciller, sa tension plaque est abaissée et les oscillations sont empêchées. La troisième lampe joue simplement le rôle de détecteur.

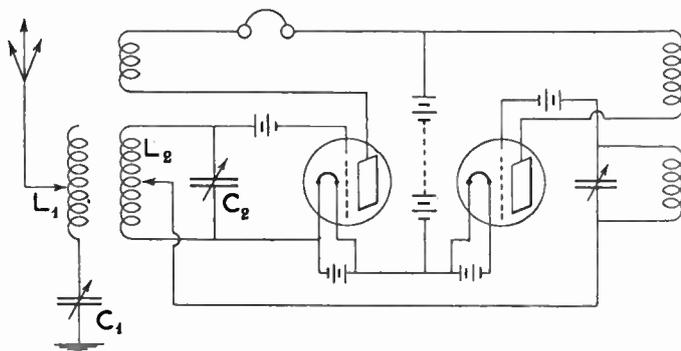


Fig. 2.

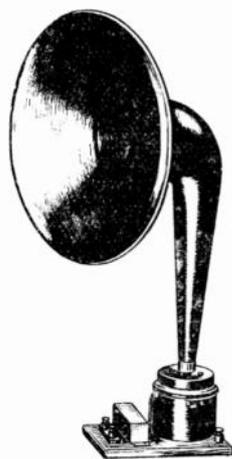
La fig. 2 montre les connexions à employer pour obtenir la Super-Réaction en faisant varier la résistance du circuit de grille. La première lampe est montée en réaction; la deuxième en hétérodyne, mais le circuit de grille de cette dernière comprend une partie du circuit de grille de la première lampe. Dans ces conditions, la tension de la grille de la première lampe est variée dix mille fois par seconde. Quand la

grille est rendue positive, un courant s'établit entre elle et le filament, ce qui augmente la résistance effective du circuit  $L_2$ ,  $C_2$  et les oscillations de la première lampe sont empêchées.

D'après Armstrong lui-même, l'amplification possible avec la Super-Réaction est au moins cent mille fois plus grande qu'avec le circuit de réaction ordinaire. L'amplification ainsi obtenue avec deux ou trois lampes serait au moins égale à celle que donne la Super-Hétérodyne avec une dizaine de lampes. Les renseignements qui nous sont parvenus jusqu'ici d'Amérique sur ces nouveaux circuits étant encore quelque peu incomplets, nous nous excusons de ne pouvoir donner plus de renseignements sur les questions de détails, mais vu l'importance énorme de la nouvelle invention et les services qu'elle est appelée à rendre en particulier aux amateurs, nous avons cru bien faire de la présenter sans retard à nos lecteurs, et nous serons reconnaissants à ceux d'entre eux qui voudront bien nous communiquer le résultat de leurs essais de ces circuits.

En terminant, nous croyons intéressant de signaler que l'amplification obtenue, grâce à la Super-Réaction, est inversement proportionnelle au carré de la longueur d'onde.

Léon DELOY.



## LES HAUT-PARLEURS EN RADIOTÉLÉPHONIE

Par P. HÉMARDINQUER



La question des haut-parleurs est à l'ordre du jour; l'avènement de la Radiotéléphonie pratique en est la cause. Le problème de la réception en haut-parleur, avec des données similaires, avait d'ailleurs déjà été étudié pour la téléphonie ordinaire, et, il faut bien le dire, les résultats obtenus étaient assez peu satisfaisants.

Dans le cas de la réception des émissions de téléphonie sans fil, il faut, avant tout, supposer que l'audition ordinaire à l'écouteur est déjà nette et forte avant de remplacer l'écouteur par le haut-parleur. Les déformations de la voix produites par les appareils d'émission et

de réception et par les parasites, ont déjà été étudiées d'une façon très complète par M. Givelet dans le numéro 2 de *Radio-Revue*. Nous nous proposons d'ailleurs d'y revenir par la suite; notons seulement qu'il ne faut pas trop tabler sur le renforcement produit par le haut-parleur, et que la réception doit être très forte à l'écouteur ordinaire. Tous les relais microphoniques ou autres, intercalés entre l'appareil de réception et le haut-parleur, ne causent généralement qu'une déformation supplémentaire.

Nous allons ici donner une étude sommaire du problème et examiner quelques appareils actuellement construits.

Un haut parleur se compose de deux parties : un appareil émetteur de sons, relié à l'amplificateur, et un système renforçateur, pavillon ou autre. Un bon haut-parleur doit donner un grand volume de sons, sans déformation.

Les appareils émetteurs de sons sont basés actuellement sur deux principes simples : attraction d'une armature par un électro-aimant et déplacement d'un cadre relié au diaphragme dans un champ magnétique. La déformation dans ces deux genres d'appareils est produite par la membrane vibrante qui a une fréquence propre et vibre plus facilement pour cette fréquence. Dans ces déplacements de grande amplitude, elle vient buter sur les électro-aimants et donne alors un son nasillard surtout pour les appareils de la première catégorie.

D'autres appareils encore, il est vrai, du domaine du laboratoire, sont basés sur des principes très divers : propriétés de certains cristaux ou piézo-électricité (article de M. Roussel dans « *Nature* »), de certains métalloïdes comme le sélénium, des contacts imparfaits. etc. Mais aucun, semble-t-il, n'a donné jusqu'à présent des résultats très appréciables. Là cependant est peut-être le haut-parleur de l'avenir.

Le système renforçateur de sons le plus couramment employé est le pavillon. Les formes de ces pavillons sont très diverses et plus ou moins bizarres. Nous en verrons des exemples. C'est le pavillon qui est une des causes les plus importantes de déformations. Il arrive souvent qu'il y ait résonance lorsque les sons émis par la membrane et les sons propres de l'espace d'air, compris dans le pavillon, ou le son fondamental du pavillon sont les mêmes; ces sons sont alors transmis avec beaucoup plus de force, d'où déformation de la voix.

Nous empruntons à M. Givelet les études citées de MM. F.-L. Tournayre et J.-M. Tournayre, sur la recherche théorique de la forme idéale du pavillon dénué de son fondamental.

Ces inventeurs ont démontré que la paroi interne d'un tel pavillon

pouvait être engendrée par une courbe de la forme  $y = e^{\frac{x}{a}}$ , tournant autour de l'axe des X. On vérifie facilement la forme d'un tel pavillon

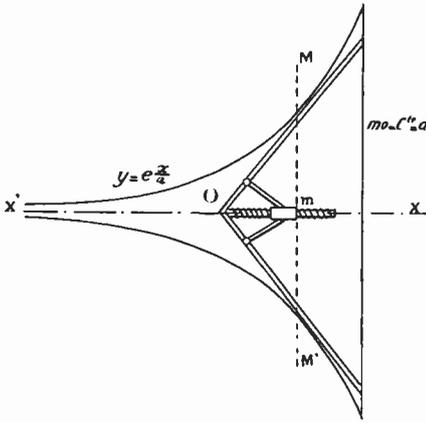


Fig. 1.

au moyen d'un appareil très simple, basé sur la propriété suivante : dans la courbe représentative d'une fonction exponentielle, la sous-tangente est constante, elle est ici égale à  $-a$ . En effet, la sous-tangente est la distance  $m$  O, comprise sur l'axe des X, entre la projection du point de tangence et le point de rencontre de la tangente avec l'axe des X. Elle a pour expression :

$$-\frac{y}{y'} = -\frac{e^{\frac{x}{a}}}{\frac{1}{a}e^{\frac{x}{a}}} = -a = C'e$$

La figure indique clairement comment on peut vérifier la forme du pavillon en s'appuyant sur cette propriété.

En pratique, tout en donnant au pavillon un développement aussi grand que possible vers son embouchure, les constructeurs ne semblent pas être très fixés sur sa forme générale. Ils se sont également ingénié à trouver une matière fournissant un pavillon aussi dénué que possible de son propre. Ils emploient la tôle, plombée ou non, l'aluminium, le laiton, le bois, le carton, et même la terre cuite.

On peut, au lieu du pavillon, et c'est même préférable à notre avis, employer un système diffuseur dans le genre du « Diffusor » Pathé. Un cône en parchemin, papier ou carton, gommelaqué, tendu sur des cercles métalliques, vibre sous l'influence de l'action en son centre d'une armature actionnée par un moyen quelconque. Cette armature peut d'ailleurs être placée dans le sens de la concavité ou de la convexité. On semble gagner ainsi en netteté ce qu'on perd en intensité.

Enfin, quelques constructeurs américains commencent à employer des boîtes de résonance en bois, analogues à celles des gramophones. Jusqu'à présent le résultat n'est pas très probant.

Examinons maintenant quelques appareils réalisés. Ils sont basés, comme nous l'avons dit, sur les deux principes énoncés plus haut.

Le plus simple des haut-parleurs de la première catégorie est un simple récepteur, de préférence de résistance élevée, 2000  $\omega$  au moins, et réglable, auquel on adapte un pavillon ou un diffuseur de sons. Le pavillon sera de préférence en métal épais ou en carton, ou bien encore

l'écouteur placé dans la concavité du diffuseur. On aura avantage à employer une plaque vibrante épaisse, en tôle ou même en mica, portant alors en son centre, une armature légère. On pourrait aussi faire reposer un diffuseur par sa pointe sur la membrane du récepteur et régler le contact au moyen d'une vis micrométrique (voir figures).

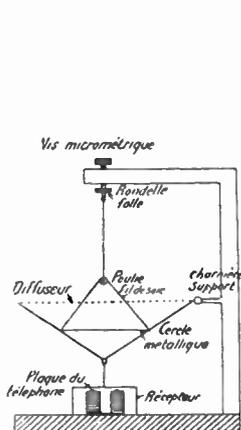


Fig. 2.

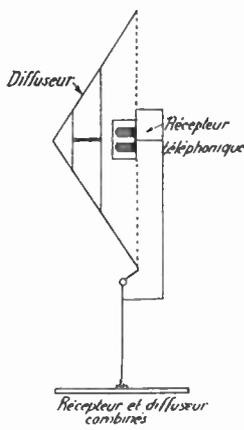


Fig. 3.

Le haut-parleur Ducretet est un récepteur ordinaire perfectionné. Le champ magnétique est plus intense et produit par un aimant de forte dimension, une vis agissant sur un coin permet de faire varier la distance des électros à la plaque. Cette dernière est plus épaisse que celle des récepteurs ordinaires. Le pavillon est en aluminium, et donne d'ailleurs nécessairement des vibrations parasites, surtout pour les réceptions fortes. La résistance des électros est généralement de 2 000  $\omega$ .

Le Siemens est un appareil du même genre dont l'aimant est en forme d'U ou en deux parties circulaires. Sur ce principe une maison française fabrique actuellement un modèle comportant un ensemble de plaques interchangeables suivant la force de la réception. De plus il est possible de faire varier la distance de la plaque en déplaçant celle-ci par rapport à l'électro. La résistance est généralement de 4 000  $\omega$ . Le pavillon est en tôle épaisse et affecte des formes variées et contournées. Les résultats semblent assez satisfaisants pour un petit poste d'amateur.

Le haut-parleur Le Las est un appareil du même genre. Les électros sont placés dans l'entrefer de deux aimants puissants de forme semi-circulaire. La résistance varie de 1 500 à 4 000  $\omega$ . Une vis placée dans le fond du boîtier permet de déplacer les électros. La plaque

vibrante est en tôle épaisse recouverte de cuivre. Le pavillon, en tôle plombée, a une forme très allongée. Ce modèle semble robuste et paraît donner des réceptions nettes; cependant il est moins sensible que le Brown dont nous allons parler.

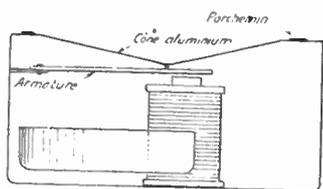


Fig. 4.

Le Brown est le plus sensible des haut-parleurs de cette catégorie. Ici l'électro n'agit plus directement sur le diaphragme mais sur une membrane épaisse placée en face des pôles. Sur cette armature est fixé un petit diaphragme conique, en aluminium mince, relié aux bords de la boîte du récepteur par l'intermédiaire d'un anneau de parchemin (cet anneau n'existe pas sur certains modèles). Une vis extérieure permet de rapprocher la membrane des pôles (voir fig. 4 et photo 1). Le champ est, bien entendu, très puissant et produit par un aimant en U. La forme du pavillon qui est en tôle épaisse varie suivant les modèles (photos 2 et 3).

Les résistances courantes sont de  $120 \omega$  et de  $4000 \omega$ , il est nécessaire d'employer des transformateurs de sortie, rapport 1/1 pour le  $4000 \omega$ , ces modèles étant très sensibles et par cela même assez fragiles. Pour une intensité moyenne les résultats sont bons.

Le haut-parleur S. F. R. est une combinaison d'un récepteur Brown ordinaire avec un diffuseur genre Pathé. Un cône de papier (genre papier à dessin) a son centre relié simplement à pression légère à l'armature du Brown dont on a, bien entendu, retiré le cône d'aluminium. La puissance de cet appareil est naturellement très faible pour les petits modèles, mais la réception suffisamment nette.

Examinons maintenant les haut-parleurs de la deuxième catégorie ou télégraphones, qui nous semblent d'ailleurs les plus intéressants; leur fonctionnement est basé, comme nous l'avons dit, sur le déplacement d'un cadre dans un champ magnétique.

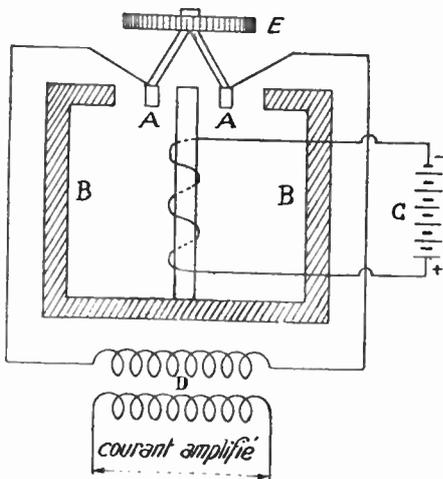
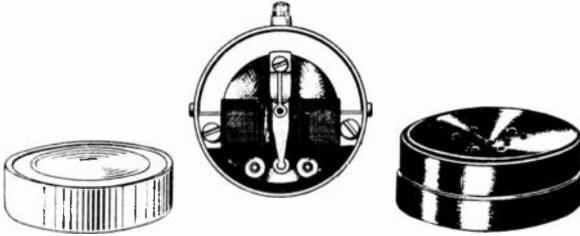


Fig. 5.

Le type de cet appareil est le Magnavox. Le champ est produit par un électro-aimant parcouru par un courant de 6 volts. Une petite bobine mobile est placée dans l'entrefer de l'électro. Le courant



venant de l'amplificateur est envoyé dans la bobine par l'intermédiaire d'un transformateur. La bobine transmet au diaphragme les mouvements vibratoires. Il est évident que l'appareil présente sur les précédents l'avantage d'une sensibilité plus grande, le champ magnétique étant très intense et la surface du diaphragme pouvant être augmentée dans de grandes proportions et surtout ses déplacements n'étant pas limités. C'est en outre un appareil entièrement mécanique, dont la solidité est remarquable et pouvant supporter les plus fortes réceptions. On peut ainsi donner des concerts dans de grandes salles ou même en plein air. En Amérique, on l'emploie souvent accouplé avec un microphone pour prononcer des discours en public. Il faut cependant se rendre compte qu'à partir d'une certaine limite la netteté de la parole varie en sens inverse de l'intensité. Il faut donc se contenter d'un modèle moyen et d'une amplification suffisante mais peu intense. Le pavillon a une forme variable, il est en laiton épais (voir photos en tête de l'article).

L'« ampliphone » est un Magnavox français. Basé exactement sur le même principe, son pavillon seul a une forme très différente. Le primaire de son transformateur a une résistance de 1500  $\omega$ . La plaque vibrante en maillechort est ondulée et a 80 mm de diamètre; son amplitude n'est pas limitée comme dans les récepteurs ordinaires. Le champ magnétique



de 18000 gauss est produit par un accumulateur de 6 volts débitant 0,98. Les résultats sont comparables à ceux du « Magnavox ».

Dans le télégraphophone Baudouin, le champ est produit par un électro-aimant parcouru par un courant de 4 à 110 volts. Le pavillon est remplacé par un diffuseur Pathé actionné directement par la bobine mobile. La netteté est bonne, mais l'amplification plus faible.

En résumé, en attendant la découverte de haut-parleurs fondés sur des principes nouveaux, les meilleurs appareils actuels, à notre avis, paraissent être les appareils de la deuxième catégorie; ils l'emportent en solidité et en puissance à égalité de netteté. Le pavillon, dont on n'a pas encore trouvé pratiquement la forme idéale, ni la matière, devrait seulement être remplacé par un diffuseur au système analogue qui a l'avantage d'atténuer les vibrations parasites; c'est là une simple question de mise au point.

Le résultat obtenu, s'il n'est pas parfait, car la question complexe de la construction de ces appareils est encore à résoudre, sera, si l'on se contente d'une intensité moyenne, suffisant pour obtenir une bonne audition de la parole et de la musique.

P. HÉMARDINQUER,  
*Ingénieur-constructeur.*

## INSTALLATIONS & RECHERCHES

**Un poste d'amateur.** — Voici la description d'un petit poste qui donne toute satisfaction au point de vue du rendement et de sa simplicité.

Il permet la réception sur toutes longueurs d'onde depuis 400 m jusqu'à 24 000 m entretenues et amorties.

On utilise deux systèmes de collecteurs d'onde :

Le 1<sup>er</sup> composé d'une petite antenne 2 fils de 11 m distants de 1 m.

Le 2<sup>e</sup> composé d'un cadre 1 m × 1 m ayant 100 spires de 9/10 tendues dans l'air, chaque spire espacée de l'autre de 3 mm environ. Le cadre est surtout employé quand on a besoin de sélectionner.

Un dispositif très simple d'inverseurs permet de passer rapidement de la réception sur antenne à la réception sur cadre et inversement.

Le cadre étant en somme un secondaire de réception couplé directement

avec le poste émetteur, permet de supprimer l'emploi du Tesla, appareil encombrant et coûteux pour les grandes longueurs d'onde.

Le montage de réception est un montage dérivation, composé d'une self à couche unique et de selfs en galette, un dispositif de manettes permet un réglage de la self totale par bonds de dix spires, les selfs en galette sont disposées à l'intérieur du tube sur lequel est bobinée la couche unique, cette disposition réduit l'encombrement au minimum (l'ensemble des selfs a 10 cm de longueur sur 110 de diamètre). Un condensateur variable à air, aux bornes des selfs, vient compléter le réglage du circuit oscillant. Le condensateur variable se trouve connecté automatiquement aux bornes du cadre quand on utilise celui-ci à la réception; dans ce cas, des capacités fixes additionnelles peuvent



s'ajouter au condensateur variable pour compléter l'accord dans les grandes longueurs d'onde. Les selfs, soit couche unique, soit galettes, peuvent être intercalées dans le circuit oscillant du cadre pour ne pas utiliser trop de capacité dans l'accord sur les grandes longueurs d'onde; cette disposition a également pour but, par l'intermédiaire de la bobine de réaction, la réception en autodyne.

Un inverseur bipolaire permet d'employer, soit simplement un détecteur galène, soit un amplificateur haute fréquence à résistances à deux étages. Ces appareils sont placés sur la même boîte.

Un amplificateur basse fréquence à 2 étages et à transformateurs améliore la réception, soit sur cristal, soit sur lampes. Un transformateur de sortie de rapport = 1 peut être intercalé dans le circuit plaque de la dernière lampe utilisée.

Un commutateur à 4 pôles effectuant les connexions nécessaires et allumant les lampes permet de prendre soit 0 lampe, soit une, soit deux; un rhéostat de chauffage règle la tension la plus efficace au filament.

L'hétérodyne complétant l'installation a pour but : 1° réception des petites longueurs d'ondes entretenues sur cristal; 2° réception des grandes longueurs d'onde par la combinaison hétérodyne et autodyne donnant une sensibilité et une syntonie remarquable.

Voici enfin quelques résultats obtenus avec ce poste sur cadre 1 m X 1 m : FL à 25 m des écouteurs, réception de la téléphonie du même poste, assez distinctement pour comprendre la parole, distance de FL 400 km.

P. FONTENEAU.

**Dispositif de charge d'une batterie d'accumulateurs (80<sup>v</sup>) destinée à fournir le courant de plaque aux audions des appareils de réception par télégraphie sans fil.** — Le bon fonctionnement des lampes à 3 électrodes pour la réception des messages envoyés par télégraphie sans fil ne

cessite l'emploi d'une source d'énergie électrique capable d'un faible débit sous 80<sup>v</sup> environ.

On peut à cet effet utiliser :

- 1° Une pile électrique;
- 2° Une distribution de courant industriel;
- 3° Une batterie d'accumulateurs.

La batterie de piles est d'un prix relativement élevé, sa tension n'est pas constante, elle s'use assez vite, son emploi ne nous paraît indiqué que si l'on ne dispose pas de courant.

L'emploi du courant industriel présente l'inconvénient qu'il est difficile d'étouffer des bruits parasites provenant ou des alternances du courant,

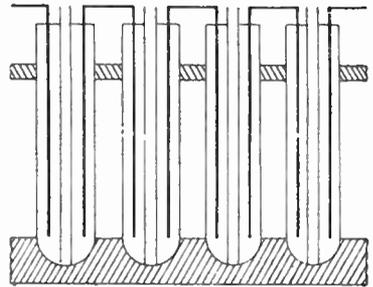


Fig. 1.

ou des génératrices, ou des moteurs branchés sur le réseau, ou des variations de charge du réseau.

La batterie d'accumulateurs, dès lors qu'on dispose d'une distribution de courant, nous paraît être la source d'énergie la plus économique d'acquisition et d'entretien, la plus constante et la plus favorable pour la bonne audition des signaux.

Vu le faible débit exigé pour trois ou quatre lampes, elle peut être établie très simplement de la façon suivante :

Une lame de plomb de 1 mm. d'épaisseur, 10 mm de large et 350 mm de long est recourbée en forme d'U renversé; chaque extrémité plonge dans un tube à essai de 16 X 160, de façon à réaliser la disposition indiquée au schéma figure 1. Les tubes remplis de l'électrolyte ordinaire son

maintenus dans une cage de bois paraffinée. Dans chaque élément, les plaques de polarité différente sont séparées par un tube de verre.

Pour conserver cette batterie en constant état de service, il suffit de la maintenir sous charge d'une façon ininterrompue : un très faible courant (quelques milliampères) suffit.

Si l'on dispose de courant continu, la batterie est couplée au réseau en intercalant les résistances pour limiter à sa valeur l'intensité du courant.

Si le courant disponible est alternatif, l'emploi d'un audion usagé permet de réaliser un dispositif de charge bien simple pour lequel le schéma ci-

Courant à vide Ferrix, 16 milliampères environ ;

Courant en charge Ferrix, 36 milliampères environ ;

Courant de charge de la batterie, 4 milliampères environ.

Ces chiffres ont été relevés avec un ampèremètre thermique sous un voltage de 120<sup>v</sup>.

Depuis deux ans que nous avons en service des batteries de ce genre, nous en avons eu toute satisfaction.

Il serait intéressant que l'industrie puisse établir à bon marché des lampes utilisées ainsi comme soupapes.

J. VINSON

(Ingénieur E. C. P. et E. S. E.).

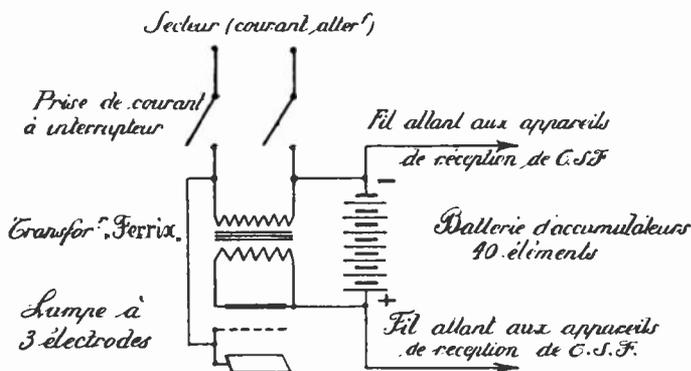


Fig. 2.

joint (figure II) donne toutes les indications nécessaires.

Un transformateur à faible consommation, genre Ferrix, fournit le courant utile pour le chauffage du filament de la lampe.

La batterie est laissée en charge jour et nuit. Au moment où on l'utilise pour les réceptions, il suffit de couper l'arrivée de courant pour éviter tout bruit parasite.

La dépense d'énergie est si faible qu'un compteur ordinaire ne démarre pas.

Nous avons relevé pour une installation de ce genre, réalisée avec un petit transformateur Ferrix, les consommations suivantes :

**Indications sur le montage d'un poste récepteur de téléphonie sans fil.** — Le montage suivant a donné de bons résultats :

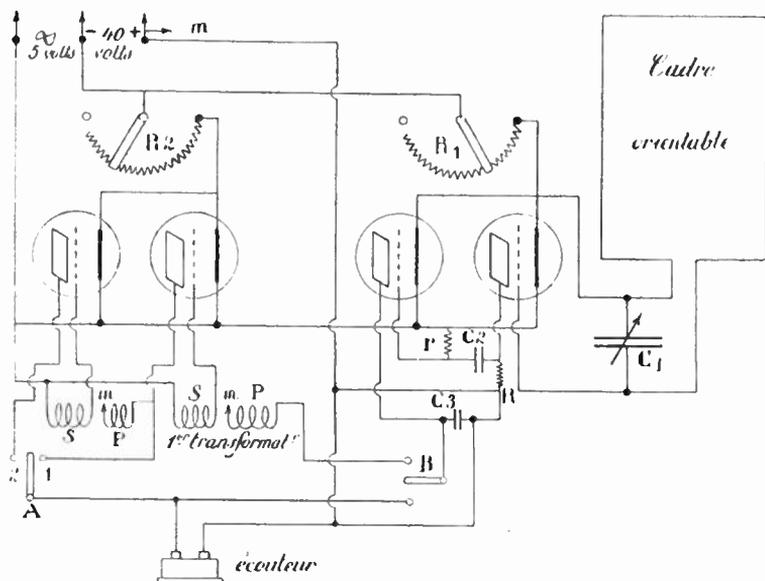
Le circuit oscillant est constitué par un cadre de un mètre de côté comportant 60 spires de fil émaillé 6/10<sup>e</sup>. Un curseur permet le réglage spire par spire. Aux bornes de ce cadre est disposé un condensateur variable de 2/1000<sup>e</sup> de microfarads.

L'appareil de réception comprend 2 lampes HF et 2 lampes BF.

L'amplificateur HF a les caractéristiques suivantes :  $R = 80\ 000\ \omega r = 5$  mégohms  $C^1\ 3/1000^{\circ}\ C^2 = \frac{3}{10\ 000}$  microfarads.

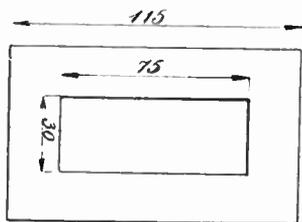
Les commutateurs A et B permettent de prendre une ou deux lampes BF. Le 1<sup>er</sup> transformateur est à rap-

L'amateur pourra construire presque tout le matériel lui-même : les résistances R et r sont constituées par un



port 5, le 2<sup>e</sup> transformateur est à rapport 3. Les bornes marquées « m » sont reliées au + 40 volts et à la masse magnétique de chaque transformateur. Le casque comprenant 2 écou-

trait de graphite sur une planchette d'ébonite, les condensateurs fixes par deux lames d'aluminium séparées par une plaque de mica, les transformateurs BF pourront aussi être bobinés. Quant au transformateur de chauffage (110/5<sup>v</sup>) dont la carcasse est indiquée ci-contre, il comporte 70 spires au primaire et 1.500 au secondaire.



teurs de 2 000 ohms montés en série a donné de bons résultats.

La tension de plaque est fournie par 30 éléments Leclanché.

Le chauffage des lampes est fourni par l'alternatif avec transformateur abaisseur.

En résumé, comptant l'achat du condensateur variable, des écouteurs et des lampes, on peut évaluer à 200 francs la dépense maxima y compris l'ébénisterie.

Les résultats suivants ont été obtenus : la Tour en amorties est reçue le casque sur la table, à 1,4 kilomètres de Paris, avec trois lampes.

Avec 4 lampes, la téléphonie sans fil de FI est entendue très distinctement à deux mètres du casque.

VOISIN.

## CORRESPONDANCE ET INFORMATIONS

### Réponse à « Qu'en pensez-vous ? »

M. Barel nous écrit de Bordeaux :

Sur la demande d'un de vos lecteurs vous avez posé dans *l'Onde Électrique* de mai 1922, la question de savoir quel est le montage donnant les meilleurs résultats pour la réception de la téléphonie de la Tour Eiffel. Je vous fais part de mes observations personnelles sur ce sujet, un peu inquiet néanmoins d'abuser de votre temps.

D'abord les résultats : je reçois à Bordeaux, en pleine ville, dans le fracas des lignes aériennes de force et de tramways, la Tour en téléphonie sur une lampe HIF et une détectrice, suivies d'une lampe BF, soit trois lampes en tout. Le collecteur est, soit une antenne à quatre fils de 15 m prismatique (arête = 1 m), soit une bifilaire en T de 30 m; celle-ci donne une réception plus intense, mais pas plus nette. Dans les deux cas la force des signaux au casque est bonne, c'est-à-dire qu'il n'est pas nécessaire de faire silence autour de l'opérateur, ni d'arrêter les pendules; par de bonnes journées sans parasites, il est même possible d'écarter les récepteurs à quelques centimètres des oreilles.

Ensuite les appareils : le circuit oscillant *actuel* est composé de cadres en bois de 0 m 50, 0 m 40 et 0 m 20 de côté sur 0 m 15 d'épaisseur, constituant respectivement les secondaire, primaire et *réaction*. Secondaire, 70 spires utilisées (fil 6/10 coton), primaire, 50 spires, réaction, 40 à 50 spires.

L'amplificateur, du type à résistances, a été construit par mes soins, le transformateur BF est un Brunet, rapport 5. Il est à remarquer que ce dernier appareil ne déforme absolument pas la voix, qui est d'une *très grande pureté*.

Prix de revient : en prenant le soin de monter tous ses appareils sur ébo-

nite, l'amplificateur HIF deux lampes revient (rhéostat à cinq plots compris) à moins de 20 francs, lampes non comprises bien entendu. Quant au reste, il suffit d'utiliser les objets errants dans les maisons pour les confectionner. Le transformateur Brunet diminuant de prix chaque jour, on ne peut rien fixer.

Les accumulateurs de plaque sont formés de tubes à essais contenant la liqueur sulfurique et des plaques de plomb. Pour obvier à l'inconvénient de ces appareils (très faible capacité), j'ai été amené à établir deux batteries semblables composées d'un même nombre de tubes et que des commutateurs à deux directions permettent de mettre, soit en charge, soit en service; ces commutateurs sont mécaniquement solidaires et il est facile de remplacer en un temps de très courte durée, la batterie épuisée, par la batterie fraîche. Pendant ce temps, la première se recharge (sur secteur 110 v. continu) et une demi-heure après le cycle recommence en sens inverse, si nécessaire.

Mode opératoire : La réception s'effectue sur les appareils décrits, de deux façons différentes : 1° En autodémodulation. Pour ce faire, il faut amener le récepteur dans la zone de silence du trait continu émis par les lampes au moyen d'un condensateur variable de très faible capacité (en pratique une lame mobile et une fixe à 1.5 mm) tout en restant très près de la limite de décrochage des oscillations locales. C'est d'ailleurs le mode usuel de réception des entretenues, sauf les battements.

2° Par régénération. C'est la méthode utilisée pour la réception des amorties, toujours en maintenant le cadre sur la limite de l'accrochage, sans toutefois y atteindre.

On peut passer d'un système à l'autre en faisant varier l'angle du

cadre de réaction et en modifiant la valeur du condensateur convenablement.

L'accouplement des circuits primaire et secondaire paraît avoir là, plus qu'ailleurs, une très grande importance : pour certaines valeurs convenables, la voix acquiert une sonorité extra-naturelle, qui ne laisse pas d'étonner ceux qui l'entendent pour la première fois. On a l'impression d'un écho lointain, mais ne troublant pas l'audition, bien au contraire. Cela est cristallin, vibrant, un peu comme OUI mais très pur.

Je crois avoir répondu aux questions que vous avez bien voulu poser, mais je ne considère pas cet instrument comme définitif. Il y a lieu de remplacer les cadres encombrants, par des bobines en galettes ou en nid d'abeilles ou encore en fond de panier. Un dispositif *micrométrique* devra être *constitué* pour obtenir le meilleur rendement possible de la réaction. Le nouvel engin en construction comprendra ces modifications et de plus un condensateur de liaison plaque-grille variable.

Il est peut-être bon de remarquer ici qu'avec les trois lampes ci-dessus et un cadre de 2 m de côté à 22 spires espacées d'un centimètre, il a été possible d'entendre la téléphonie d'une façon fort acceptable, plus faible, mais plus pure. Dans ce dernier cas, l'autodyne en silence s'impose.

Je pense n'avoir rien omis qui puisse, sinon vous intéresser, tout au moins vous donner idée de ce qu'on peut avoir à 600 kilomètres de la Tour.

P.-S. — Il est avantageux d'établir des circuits de manière à pouvoir se passer d'un condensateur antenne-terre. Dans tous ces appareils il n'y a qu'un *seul condensateur* variable (Bonnefont, coût 15 fr. par exemple).

M. George, à Liège. — Vous trouverez dans le présent numéro l'article de M. Hémarquin sur les haut-par-

leurs. Le concours Lépine, à Paris, a dans ses stands de nombreux modèles exposés et vous trouveriez, là aussi, une source d'informations intéressantes.

### EXAMEN D'APTITUDE à l'emploi de radiotélégraphiste de bord.

La date de la prochaine session d'examen pour l'obtention du certificat d'aptitude à l'emploi de radiotélégraphiste de bord est fixée au 26 septembre, à Saint-Nazaire.

Les candidats se réuniront à l'Hôtel des Postes de Saint-Nazaire.

Ils devront être munis de papier, porte-plume, plumes et encre.

Les examens commenceront à 9 heures.

Les dossiers complets et réguliers des candidats devront être adressés avant le 18 septembre au Service de la Télégraphie sans fil, 5, rue Froidevaux, Paris (XIV<sup>e</sup>); passé ce délai, les déclarations de candidature ne seront plus acceptées.

Les candidats qui se sont présentés aux examens antérieurs et dont les dossiers sont en instance au Service de la Télégraphie sans fil transmettront simplement leurs demandes dûment établies sur papier timbré à 2 francs en rappelant que les autres pièces ont été adressées antérieurement et indiqueront le ou les systèmes d'appareils de télégraphie sans fil sur lesquels ils désirent être examinés.

Pour Marseille, la date de la prochaine session d'examen pour l'obtention de l'emploi de radiotélégraphiste de bord, est fixée au 1<sup>er</sup> octobre 1922. Les candidats se réuniront à l'annexe de la Faculté des Sciences, 72, rue Reynard. Les examens commenceront à 14 heures. Les dossiers doivent parvenir avant le 2 octobre à Paris.