

L'ONDE ÉLECTRIQUE

PUBLICATION

DE LA

SOCIÉTÉ DES AMIS

DE LA

T.S.F.

DEVELOPMENT AND

RESEARCH LIBRARY

AMERICAN TEL. & TEL. CO.

155 N. W. WAY, NEW YORK, N.Y.



SOMMAIRE

M. LARDRY

Nouvelle contribution à l'étude de la propagation
des ondes.

L. BRILLOUIN et E. FROMY

Les circuits poly-ondes.

L. OLLAT

Etude expérimentale de la résonance des circuits couplés.

E. FROMY

Présentation d'un ondemètre-hétérodyne.

M. TOURROU

Étude expérimentale des influences locales
sur la réception des ondes courtes.

Chronique du mois -:- Informations -:- Analyses

Étienne CHIRON, Éditeur

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, ::

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
 T61 : FLEURUS 47-49

SOCIÉTÉ DES AMIS DE LA T. S. F.

H. ABRAHAM,
 Professeur à la Sorbonne

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

Société des Ingénieurs Coloniaux

FONDATEURS

A. BLONDEL,
 Membre de l'Institut

Général FERRIÉ,
 Membre de l'Institut

A. PÉROT,
 Professeur à l'École Polytechnique.

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

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

COMITÉ DE PATRONAGE

MM.

† Georges LEMOINE, président de l'Académie des Sciences.

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

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

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

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

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

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

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

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

MM.

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

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

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

Société des Ingénieurs Coloniaux
 J. LE CESNE, président de l'Union Coloniale française.

Raynald LEGOUEZ, 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, inspecteur général des Postes et Télégraphes.

INSTITUT DE T. S. F.

DE

L'ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL

Fondée en 1905 — J. GALOPIN, Ingénieur-Directeur

152, avenue de Wagram, PARIS-17^e

COURS SUR PLACE. — COURS PAR CORRESPONDANCE

P. T. T. : Diplômes d'opérateurs de 1^{re} et 2^e classe.

Marine marchande : Brevets d'officiers

Marine militaire : Manipulants, lecteurs au son, chefs de poste.

Armée : Manipulants et lecteurs au son pour le 8^e Génie et l'Aviation, chefs de poste et élèves officiers.

Amateurs : Diplôme spécial délivré par l'École.

Brochure n° 806 gratis.



NOUVELLE CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE LA PROPAGATION DES ONDES

Par M. LARDRY

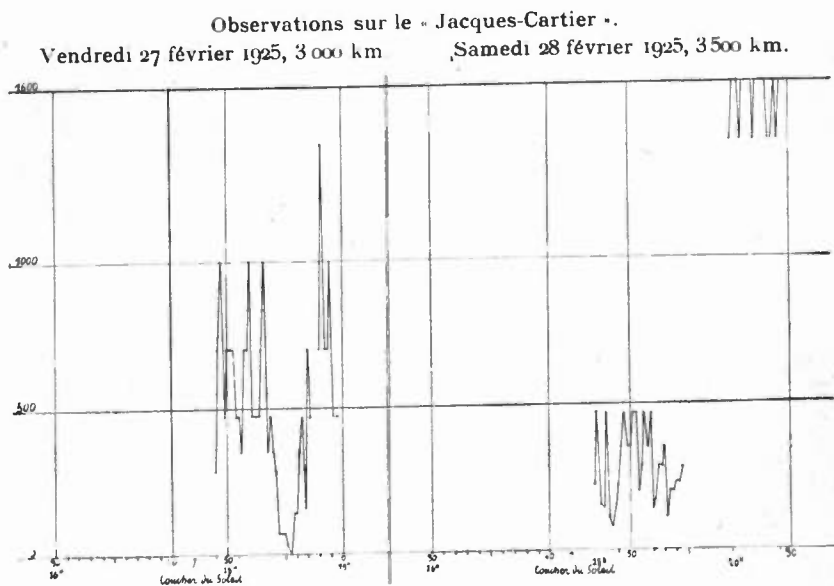
*Membre du Bureau de Coordination des Observations scientifiques
d'Amateurs (U. R. S. I.)*

(Suite et fin) ⁽¹⁾.

Onde de 50 mètres du « Jacques-Cartier ».

Voyage: Havre-Golfe du Mexique-Havre du 20 février au 6 avril 1925. Heures d'émission: 16 h. 20, 18 h. 40, 20 h. 15.

Les très intéressants résultats obtenus par M. Colmant ⁽²⁾ sur l'onde de 50 mètres m'ont incité à étendre mes recherches aux ondes



de plus en plus courtes. Mais bien que mon récepteur (toujours le même) s'adaptât parfaitement aux ondes si courtes, il me manquait

⁽¹⁾ *Onde Électrique*, septembre 1925, p. 355.

⁽²⁾ *Onde Électrique*, janvier 1925.

Voyage du « Jacques-Cartier », février-avril 1925.

Moyennes des intensités de réception — 16 h. 20; — 18 h. 40; — 20 h. 15

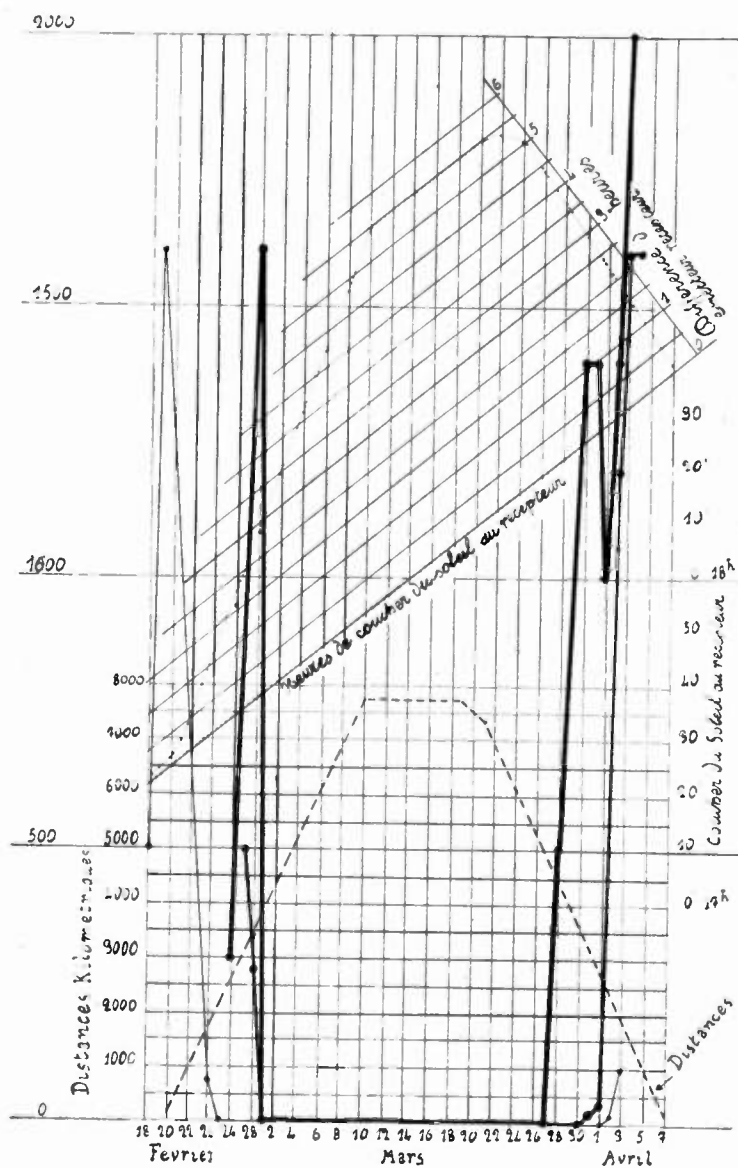


Fig. 15.

totallement des émetteurs sérieux, travaillant tous les jours, aux mêmes heures et dans les mêmes conditions. Il m'a fallu attendre. Heureusement, depuis janvier, je suis satisfait et, actuellement, j'ai de quoi travailler.

Le *Jacques-Cartier* est parti du Havre pour Galveston (Golfe du Mexique) le 20 février. Sa route aller était Sud des Açores, sa route retour Nord des Açores. Le 18 et le 19 février, il a travaillé sur

Observations sur le « Jacques-Cartier », 28 mars 1925. 4 500 km.

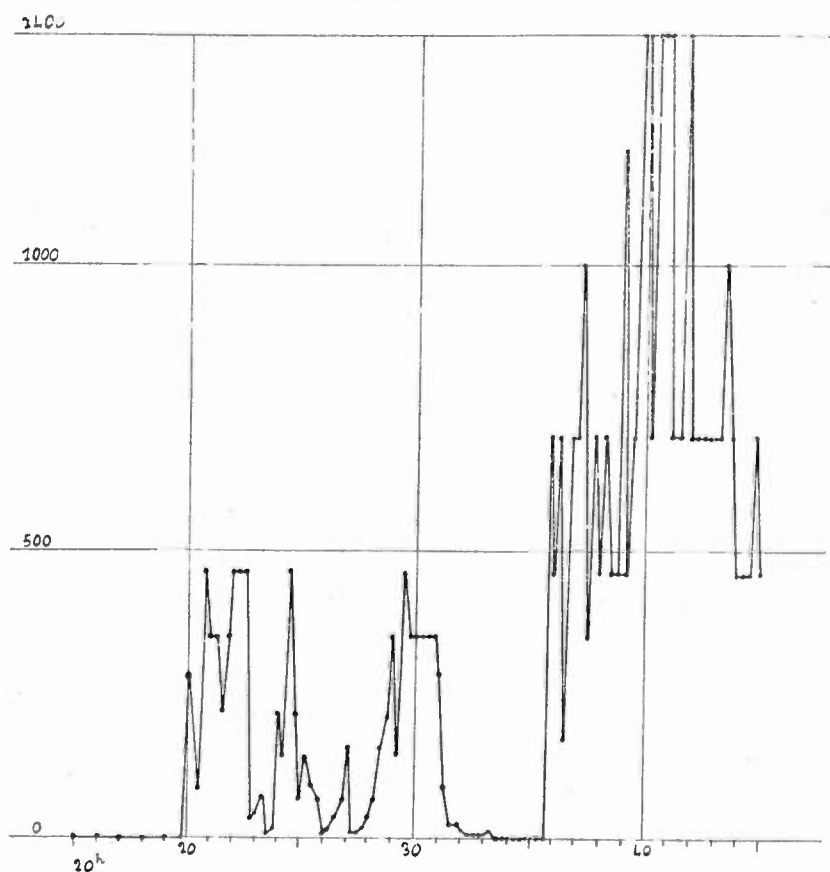


Fig 16.

50 mètres avec Tunis, à 13 heures, puis, à partir du 20, à 16 h. 20, 18 h. 40 et 20 h. 15.

La figure 14 montre que les variations d'intensité de réception sont identiques à celles obtenues sur 450 et 115 mètres.

Ce qu'il y a de curieux, c'est la décroissance de l'intensité moyenne avec la distance (fig. 15). Au départ, les intensités de réception ont été les mêmes le jour et la nuit. Puis j'ai perdu contact à 16 heures, le 25 (2 000 kilomètres), à 19 heures et à 20 heures, le 1^{er} mars (3 500 kilomètres). Je dois cependant signaler que je ne suis pas très sûr d'une perte de contact aussi brutale, car le *Jacques-Cartier*, sans avis préalable, a changé de longueur d'onde vers le 1^{er} mars et j'ignore exactement la date. Par contre, je suis certain du retour.

Observations sur Casablanca, A I N, 50 mètres : 9 mars 1925.

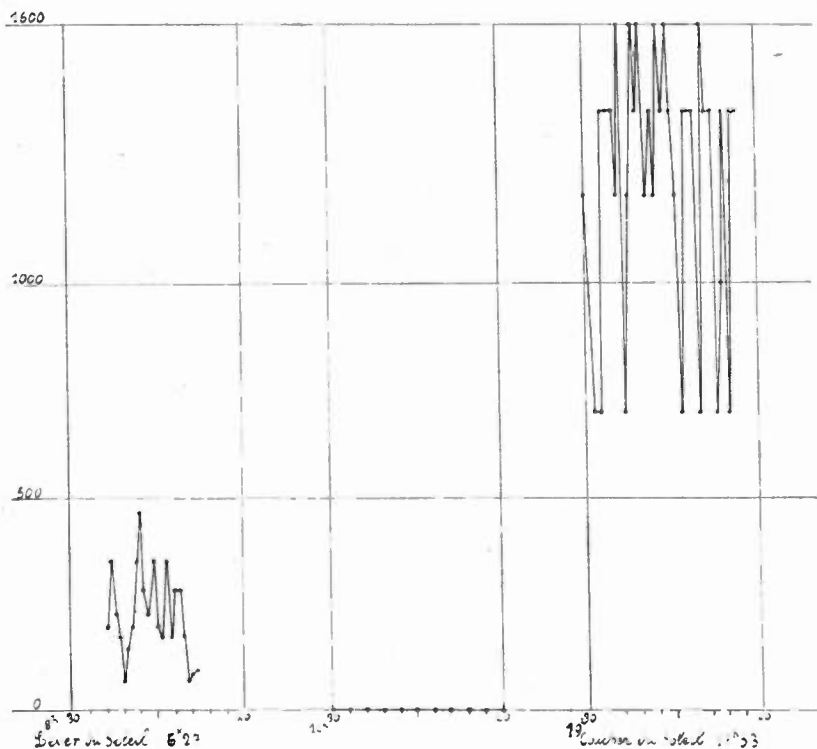


Fig 17.

Du 1^{er} au 27 mars, je n'ai pu, à aucun moment, avoir le *Jacques-Cartier*. Le contact a été repris à 20 heures le 28 mars (4 500 kilomètres), à 19 heures le 31 (3 000 kilomètres), à 16 heures le 2 avril (2 000 kilomètres). Il est à remarquer que malgré le retard du coucher du soleil, le contact a été repris à des distances sensiblement les mêmes, plutôt plus grandes que lors des disparitions. Sur le gra-

Observations sur Casablanca, AIN 50 mètres : 30 mars 1925.

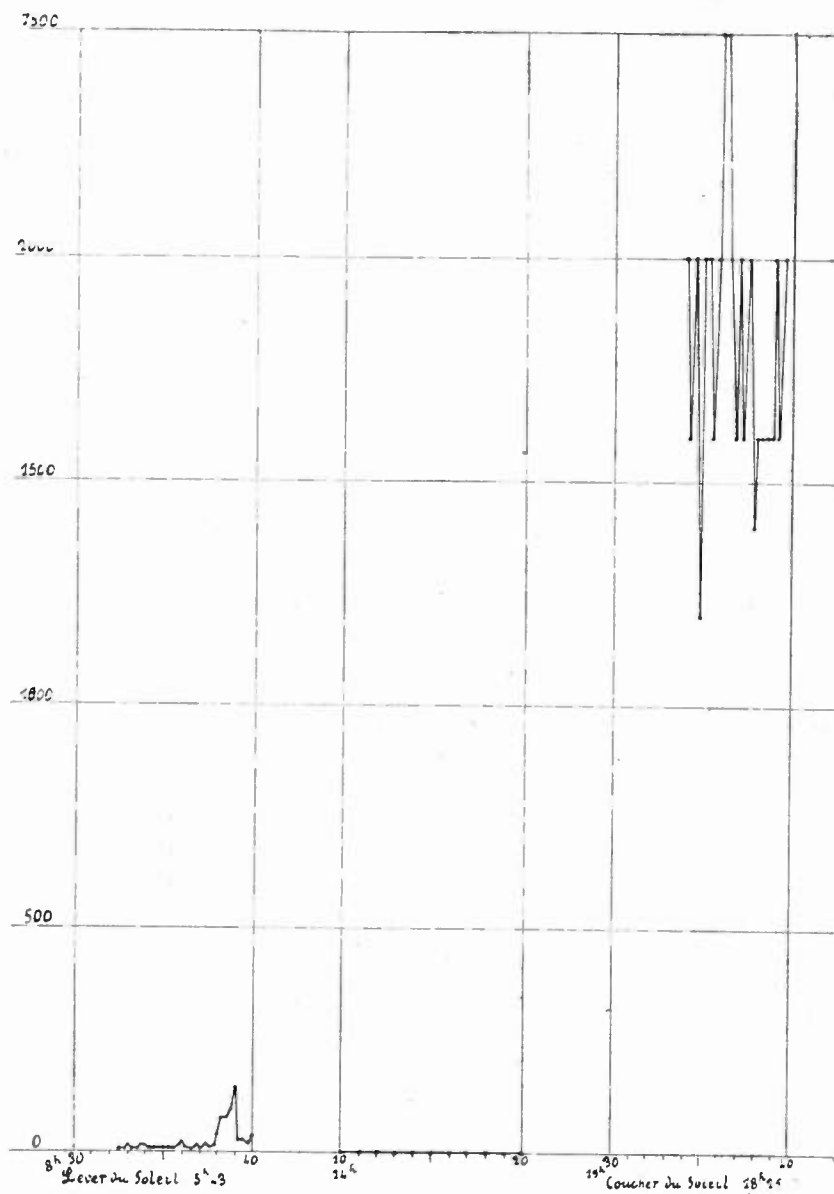


Fig. 18.

phique, l'heure du coucher du soleil à l'émetteur s'obtient en ajoutant à l'ordonnée verticale déterminée par la ligne « heures de coucher du soleil au récepteur » l'ordonnée oblique « différence d'heures entre émetteur et récepteur », l'addition se faisant selon la verticale.

La façon brutale dont j'ai repris contact avec le *Jacques-Cartier* le

Casablanca Moyennes des intensités de réception de 19 h 30 à 19 h 40

Coucher du soleil : — — — à l'émetteur, — — — au récepteur

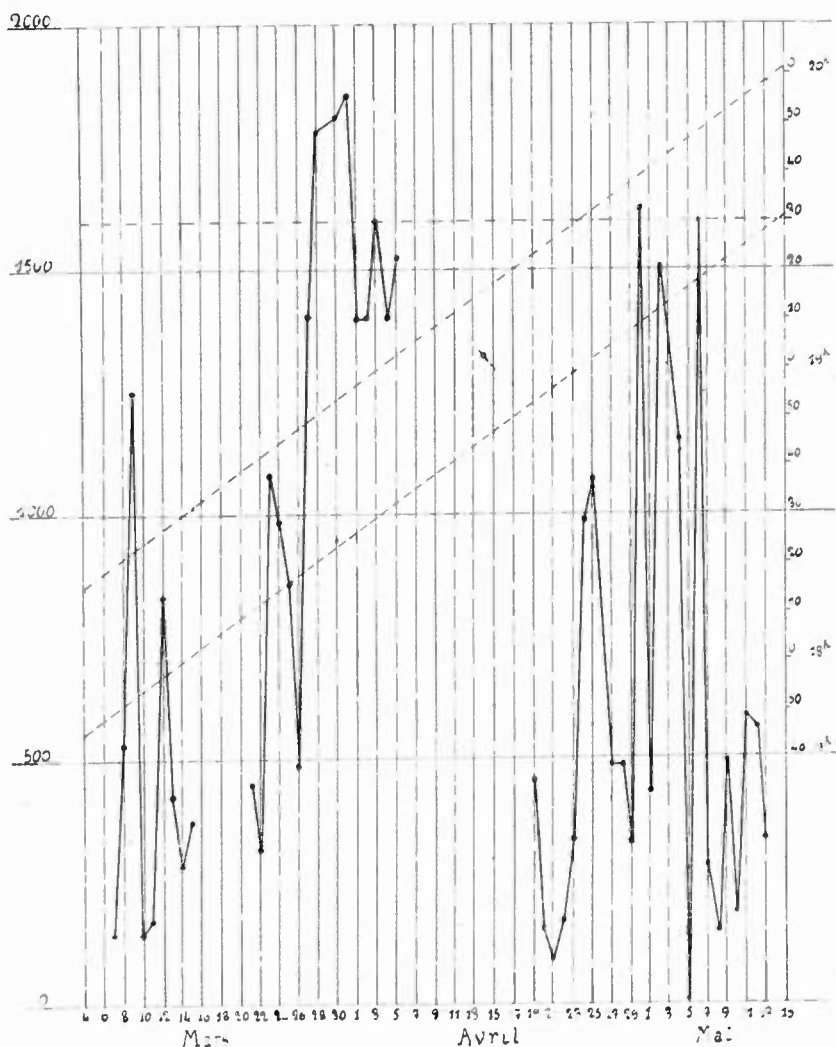


Fig. 19.

28 mars, alors que mon récepteur était accordé sur l'onde annoncée, vaut la peine d'être présentée (fig. 16). C'est exactement de la même façon que je l'ai accroché à 19 heures le 31 mars et à 16 heures le 2 avril. Nous verrons par la suite que c'est ainsi qu'au Mans apparaît et disparaît l'onde de 50 mètres d'Issy-les-Moulineaux.

Ondes de 50 mètres de Casablanca, AIN.

Distance émetteur-récepteur: 1 700 kilomètres; différence d'heure: + 30'.

Casablanca fait tous les jours des émissions de dix minutes à 8 h. 30, 14 h. 10 (par erreur, la figure 17 indique 14 h. 30) et 19 h. 30. J'écoute tous les jours depuis le 1^{er} mars.

Je l'ai reçu faible, mais très lisible les premiers jours, à 8 h. 30,

Casablanca, 10 mai 1925

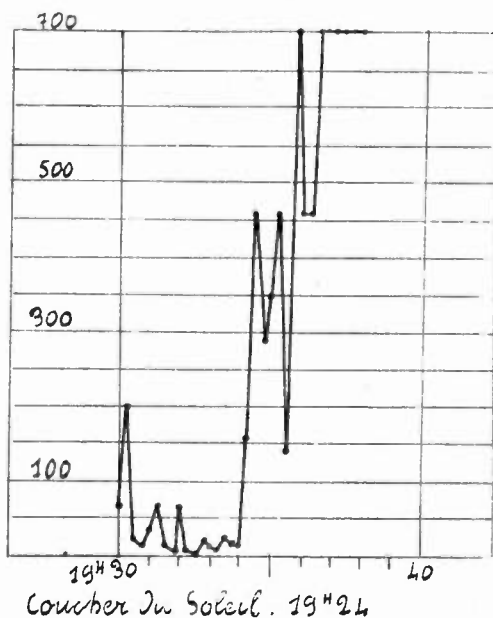


Fig. 20.

mais l'émission est allée en s'affaiblissant et, actuellement, je ne l'entends plus du tout (fig. 17 et 18).

Je n'ai jamais pu l'avoir à 14 h. 10.

Je l'ai en général très puissant à 19 h. 30. Cependant, il y a des variations d'un jour à l'autre (fig. 19). Certains jours même, je n'ai rien entendu et comme la liaison constante avec l'émetteur est assez difficile, j'ignore s'il y a eu émission ces jours-là (je les ai donc laissés en blanc sur le graphique). Ces grandes variations en apparence désordonnées ne m'émeuvent pas, bien au contraire. J'en conclus que, comme pour les 450 mètres de P. T. T., le 50 mètres du *Jacques-Cartier*, il y a un trou dans le courant de la journée sur le 50 mètres de Casablanca et que 19 h. 30 c'est l'heure du passage de l'affaiblissement au renforcement. Les jours où l'intensité moyenne a été très élevée, le passage a dû avoir lieu bien avant 19 h. 30, et les jours de moyenne faible, le passage a lieu peu avant 19 h. 30. Un peu de patience devait me permettre de vérifier cette prévision. En effet, le 10 mai, j'ai assisté au passage de l'affaiblissement au renforcement (fig. 20) tout comme j'avais les 28 mars (fig. 16) et 17 mai 1925 (fig. 5) été le témoin de la sortie de la cuvette pour le *Jacques-Cartier* et les P. T. T.

Onde de 50 mètres d'Issy-les-Moulineaux.

Distance : 170 kilomètres; différence d'heure : — 8'

J'arrive enfin à l'étude de l'onde qui a largement éclairé ma lanterne dans mes ténébreuses recherches sur la propagation.

Depuis janvier 1925, Issy-les-Moulineaux (indicatif YZ) fait tous les jours (sauf les dimanches et jours fériés) des émissions d'une demi-heure à 10 heures, 13 heures, 17 heures. Les mercredi, vendredi, dimanche, une émission de longue durée de 4 h. 30 à 6 h. 30 et les mardi, jeudi, samedi, une émission également de longue durée de 20 heures à 24 h. 30.

Des émissions quotidiennes et de longue durée sont seules capables de conduire à des résultats certains. En voici quelques-uns :

Les premières émissions ont montré que YZ ne pouvait être entendu au Mans que de jour. Au moment du coucher du soleil l'intensité tombe en une minute de 1 500 ou 2 000 à 100 et moins (fig. 21), puis toute réception cesse. Chute extrêmement rapide à rapprocher des réapparitions brutales du *Jacques-Cartier* (fig. 16), de Casablanca (fig. 20) de F L (fig. 10) et des P. T. T. (fig. 5). Chute à rapprocher également de celles moins brutales des P. T. T. (fig. 4).

Est-ce un effet solaire? Certains l'affirment. Quelques-uns même ont jusqu'à proclamer que des ondes se propagent mieux en plein

soleil contrairement à d'autres (les longues particulièrement) qui portent mieux de nuit. C'est ridicule, ainsi que le prouve la figure 22. On voit, en effet, qu'en janvier et février les extinctions ont lieu très souvent au moment du coucher du soleil, quelquefois cependant elles ont lieu une, deux ou trois heures après. En mars, l'écart s'accroît et

Observations sur YZ, 50 mètres. Jeudi 22 janvier 1925.

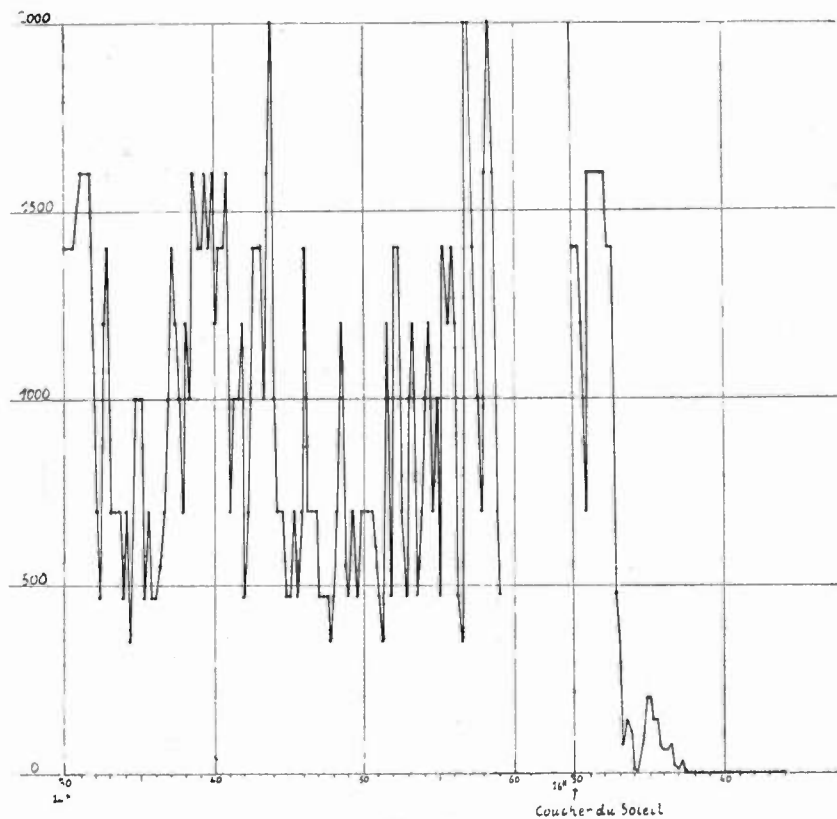


Fig. 21.

bien souvent les extinctions se produisent en dehors des heures de travail (cause de la raréfaction des pointés, bien que les observations soient quotidiennes) ou entre deux écoutes (lignes pointillées). En avril, l'écart croît tellement qu'il n'y a plus moyen de constater l'extinction pendant l'émission qui dure jusqu'à 23 h. 30, soit cinq heures après le coucher du soleil. Il faut des émissions spéciales prolongées très tard dans la nuit.

Le 22 avril, l'émission est prolongée jusqu'à 2 heures du matin, soit sept heures après le coucher du soleil, pas d'extinction.

Le 23 mai, j'ai suivi YZ en faisant des mesures toutes les quinze secondes au téléphone shunté depuis 19 heures (trente minutes avant le coucher du soleil) jusqu'à 5 h. 15 (une heure quinze après le lever du soleil). Sur la figure 29 qui résume l'écoute de cette nuit, je n'ai pu, vu l'exigüité du format, inscrire les mesures effectuées toutes les quinze secondes, je me suis contenté de tracer seulement la courbe enveloppe.

Observations sur YZ, 50 mètres Extinctions par rapport au coucher du soleil.

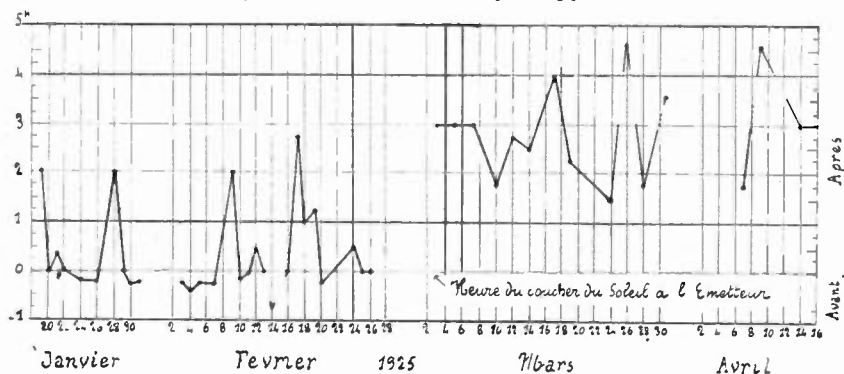


Fig 22

On voit ainsi qu'il n'y a pas eu d'extinction, mais un affaiblissement de courte durée au moment du lever du soleil.

Il m'a été permis de constater que, quelquefois, après extinction totale, l'audibilité remonte brusquement à une grande valeur, s'y maintient pendant un quart d'heure, une demi-heure au maximum, puis retombe à zéro. Par exemple, le 9 janvier, l'émission était assurée de 16 h. 30 à 23 heures. Impossible de la soupçonner de 16 h. 30 à 20 heures où très brusquement elle apparaît puissante. A 20 h. 25, affaiblissement progressif, à 20 h. 28, disparition absolue jusqu'à 23 heures.

Mêmes phénomènes les 4 et 7 février.

Sont-ce des cas isolés ou est-ce, au contraire, la règle ? Je ne puis l'affirmer. Faut-il voir une manifestation de ce phénomène dans la réapparition du 24 mai au moment du lever du soleil (fig. 29) ?

Une chose est certaine, c'est que depuis janvier l'extinction se produit de plus en plus tard. Mais pendant ce temps qu'est devenue la réception de jour ?

De jour, ai-je dit, la réception est puissante. Mais tous les jours, en février, mars et début d'avril (jusqu'au 5, date du changement d'heure), un phénomène curieux se manifeste sur l'émission de 13 heu-

Observations sur YZ, 50 metres Mardi 17 mars 1925.

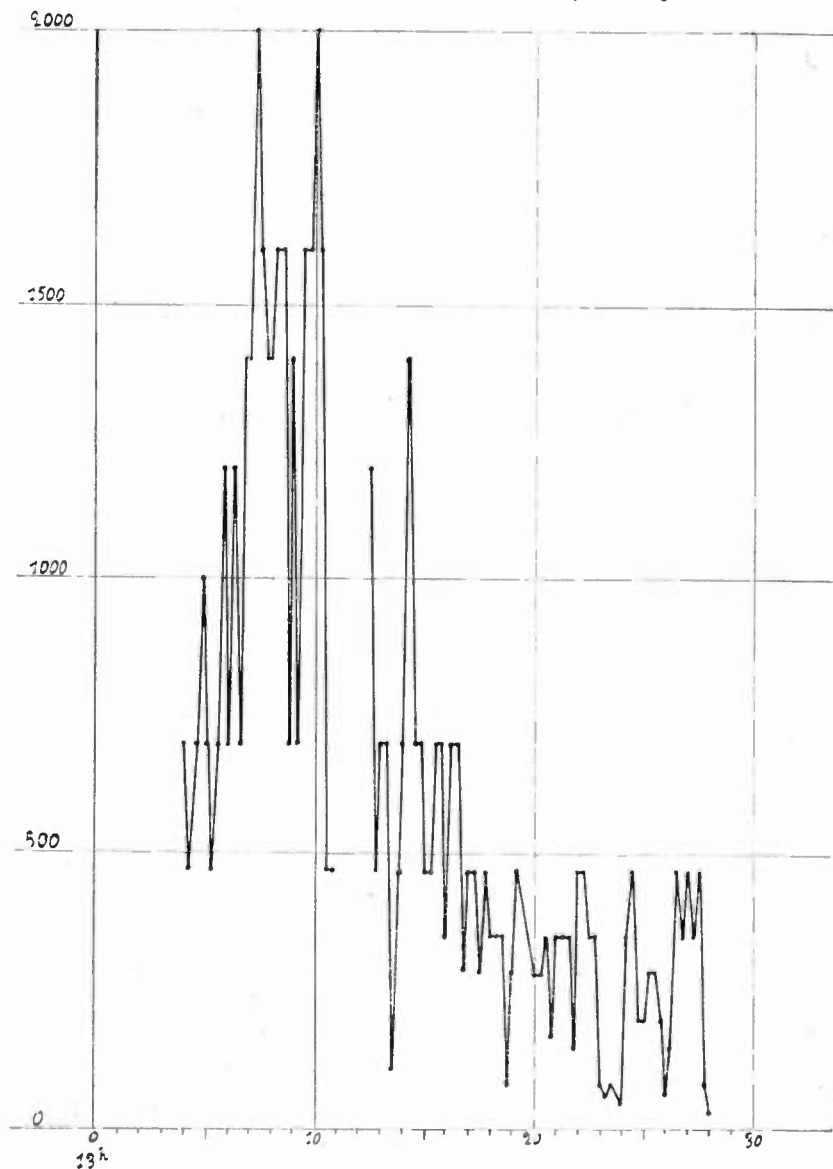


Fig. 23

res à 13 h. 30. Ou bien la réception est forte au début et décroît lentement (fig. 23), ou bien, au contraire, elle est faible au début et forte à la fin (fig. 24). Pour saisir les détails de ce phénomène, il aurait fallu étaler l'émission sur plusieurs heures. Mais la comparaison de l'émis-

Observations sur YZ, 50 mètres. Vendredi 20 mars 1925.

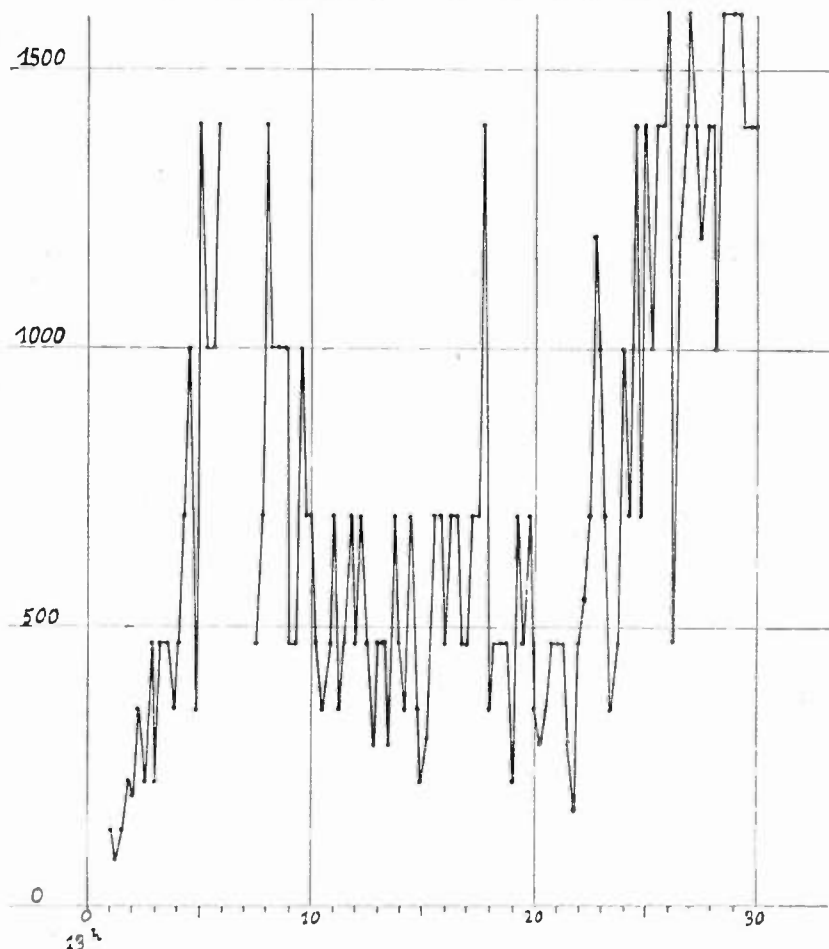


Fig. 24.

sion de 13 heures avec celles de 10 heures et 14 heures (janvier et février) m'incite à penser qu'il s'agit là d'un affaiblissement de faible durée analogue au réveil d'une demi-heure signalé plus haut au cours de certaines nuits.

Le 10 avril, la moyenne des émissions de jour est élevée (fig. 25) comme elle l'a toujours été depuis janvier. En raison des fêtes de Pâques, il n'y a pas d'émissions les 11, 12, 13 avril et c'est fort regrettable. En effet, le 14 avril, la moyenne de jour est très faible, avec des extinctions durant plusieurs minutes.

Eh bien, depuis cette date, la réception de jour est extrêmement faible, quelquefois totalement inaudible. La baisse très rapide, analo-

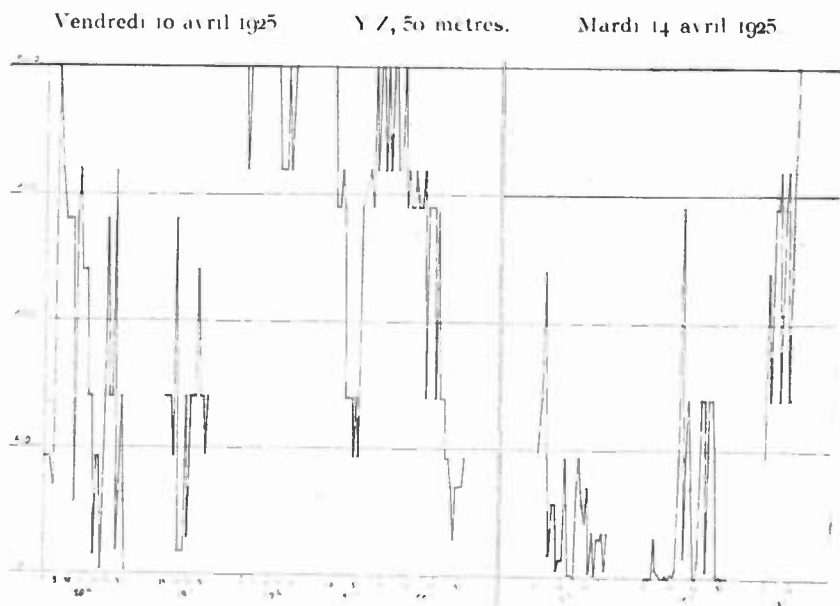


Fig. 25.

gue aux extinctions de nuit (fig 21), se manifeste entre 8 et 11 heures; la montée tout aussi brutale (fig 26), analogue à celle des P. T. T. (fig 5), a lieu entre 14 et 16 heures.

Je rappelle que mon récepteur n'a que deux lampes et que lors de son établissement j'ai, par parti pris, sacrifié la sensibilité aux dépens de la stabilité et de la constance d'étalonnage. Donc, lorsque je dis extinction ou illisibilité, il peut se faire qu'un autre récepteur, plus sensible, donne des résultats apparents différents. La preuve en a été faite le samedi 13 juin.

Ce jour-là, l'extinction a été remarquable sur mon récepteur normal. L'émission très puissante de 9 heures à 10 heures (audibilité 1400) est tombée en quelques minutes à zéro ou presque (audibi-

lité de 5 à 10), et ce régime absolu s'est maintenu jusque après 14 heures (heures d'arrêt de l'émission). A 16 heures, à la reprise, l'audibilité oscillait entre 700 et 1400. De 11 heures à 14 heures, j'ai eu la bonne fortune de recevoir une installation mobile comportant deux récepteurs : l'un à super-réaction, l'autre à réaction plus une basse fréquence. Placée sous mon antenne, cette installation a donné les

Observations sur Y Z, 50 mètres Mardi 21 avril 1925.

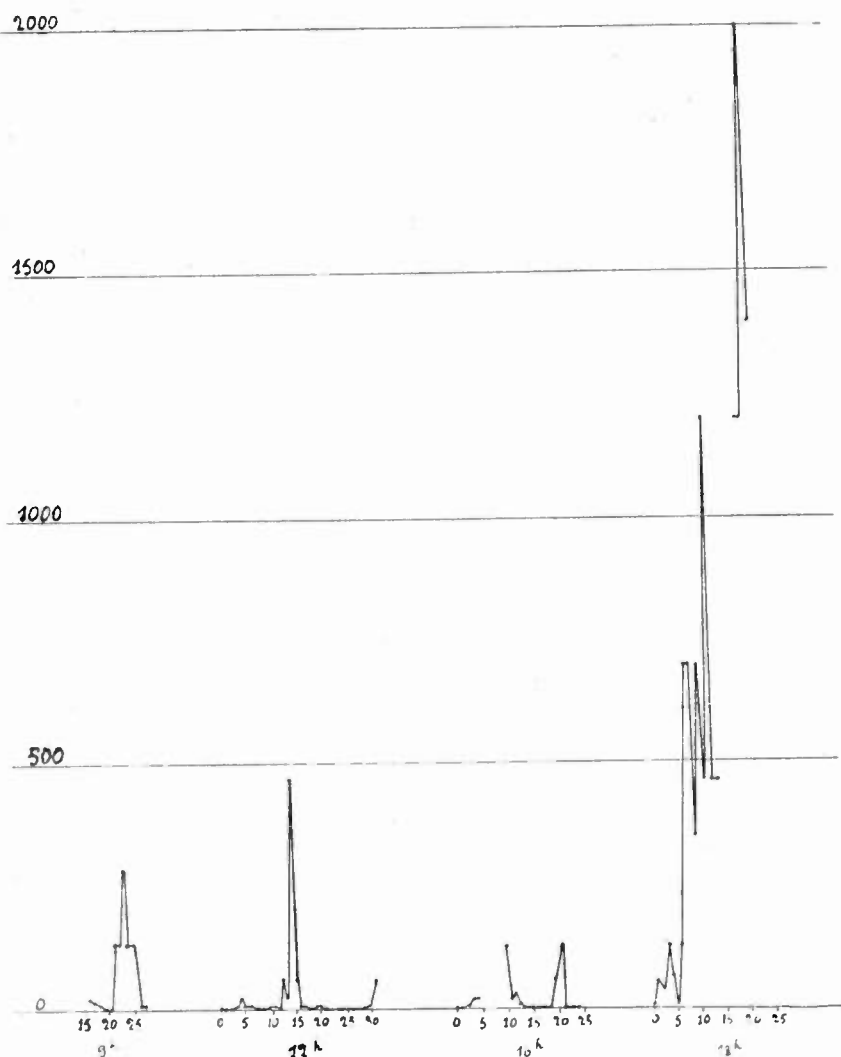


Fig 26

Observations sur Y Z. Mardi 21 avril 1925
 — 50 m ; --- 48 m.

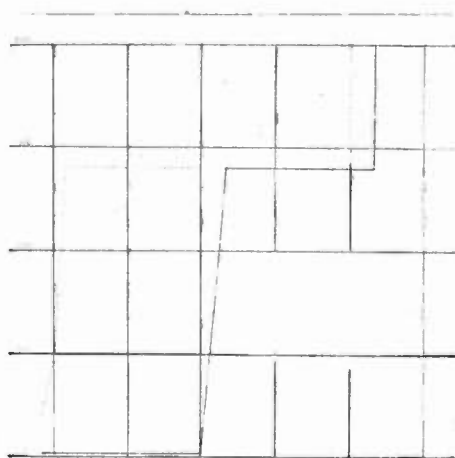


Fig. 27.

Y Z. — 50 m : --- 49 m 50.

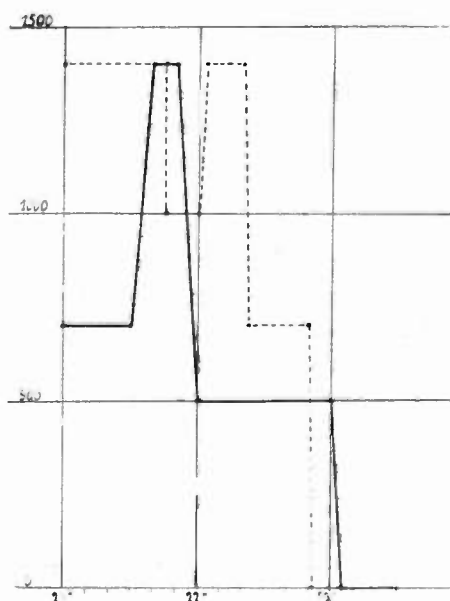


Fig. 28.

résultats que j'attendais, à savoir : puissant haut-parleur sur la super-réaction, bonne réception sur la réaction. Et ce pendant que mon récepteur normal donnait une réception à peu près nulle. Avant 10 heures et après 16 heures, mon récepteur me donnait une réception très puissante comparable à celle fournie par les autres récepteurs entre 12 et 14 heures.

Je ne m'étonne plus alors que des observateurs puissent me certifier qu'ils n'ont jamais constaté les phénomènes de variations rapides que j'ai toujours signalés. Leurs récepteurs trop sensibles se saturerent dans les pointes et nivellent toutes les variations. Il faut donc absolument rejeter les observations faites à l'oreille selon l'échelle habituelle de 0 à 9 ; elles ne signifient rien. Seules les observations faites au téléphone shunté ou au galvanomètre sur des récepteurs peu sensibles, incapables d'attendre un palier, sont à considérer.

Ondes de 48 mètres à 51 mètres d'Issy-les-Moulineaux.

Dans les sciences physiques, l'observation constitue l'infrastructure de la méthode ; mais, pour terminer l'édifice, il faut un granit moins dur, capable de se laisser fouiller au gré de l'imagination. Cette pierre tendre dont usent les bâtisseurs de théories est l'expérimentation.

Ayant fait pendant seize mois uniquement de l'observation, j'ai tenté l'expérimentation et, ma foi, dans le vaste Laboratoire qu'est la Nature entre un émetteur et un récepteur, ça n'est pas précisément facile.

Heureusement que M. Lecroart, directeur de l'émission d'Issy-les-Moulineaux, a facilité ma tâche en faisant des émissions spéciales en même temps que les émissions normales sur 50 mètres.

Les émissions simultanées ont tout d'abord été faites sur 50 mètres et 48 mètres. Les résultats sont identiques comme formes de variations, mais le 48 mètres est en avance de deux à trois heures sur le 50 mètres, aussi bien à la reprise qu'à l'extinction. La figure 27 en donne un exemple. Bien que les mesures aient été effectuées toutes les quinze secondes au téléphone shunté, je suis obligé, pour ne pas rendre illisible le graphique, de n'indiquer que les courbes enveloppes.

L'écart a été resserré en portant à 49 mètres la seconde onde, le décalage, de même sens, diminue.

La seconde onde passe à 49 m. 50, le décalage en avant décroît toujours; il n'est plus que d'une vingtaine de minutes (fig. 28).

Avec une onde de 51 mètres, je pensais trouver un retard sur le 50 mètres. L'expérience a été tentée, mais malheureusement à une époque où les extinctions et les réapparitions ont lieu en dehors des

Samedi 23, dimanche 24 mai 1925. Observations sur Y Z : — 50 m. ; --- 51 m.

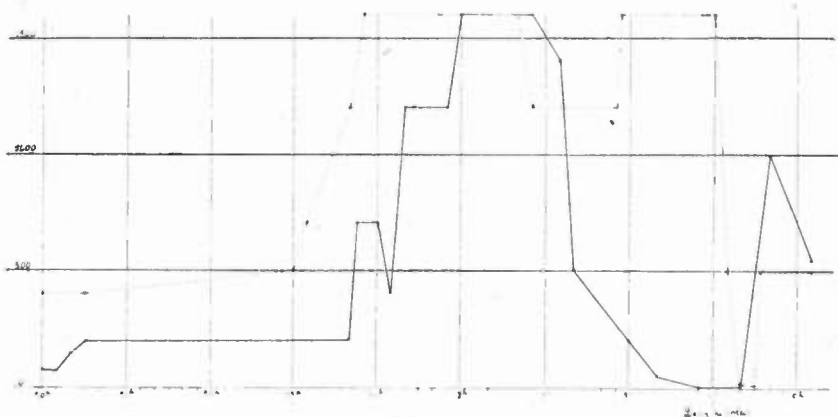


Fig. 29.

heures normales d'émission. Les résultats, très flous, déduits des affaiblissements ou renforcements passagers (fig. 29) indiquent pour le 51 mètres, tantôt un retard, tantôt une avance.

L'étude est à poursuivre mais en prenant les précautions nécessaires pour maintenir constantes les deux longueurs d'onde.

Résumé.

De cette étude, il ressort deux phénomènes bien distincts :

Tout d'abord, des variations très rapides, découpant les communications au point de les rendre inintelligibles. C'est ce que j'ai appelé la *scintillation* ⁽¹⁾.

Ensuite, des variations à très longue période présentant un maximum et un minimum au cours de la journée. Ce phénomène, je l'ai nommé *houle* ⁽¹⁾.

⁽¹⁾ C. R. (25 mai 1925), p. 1584.

Ce qu'il y a de remarquable, c'est que la houle fait époque, c'est-à-dire que pendant quinze jours, un mois, deux mois... le creux et la crête passent tous les jours aux mêmes heures, puis, brusquement, tout

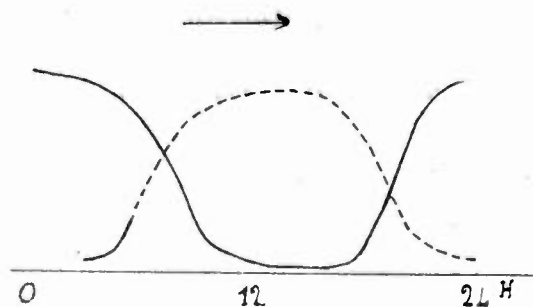


Fig 30

le système se décale en bloc de plusieurs heures. Il est à noter, et je crois que cela a son importance, que le décalage se produit par retard comme s'il s'agissait d'un phénomène périodique analogue aux marées (fig. 30).

L'observateur étudiant la propagation de l'onde d'un émetteur, voit celui-ci comme une étoile périodique (type Algol) pour laquelle à la lente variation d'éclat se superpose la scintillation.

Enfin, deux ondes émises simultanément sur deux antennes très voisines subissent les mêmes variations mais avec un décalage dans le temps dont la grandeur croît avec la différence de longueurs des ondes.

M. LARDY.

LES CIRCUITS POLY-ONDES

Par L. BRILLOUIN,
Docteur ès Sciences

et E. FROMY,
Ingénieur à l'E. C. M. R.

(Suite et fin) ⁽¹⁾.

III. — LES CIRCUITS A DEUX ONDES

Nous avons maintenant en main tous les éléments pour rechercher les diverses formes que peut prendre un circuit à deux ondes, ce qui est le principal but de notre étude.

A. **Circuits à bouchons simples.** — En nous reportant au tableau 1 donné ci-dessus, on trouve qu'on peut réaliser des circuits à deux ondes en prenant :

1	bouchon simple pour les circuits du type A.	
2	— — — — —	B.
3	— — — — —	C.

On obtient ainsi les quatre circuits à deux ondes figurés (fig. 27, 28, 29 et 30), dans lesquels les bouchons sont tous différents et quel-

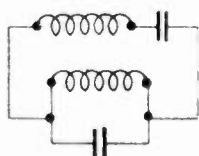


Fig. 27.



Fig. 28.

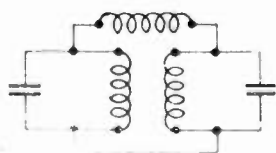


Fig. 29.

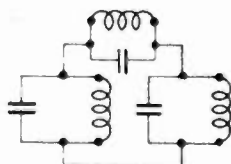


Fig. 30.

conques. On pourrait en réaliser une infinité d'autres en prenant plusieurs bouchons identiques (2^e tableau ci-dessus) ou en astrei-

(¹) *Onde Électrique*, septembre 1925, p. 371.

gnant les diverses grandeurs du circuit à des relations déterminées; nous serions ainsi ramenés à des cas particuliers sans intérêt réel, nous ne les examinerons donc pas ici.

Les différents bouchons consécutifs de ces circuits sont supposés sans réactions inductives mutuelles.

B. Circuits à bouchons complexes. — Le problème, dans ce cas, se résoud moins systématiquement.

Dans l'étude que nous avons faite plus haut des circuits à bouchons complexes, nous avons reconnu que les circuits bi-ondes de cette espèce ne pouvaient être que des dérivés du circuit à trois ondes constitué par deux bouchons complexes en série et nous avons réduit à quatre le nombre des types de circuits bi-ondes réellement distincts :

1° Un bouchon complexe en série avec une self et une capacité;

2° Un bouchon semi-complexe en série avec une self et une capacité;

3° Deux bouchons semi-complexes en série avec une self ou une capacité;

4° Un bouchon semi-complexe en série avec un bouchon simple et une self ou une capacité suivant la forme du bouchon complexe utilisé.

Ces trois types de circuits donnent sept circuits différents à cause de la possibilité de réaliser des bouchons semi-complexes en plaçant une self ou une capacité dans la branche incomplète.

C. Résumé. — Pour résumer la discussion précédente, nous pourrions classer les circuits bi-ondes en trois classes suivant le nombre des bouchons utilisés, les circuits de chacune de ces classes

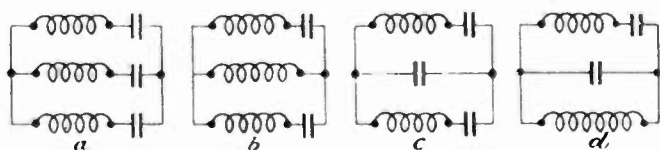


Fig. 31.

pouvant se déduire les uns des autres par suppression ou substitution de selfs ou de capacités.

La classe I comprendra les circuits constitués par une self et une capacité en série avec un bouchon complexe, un bouchon semi-complexe ou un bouchon simple.

Elle comprendra donc quatre circuits.

La classe II comprendra les circuits constitués par :

Deux bouchons semi-complexes en série avec une self ou une capacité ;

Un bouchon semi-complexe en série avec un bouchon simple et une

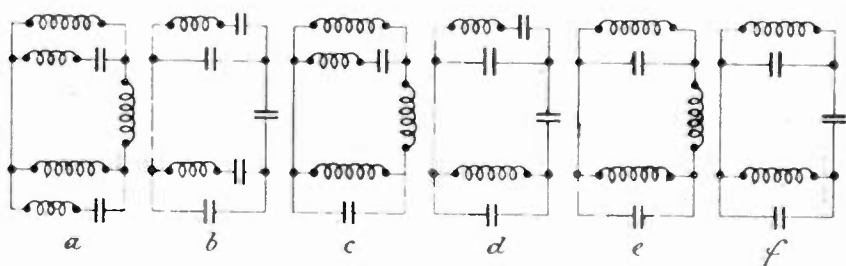


Fig. 32.

self ou une capacité suivant la constitution du bouchon semi-complexe.

Deux bouchons simples en série avec une self ou une capacité.

Soit six circuits distincts.

Enfin la classe III sera représentée par l'unique circuit à trois bouchons simples indiqués par le tableau I.

Nous pourrions représenter ces circuits par les schémas des

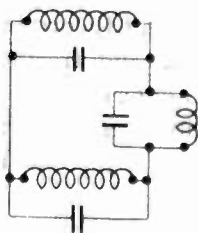


Fig. 33.

figures 31, 32 et 33, légèrement différents, au point de vue du dessin, des schémas utilisés jusqu'ici et dans lesquels nous avons mis en évidence les différents bouchons constitutifs des circuits.

Cette nouvelle forme des schémas est plus générale et se prête mieux à l'étude des transformations permettant de passer d'un circuit à un autre d'une même classe.

Nous arrivons donc à onze types de circuits bi-ondes, tous distincts les uns des autres et constitués par des assemblages de bouchons simples, semi-complexes et complexes avec des selfs et des capacités.

Ces onze circuits sont bien loin de représenter la solution générale des circuits bi-ondes.

On pourrait obtenir un grand nombre d'autres circuits plus com-

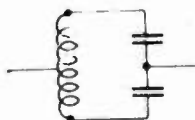


Fig. 34.

pliqués et possédant naturellement deux fréquences propres, il suffirait pour cela de remplacer l'un quelconque des bouchons utilisés jusqu'ici par un autre bouchon mono-onde équivalent, c'est-à-dire ayant une courbe d'impédance de même forme générale; si on utilisait des bouchons poly-ondes, on obtiendrait des circuits à multiples résonances.

Nous n'examinerons pas complètement ces nouveaux circuits

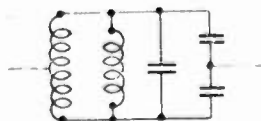


Fig. 35.

dont l'intérêt devient purement théorique à cause de leur complexité. Nous nous contenterons de montrer comment on peut obtenir de nouveaux bouchons mono-ondes.

A cet effet, nous dessinerons le bouchon complexe de la figure 9 sous la forme de la figure 34, qui nous montre que le bouchon com-

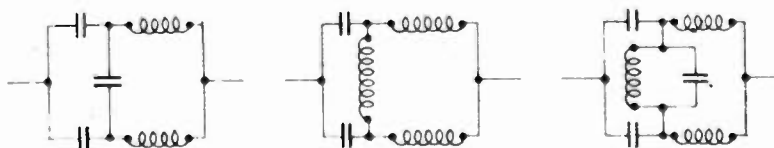


Fig. 36.

plexe n'est autre qu'un bouchon simple, connecté au circuit par les points milieux de sa self et de sa capacité.

Nous ne changerions rien évidemment à l'allure générale des phénomènes en branchant des selfs ou des capacités en parallèle sur celles du bouchon (figure 35), et nous obtenons ainsi trois nouveaux

bouchons mono-ondes (figure 36) équivalents à un bouchon complexe ordinaire.

Si on court-circuite une self ou une capacité des branches du bouchon complexe de la figure 34 pour le transformer en bouchon semi-complexe, les bouchons de la figure 36 prennent, suivant le cas, l'une des formes de la figure 37; ces nouveaux bouchons étant respec-

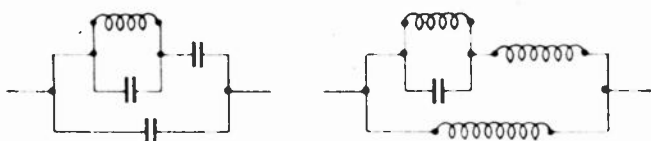


Fig. 37.

tivement équivalents aux bouchons semi-complexes d'où ils sont issus.

En remplaçant par ces nouveaux bouchons les bouchons correspondants dans les onze circuits bi-ondes étudiés ci-dessus, on obtiendrait toute une série de nouveaux circuits

IV. — CONCLUSION

Nous avons donné une méthode d'analyse permettant d'interpréter et d'étudier aisément le fonctionnement des circuits poly-ondes sans faire intervenir de formules compliquées ni de discussion malaisée.

Nous avons examiné ensuite par cette méthode et d'une façon tout à fait générale, certains types de circuits simplifiés; puis nous avons amorcé l'étude de circuits plus complexes en nous limitant au cas des circuits à deux ondes.

Nous avons ainsi construit onze circuits bi-ondes distincts et montré comment on pouvait en obtenir un grand nombre d'autres plus compliqués, possédant naturellement deux fréquences de résonance, sans choix spécial des caractéristiques des impédances utilisées.

Dans une prochaine étude nous reprendrons la discussion de certains de ces circuits, choisis parmi les plus simples, en nous attachant à faire ressortir leurs modes de vibration sur leurs deux ondes et les propriétés qui permettent leur utilisation pratique.

L. BRILLOUIN et E. FROMY.

ÉTUDE EXPÉRIMENTALE DE LA RÉSONANCE DES CIRCUITS COUPLÉS

Par M. L. OLLAT,

Professeur au collège de Sainte Menehould.

SOMMAIRE. — La théorie de deux circuits couplés permet de prévoir deux oscillations libres pour un tel système : oscillations de fréquence d'autant plus différentes que le couplage est plus serré. L'article montre la concordance, avec cette théorie, des résultats obtenus expérimentalement, l'étude a porté sur des circuits à couplage inductif serré, à couplage inductif lâche et à couplage par capacité.

Un circuit oscillant simple, constitué seulement par une self et une capacité, a une période d'oscillation libre unique. Cette période est celle que donne la formule de Thomson lorsque la capacité est assez grande pour qu'à chaque instant le courant ait la même intensité en tout point du circuit. Mais lorsqu'on couple entre eux deux circuits soit par induction électrique, soit par induction magnétique, la théorie indique deux périodes d'oscillations libres de l'ensemble des deux circuits et ces périodes s'écartent d'autant plus l'une de l'autre que le couplage est plus serré. Les équations qui régissent ces phénomènes sont identiques à celles des systèmes couplés à oscillations mécaniques. Il y a autant de périodes que le système a de degrés de liberté. En mécanique, les études des systèmes couplés, en vue de vérifier la théorie, donnent difficilement des résultats précis; la mesure des paramètres dont dépendent les phénomènes observés et la vérification des résultats théoriques est beaucoup plus facile lorsqu'il s'agit d'oscillations électriques.

C'est cette vérification que nous nous sommes proposé de faire sur quelques cas particuliers de couplage. Nous avons étudié d'abord le couplage par induction mutuelle des bobines de deux circuits oscillants accordés, puis le couplage par capacité de ces circuits.

I. — Couplage par induction mutuelle.

Nous rappellerons sommairement les résultats de la théorie.

Appelons L_1 , C_1 , R_1 et L_2 , C_2 , R_2 les selfs, capacités et résistances de chacun des circuits, M leur coefficient d'induction mutuelle et α leur coefficient de couplage $\sqrt{\frac{M^2}{L_1 L_2}}$. Les pulsations sans amortissement de

chacun des circuits sont

$$\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{C_1 L_1}}, \quad \omega_2 = \frac{1}{\sqrt{C_2 L_2}}$$

et les amortissements

$$\alpha_1 = \frac{R_1}{2 L_1}, \quad \alpha_2 = \frac{R_2}{2 L_2}.$$

En désignant par Ω'^2 et Ω''^2 les carrés des pulsations du système couplé, ces carrés sont les racines de l'équation

$$(1 - x^2) \Omega^4 + 2 (\alpha_1 + \alpha_2) \Omega^3 + [\omega_1^2 + \omega_2^2 + 4 \alpha_1 \alpha_2] \Omega^2 + 2 (\omega_1^2 \alpha_2 + \omega_2^2 \alpha_1) \Omega + \omega_1^2 \omega_2^2 = 0.$$

En effectuant le changement de variable,

$$\begin{aligned} (1 - x^2) (x' + \alpha'') &= \alpha_1 + \alpha_2 \\ (1 - x^2) (\omega'^2 + \omega''^2 + 4 x' x'') &= \omega_1^2 + \omega_2^2 + 4 \alpha_1 \alpha_2 \\ (1 - x^2) (\omega'^2 x'' + \omega''^2 x') &= \omega_1^2 \alpha_2 + \omega_2^2 \alpha_1 \\ (1 - x^2) \omega'^2 \omega''^2 &= \omega_1^2 \omega_2^2, \end{aligned}$$

l'équation prend la forme

$$[\Omega^2 + 2x'\Omega + \omega'^2] [\Omega^2 + 2x''\Omega + \omega''^2] = 0.$$

Elle nous montre que les deux oscillations libres sont celles de deux circuits dont les pulsations sans amortissement seraient ω'^2 et ω''^2 et les amortissements x' et x'' .

Les équations qui définissent le changement de variables permettent de les exprimer en fonction des pulsations et amortissements propres à chacun des deux circuits couplés.

Dans le cas de circuits accordés $\omega_1 = \omega_2$, on obtient, en négligeant le carré des amortissements devant le carré des pulsations, ce qui est légitime lorsqu'il s'agit des circuits peu résistants utilisés en radiotélégraphie,

$$\left\{ \begin{aligned} \omega'^2 &= \frac{\omega}{1 - x} & x' &= \frac{1}{1 - x} \times \frac{x_1 + \alpha_2}{2} \\ \omega''^2 &= \frac{\omega^3}{1 + x} & x'' &= \frac{1}{1 + x} \times \frac{x_1 + \alpha_2}{2} \end{aligned} \right.$$

Pour déterminer ω' et ω'' , d'une part, x' et x'' , d'autre part, nous avons tracé, par une méthode électrométrique, les deux courbes de résonance du système. L'emploi de l'électromètre comme instrument de mesure présente sur la soudure thermoélectrique l'avantage de ne pas introduire dans les circuits une résistance non négligeable et mal connue.

Nous étudierons d'abord un ensemble de deux circuits aussi couplé que possible qui nous ont servi à rechercher si l'on pouvait trouver, comme l'indiquent les formules, une onde beaucoup plus courte et beaucoup plus amortie que l'onde propre commune aux circuits séparés.

1° *Étude de deux circuits très couplés.* — Nous avons bobiné sur le même tube d'ébonite (fig. 1) les enroulements de chacun des circuits. Chaque spire de l'un était comprise entre deux spires de l'autre et séparée seulement de celles-ci par l'épaisseur du coton qui recouvrait les fils. Les fils de cuivre bobinés avaient 0 mm 6 de diamètre et étaient couverts de deux couches de coton. La capacité des condensateurs $92 \times 10^{-5} \mu\text{F}$ était très grande vis-à-vis de la capacité entre enroulements.

Sur chacun des circuits était intercalée une petite bobine de deux tours de fils. L'une de ces bobines servait à coupler les circuits à un oscillateur à lampe, le couplage était très lâche. Un électromètre idios-

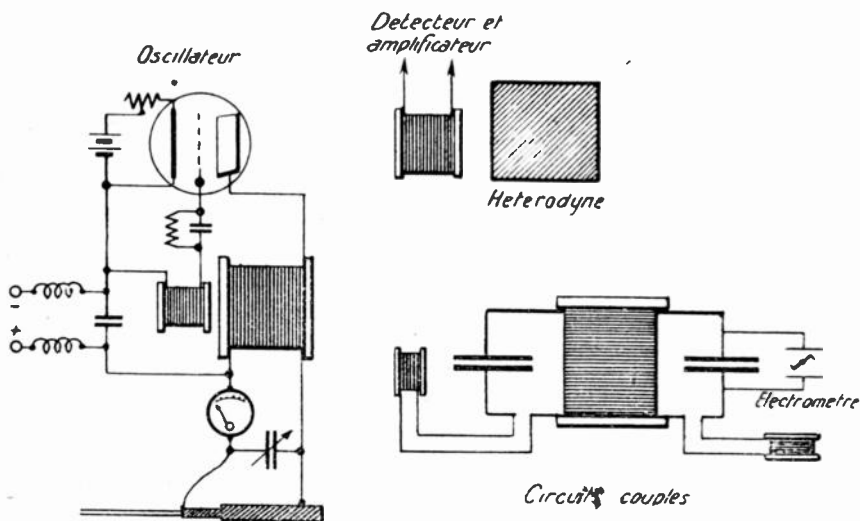


Fig. 1.

tatique à fils de quartz du modèle décrit par Gutton et Laville⁽¹⁾ était relié aux armatures de l'un des condensateurs. La capacité de cet électromètre ($2 \text{ à } 2,5 \times 10^{-5} \mu\text{F}$) n'est qu'une très faible fraction de la capacité des circuits oscillants et ne modifie que très peu leur période propre. Les résultats des mesures étaient les mêmes lorsque l'électromètre

(1) Gutton et Laville, *C. R.*, t. 179, p. 122, 1924; *Annales des P. I. T.*, t. 14, p. 200, 1925.

était disposé soit sur le circuit couplé directement à l'oscillateur, soit sur l'autre circuit.

Pour tracer une courbe de résonance, nous faisons varier la période de l'oscillateur et nous mesurons la différence de potentiel efficace entre les armatures du condensateur de l'un des circuits couplés. Pour la plus basse des deux fréquences la résonance est trop aiguë pour qu'il soit possible de mesurer à l'ondemètre les petites différences de fréquence qui correspondent aux différents points de la courbe; nous les avons alors déterminées par le procédé suivant.

Nous faisons interférer sur un circuit apériodique les oscillations d'une hétérodyne de fréquence constante F et celle de l'oscillateur f . Après détection et amplification, nous obtenons au téléphone un son dont la hauteur correspond à la différence $F-f$ des fréquences qui interfèrent. Nous déterminons cette hauteur en la comparant à celle d'un diapason étalonné et jugeons de l'unisson en nous aidant des battements entre le son du téléphone et celui du diapason. Nous obtenons ainsi très exactement la différence entre la fréquence fixe F de l'hétérodyne, mesurée à l'ondemètre, et la fréquence de l'oscillateur pour laquelle nous relevons un point de la courbe de résonance. Ces

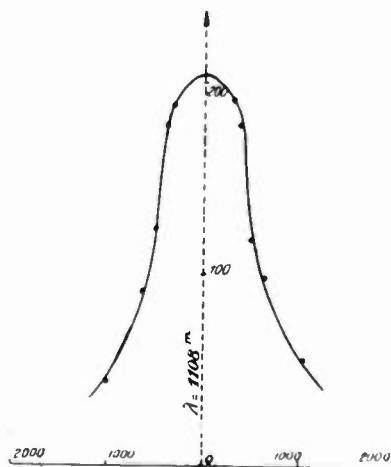


Fig. 2

différences suffisent au tracé de la courbe, la fréquence de résonance étant seule mesurée à l'ondemètre. Les diverses fréquences qui correspondent à la courbe de résonance sont assez voisines pour que les différences de fréquence $F-f$ à mesurer restent dans les limites de hau-

teur des sons audibles dans un récepteur téléphonique. Un ampère-mètre thermique sur le circuit de l'oscillateur permet de s'assurer que l'amplitude de ses oscillations reste constante. Un petit condensateur cylindrique, dont l'armature mobile est déplacée au moyen d'une longue tige de verre, est monté en parallèle sur le condensateur du circuit oscillant et sert à amener la fréquence à être exactement celle qui correspond, après interférence avec celle de l'hétérodyne et détection, à un son accordé sur le diapason (fig. 1).

Pour la fréquence la plus élevée des circuits couplés, la courbe de résonance est assez aplatie pour que des mesures directes à l'onde-mètre suffisent.

Les figures 2 et 3 représentent les courbes de résonance pour chacune des deux ondes de couplage. Les abscisses représentent les diffé-

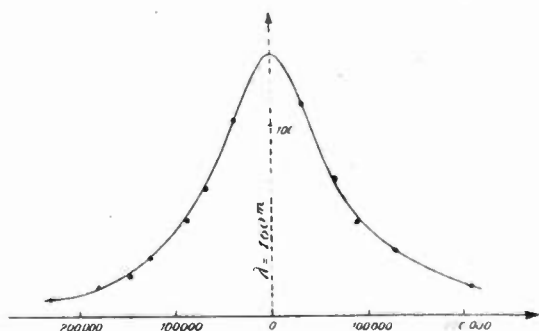


Fig 3

rences des fréquences à la fréquence de résonance et les ordonnées, les déviations en millimètres lues sur la règle de l'électromètre. Nous avons vérifié que ces déviations étaient proportionnelles aux carrés des différences de potentiel efficaces établies entre les plateaux de l'électromètre.

La courbe de la figure 2 est relative à l'onde longue, la courbe de la figure 3 à l'onde courte. On remarquera que l'amortissement de cette dernière est beaucoup plus grand car les mêmes abscisses correspondent à des différences de fréquence cent fois plus grandes.

La figure 4 est la courbe de résonance de chacun des deux circuits couplés.

Les deux périodes de résonance (figures 2 et 3) correspondent à des ondes de longueurs très différentes 1 108 m et 160 m dont les amortissements $\frac{R}{2L}$ déduits des courbes sont respectivement égaux à

$$\alpha' = 2\pi \times 1\ 180$$

$$\alpha'' = 2\pi \times 65\ 000$$

Ce résultat montre qu'on peut déceler jusqu'à des fréquences très élevées l'existence de la plus petite des ondes de couplage, mais que son amortissement, comme le prévoit la théorie, devient très supérieur à celui de la grande onde.

Afin de vérifier numériquement les résultats du calcul, nous avons

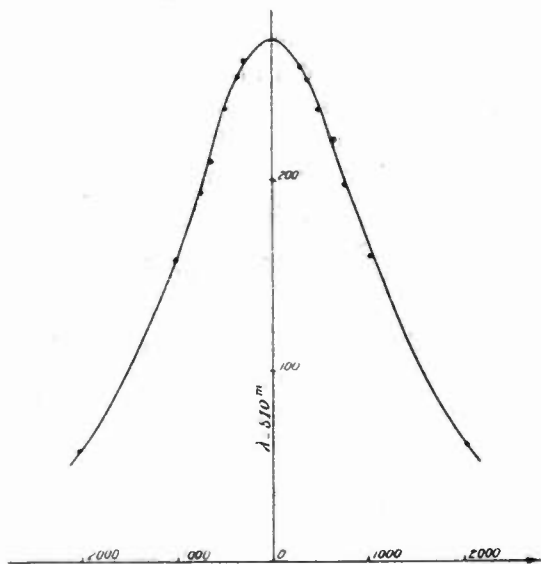


Fig. 4.

déterminé à l'ondemètre le coefficient de self induction des deux circuits et leur induction mutuelle. Nous avons trouvé

$$M = 2,094 \times 10^{-4} \text{ H}$$

$$L = 2,187 \times 10^{-4} \text{ H}$$

Ces valeurs correspondent à un très fort coefficient de couplage $\alpha = \frac{M}{L} = 0,957$. La courbe de résonance de la figure 4 donne, d'autre part, la longueur d'onde 810 m et l'amortissement $2\pi \times 2460$ de chacun des circuits.

En portant ces valeurs dans les formules qui donnent ω' , $2\omega'^{1/2}$, γ' et α'' nous avons trouvé

$$\gamma' = 1125 \text{ m et } \gamma'' = 167 \text{ m}$$

$$\alpha' = 2\pi \times 1257 \quad \alpha'' = 2\pi \times 57209$$

valeurs qui diffèrent peu de celles que fournit l'expérience, étant donné surtout la précision peu élevée des mesures d'amortissement et des mesures de coefficient de couplage.

Étude des oscillations de deux circuits peu couplés. — Ayant étudié le cas du couplage le plus serré que nous pouvions réaliser, nous nous sommes ensuite occupé de couplages plus faibles mais pouvant être variés à volonté. Les mesures déterminent alors la loi suivant laquelle se séparent les deux ondes lorsqu'on augmente le couplage.

Les deux circuits avaient encore la même période d'oscillation, les bobines de chacun des circuits étaient enroulées sur des tubes différents et pouvaient être couplées en les enfonçant plus ou moins l'une dans l'autre. Nous avons mesuré à l'ondemètre la valeur du coefficient de couplage pour les différentes positions des bobines et, par l'observation de la résonance, les longueurs de chacune des ondes de couplage.

La capacité de chacun des circuits était $C = 92 \times 10^{-5} \mu F$, leur self $L = 6,405 \times 10^{-4} H$.

Les longueurs d'onde obtenues par résonance pour différentes valeurs du coefficient de couplage x sont indiquées dans le tableau suivant, qui donne aussi les valeurs calculées

x	λ mesurés		λ calculés.	
	λ'	λ''	λ'	λ''
0,640	870	1820	858	1831
0,480	960	1750	990	1763
0,220	1250	1600	1262	1579
0,162	1300	1550	1309	1541
0,052	1380	1480	1410	1467

Les résultats obtenus concordent encore dans les limites de précision des mesures, avec les valeurs théoriques.

Étude de deux circuits couplés par capacité. — Nous avons ensuite

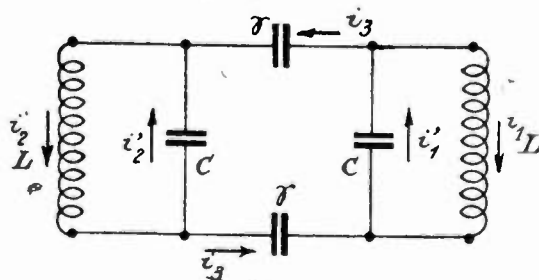


Fig 5.

étudié un couplage des deux circuits par capacité. La figure 5 indique un mode de couplage par deux condensateurs de même capacité γ tout à fait analogue au couplage par induction mutuelle. Le calcul, dans le cas particulier où les capacités de couplage γ sont égales et où les deux circuits sont identiques, donne les résultats suivants que nous rappellerons brièvement. Soient L la self de chacun des circuits, C leur capacité, γ la capacité de chacun des deux condensateurs de liaison, i_1, i_2, i_3, i'_1 et i'_2 les intensités dans les différentes parties des circuits,

$$\begin{aligned} L \frac{d^2 i_1}{dt^2} + \frac{i'_1}{C} &= 0 & i'_1 &= i_1 + i_3 \\ L \frac{d^2 i_2}{dt^2} + \frac{i'_2}{C} &= 0 & i'_2 &= i_2 - i_3 \end{aligned} \quad L \left[\frac{d^2 i_2}{dt^2} - \frac{d^2 i_1}{dt^2} \right] + \frac{2i_3}{\gamma} = 0$$

l'élimination de i'_1, i'_2, i_2 et i_3 entre les cinq équations donne pour déterminer l'intensité i_1 dans l'un des circuits, l'équation

$$L \left(1 + \frac{C}{\gamma} \right) \frac{d^4 i_1}{dt^4} + \frac{2}{\gamma} \left(1 + \frac{\gamma}{2C} \right) \frac{d^2 i_1}{dt^2} + \frac{1}{C\gamma L} i_1 = 0$$

On en déduit les périodes sans amortissement en écrivant que cette équation est satisfaite par une fonction de la forme $I \sin \Omega t$. On trouve que les carrés des pulsations satisfont à l'équation

$$L \left(1 + \frac{C}{\gamma} \right) \Omega^4 - \frac{2}{\gamma} \left[1 + \frac{\gamma}{2C} \right] \Omega^2 + \frac{1}{C\gamma L} = 0,$$

dont les racines sont

$$\Omega_1^2 = \frac{1}{CL},$$

$$\Omega_2^2 = \frac{1}{L(C + \gamma)}.$$

Une des pulsations Ω_1 reste fixe et égale à la pulsation d'un des circuits simples. On pouvait prévoir ce résultat, car l'un des régimes d'oscillation des deux circuits accordés est celui pour lequel l'un des circuits se comporte comme un circuit bouchon pour les oscillations transmises par l'autre. Il oscille alors, comme ce dernier, avec sa période propre.

La seconde pulsation Ω_2 diminue lorsque la capacité de couplage γ augmente.

Si nous posons $x = \frac{\gamma}{C}$, les relations précédentes peuvent s'écrire

$$\Omega_1^2 = \omega^2 \quad \Omega_2^2 = \frac{\omega^2}{1 + x}$$

λ étant la longueur d'onde commune aux circuits non couplés, les longueurs des ondes de couplage λ' et λ'' ont par suite les valeurs

$$\begin{aligned} \lambda'^2 &= \lambda^2, \\ \lambda''^2 &= (1 + x) \lambda^2. \end{aligned}$$

Les deux circuits simples étaient constitués par deux bobines de self et deux condensateurs. La liaison de ces deux circuits simples était réalisée par deux condensateurs variables à air dont nous avons mesuré à l'ondemètre les capacités correspondant aux diverses positions de l'armature mobile.

Nous avons couplé le système à un oscillateur par l'une des bobines de self, ce couplage était aussi lâche que possible. Par la méthode de résonance nous avons mesuré la longueur d'onde des ondes de couplage puis la longueur d'onde propre des circuits simples. Cette dernière était $\lambda = 1350$ m nous avons bien trouvé que l'une des ondes de couplage conservait cette valeur constante.

Le tableau suivant indique les longueurs d'ondes mesurées et calculées de la plus grande des ondes de couplage pour différentes valeurs du couplage x .

x	λ' mesurées	λ'' calculées
0,674	1750	1476
0,576	1700	1695
0,434	1640	1650
0,358	1575	1575
0,228	1500	1495

Il n'est pas douteux que la concordance observée dans les modes de couplage que nous avons étudiés subsiste pour tous les autres modes de couplage que l'on peut réaliser, pour les couplages en dérivation ou pour des couplages mixtes par induction magnétique et électrique.

Nous avons aussi montré que même pour des couplages par induction très élevés, l'onde de plus haute fréquence restait décelable et pouvait différer considérablement de l'onde propre à chacun des circuits couplés. Son amortissement augmente toutefois très rapidement pour des forts couplages et, comme l'indique la théorie, la fréquence de cette oscillation tend vers une valeur infinie en même temps que son amortissement augmente indéfiniment.

Ce travail a été fait à la Faculté des Sciences de Nancy dans le laboratoire de M. Gutton.

L. OLIVAT.

PRÉSENTATION D'UN ONDEMÈTRE-HÉTÉRODYNE ⁽¹⁾

Par E. FROMY, *ingénieur à l'E. C. M. R.*

SOMMAIRE. — Dans les circuits générateurs à lampes, les caractéristiques des circuits de réaction et, en particulier les tensions de chauffage et de plaque agissent sur la valeur de la longueur d'onde et toutes variations de ces caractéristiques entraînent des variations correspondantes de longueur d'onde, rendant impossible l'usage du circuit comme ondemètre-hétérodyne.

Ces réactions sont dues en majeure partie aux déphasages des courants dans les divers circuits de la lampe et disparaissent avec eux.

On peut alors réaliser un circuit générateur pratiquement indépendant du chauffage et de la tension de plaque avec une approximation de l'onde du $\frac{1}{100.000}$, et susceptible d'être utilisé comme ondemètre-hétérodyne.

La fréquence propre d'un circuit oscillant constitué par un self L et une capacité C et éloigné de tout autre circuit est une grandeur bien définie. Si on suppose la résistance ohmique négligeable devant les impédances du circuit, la période a pour valeur :

$$T = 2\pi\sqrt{LC}$$

Mais lorsqu'on connecte ce circuit à une lampe à 3 électrodes de façon à provoquer l'amorçage d'oscillations, la période de ces oscillations n'est plus $2\pi\sqrt{LC}$; les caractéristiques de la lampe et des circuits de réaction interviennent dans l'expression de la fréquence en sorte que celle-ci varie avec elles et en particulier avec les tensions de chauffage et d'alimentation de la lampe.

Cette réaction est bien connue de tous les radiotélégraphistes. Elle est en général assez faible, quelques pour cent, mais, dans certains cas, elle peut devenir considérable, par exemple dans le circuit d'entrée d'un amplificateur H F à plusieurs étages dans lequel la réaction est faite par la dernière lampe.

Dans la plupart des cas pratiques, les dérégles produits par les variations des tensions d'alimentation de la lampe ne sont pas très gênants, soit qu'on n'ait pas besoin d'une fréquence bien stable, soit qu'on dispose d'un organe réglable de compensation.

Ils deviennent, au contraire, prohibitifs pour toutes applications dans lesquelles on a besoin d'une longueur d'onde bien fixe ou connue avec précision.

⁽¹⁾ Communication faite à la séance du 20 mai 1925.

Elle rend, en particulier, impossible la réalisation d'un ondemètre hétérodyne, c'est-à-dire d'un circuit générateur étalonné dont l'usage permettrait de mesurer les fréquences avec une très grande précision par la méthode des battements.

Il était donc intéressant d'examiner cette action perturbatrice d'un peu près et d'y chercher remède. La présente étude est un résumé et la conclusion des essais qui ont été faits dans ce sens aux laboratoires de la Radiotélégraphie Militaire.

Nous examinerons d'abord le mécanisme par lequel les caractéristiques de la lampe réagissent sur la longueur d'onde, c'est-à-dire les causes du phénomène, puis nous rechercherons les procédés propres à le faire disparaître. Enfin, nous étudierons un circuit générateur dont la longueur d'onde est pratiquement indépendante dans de larges limites des tensions des sources d'alimentation et dont l'emploi comme ondemètre-hétérodyne peut rendre quelques services.

Origines de la réaction. — Les causes en sont certainement multiples et l'analyse complète serait très complexe ; mais beaucoup d'entre elles ne produisent que des effets de second ordre et la perturbation est principalement due, en pratique, aux déphasages parasites qui se produisent dans les circuits de la lampe. L'élimination de ces déphasages permet, en effet, d'obtenir immédiatement un gain considérable de stabilité.

Pour mettre cette action en évidence, reportons-nous à l'équation d'un circuit oscillant. Elle se présente sous la forme classique :

$$(1) \quad L \frac{di}{dt} + Ri + \frac{1}{C} \int i dt = 0.$$

Cette équation est celle d'un circuit oscillant amorti.

Pour que le circuit soit le siège d'oscillations, il suffit d'y introduire une force électromotrice qui soit à chaque instant proportionnelle au courant i et d'amplitude convenable. C'est précisément le rôle de la lampe.

Imaginons donc qu'on induise dans la bobine du circuit une f. e. m. de la forme : $e = k i$ où k est un coefficient de proportionnalité constant. L'équation 1 devient :

$$L \frac{di}{dt} + Ri + \frac{1}{C} \int i dt = k i$$

qu'on peut mettre sous la forme :

$$L \frac{di}{dt} + (R - k) i + \frac{1}{C} \int i dt = 0.$$

Tout se passe comme si la résistance du circuit était $(R - k)$. Le coefficient k n'est autre que la résistance négative; notion familière aujourd'hui.

L'amorçage des oscillations a lieu si $k \geq R$ et la période de ces oscillations reste égale à

$$2\pi\sqrt{LC}$$

Pour qu'il en soit ainsi, il faut et il suffit que la f. e. m. auxiliaire soit à chaque instant proportionnelle au courant, ce qui exige que :

- 1° Elle ait même fréquence que le courant ;
- 2° Son amplitude soit proportionnelle à celle du courant ;
- 3° Elle soit en phase avec lui.

Les deux premières conditions sont remplies automatiquement dans tous les dispositifs de réaction connus.

La troisième, au contraire, n'est pas forcément réalisée, car il se produit des déphasages dans les divers circuits de la lampe.

Voyons donc quelles sont les modifications apportées au fonctionnement par un déphasage de la f. e. m. d'entretien par rapport au courant.

La f. e. m. de réaction peut alors être regardée comme la somme de deux f. e. m., l'une en phase avec le courant et l'autre en quadrature, en sorte qu'on pourra écrire :

$$e = k_1 i + k_2 \frac{di}{dt}$$

k_1 et k_2 étant deux coefficients de proportionnalité constants. — k_1 est toujours positif; k_2 est positif si la force électromotrice est en avance sur le courant et négatif si elle est en retard sur lui.

L'équation du circuit prend alors la forme suivante :

$$L \frac{di}{dt} + R i + \frac{1}{C} \int i dt = k_1 i + k_2 \frac{di}{dt}$$

ou

$$(L - k_2) \frac{di}{dt} + (R - k_1) i + \frac{1}{C} \int i dt = 0.$$

On retrouve encore ici le terme k_1 ou résistance négative, et on écrit, comme plus haut, la condition d'accrochage :

$$k_1 \geq R.$$

Mais ici tout se passe comme si la self était devenue $(L - k_2)$, en sorte que la période des oscillations a pour valeur :

$$T = 2\pi\sqrt{(L - k_2)C}$$

Si la f. e. m. est en avance, k_2 est positif, c'est-à-dire que la self apparente est diminuée et la fréquence augmente. Elle diminue, au contraire, si le déphasage est négatif ($k_2 < 0$).

Si la f. e. m. est en phase avec le courant $k_2 = 0$, la longueur d'onde du circuit est toujours la même, le coefficient k_1 n'agissant pas sur elle.

Tant que k_1 est faible devant L , la variation de fréquence est faible; elle est, au contraire, appréciable dès que k_1 devient important en valeur absolue, c'est-à-dire dès que le déphasage croît. A la limite, si la f. e. m. est en quadrature avec le courant, k_1 est nul et k_2 très grand : la réaction n'agit plus que sur la longueur d'onde et n'a aucune action sur l'amorçage des oscillations. Dans ces conditions, on dérègle le circuit sans accrocher.

Pour des déphasages quelconques (k_1 et k_2 non nuls) la longueur d'onde du circuit dépend de k_2 . Il s'ensuit que toute cause susceptible de faire varier k_2 , c'est-à-dire l'amplitude ou la phase de la f. e. m., est susceptible d'agir sur la fréquence des oscillations.

Ce sont, en particulier :

- 1° La valeur du couplage de réaction ;
- 2° La résistance interne de la lampe, qui dépend elle-même des tensions de chauffage et d'alimentation de la plaque ;
- 3° La lampe elle-même

Le déphasage de la f. e. m. sur le courant apparaît donc comme une cause très importante de réaction de la lampe sur la longueur d'onde; en fait, il est la principale. Toutefois il en est une autre qui n'est pas négligeable lorsque le circuit est intercalé dans la grille et oscille fortement, et qui est due au débit filament-grille. En effet, lorsque le circuit oscille, un courant passe dans l'espace filament-grille pendant les alternances positives de la grille, et vient amortir le circuit ; l'espace filament-grille se comporte comme un shunt aux bornes du circuit oscillant et modifie sa longueur d'onde. On atténue cet effet en intercalant dans le circuit de grille un condensateur shunté, mais on ne le supprime pas complètement.

Conclusion. — Maintenant que nous entrevoyons la cause du mal, il va être commode de l'éliminer. Il suffira pour cela de faire disparaître les déphasages des courants de grille et de plaque sur la f. e. m. qui leur donne naissance et d'éviter de shunter le circuit oscillant par les résistances de grille ou de plaque de la lampe.

Pour réaliser ces conditions, il est avantageux d'utiliser un montage dans lequel le circuit oscillant soit complètement séparé de la lampe.

Imaginons donc un circuit générateur à lampe réalisé comme l'indique la figure 1.

Le circuit oscillant est constitué par une capacité C en série avec deux selfs L et L' , sans couplage mutuel et sans liaisons électriques avec la lampe.

Les bobines L et L' sont respectivement couplées à deux bobines, L_1 et L_2 , intercalées dans les circuits de grille et de plaque de la lampe d'entretien. Si les couplages sont de signes et de valeurs convenables, des oscillations s'amorcent dans le circuit.

Pour que la période de ces oscillations soit indépendante de la lampe et toujours égale à $T = 2\pi\sqrt{(L+L')C}$, il faut et il suffit, comme nous l'avons vu ci-dessus, que la f. e. m. induite dans L' par

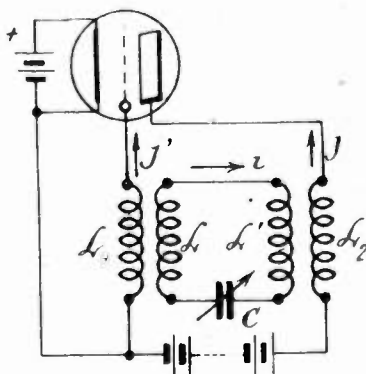


Fig. 1

le courant de plaque soit en phase avec le courant i dans le circuit oscillant.

Cherchons quelles peuvent être les causes de déphasage et comment on peut les annuler :

Lorsque le circuit oscille, il induit dans la bobine L_1 une f. e. m. en quadrature arrière sur le courant i .

Cette force électromotrice donne naissance, dans le circuit de grille, à un courant j_1 qui est déphasé en arrière par l'impédance de la self L_1 ; il en est de même de la tension de grille u en phase avec j_1 .

Le courant de plaque j , créé par la f. e. m. ku en phase avec u , est également déphasé en arrière par l'impédance de la self L_2 .

Il y a donc deux causes de retard qui s'ajoutent, en sorte que la f. e. m., induite dans la bobine L' par le courant j , est en retard sur le courant i d'un angle d'autant plus grand que les impédances des

selfs L_1 et L_2 , sont plus grandes devant les résistances internes de la lampe.

La longueur d'onde des oscillations est donc augmentée par la réaction de la lampe et toute cause susceptible d'influencer ses caractéristiques réagit sur elle. C'est le cas, en particulier, pour les tensions de chauffage et d'alimentation de la plaque qui modifient les résistances du tube, donc l'amplitude et le déphasage de la f. e. m. d'entretien.

Pour éliminer ces réactions, il suffit d'annuler les impédances de self dans les circuits de grille et de plaque.

Un moyen simple consiste à placer respectivement en série avec les selfs L_1 et L_2 , des capacités C_1 et C_2 réglées à la résonance (fig. 2).

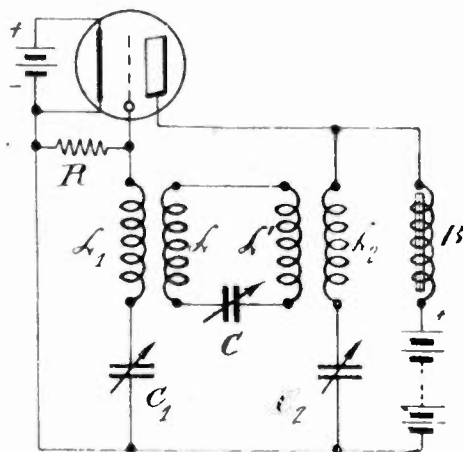


Fig. 2.

Il faudra alors alimenter la plaque par une dérivation contenant une bobine de choc B et shunter la grille par une résistance R de quelques centaines de mille ohms pour permettre la décharge du condensateur C_1 .

Si on a réalisé la condition de résonance dans tous les circuits, c'est-à-dire si : $L_1 C_1 = L_2 C_2 = (L + L') C$, les déphasages disparaissent et la période des oscillations devient

$$T = 2\pi \sqrt{(L + L') C}$$

Elle ne dépend plus de la lampe, donc des tensions des sources d'alimentation, comme on peut s'en assurer par une étude analytique plus complète.

L'appareil présenté à la réunion du 20 mai était construit sur ce principe. On a fait en sorte que les selfs L_1 , L_2 et $L + L'$ des trois circuits soient égales, de façon que pour toutes les longueurs d'ondes la compensation s'obtienne en donnant aux trois capacités, C_1 , C_2 et C , une même valeur. Ces trois capacités pourront, avec avantage, être montées sur un même axe et manœuvrées simultanément, ce qui rend la manœuvre de l'ondemètre-hétérodyne aussi simple que celle d'un ondemètre ordinaire.

Lorsque les réglages sont bien faits, la stabilité de la longueur d'onde est très bonne. Pour l'apprécier, on peut faire battre l'ondemètre-hétérodyne avec un autre oscillateur et observer les variations de la note des battements produites par des modifications des tensions

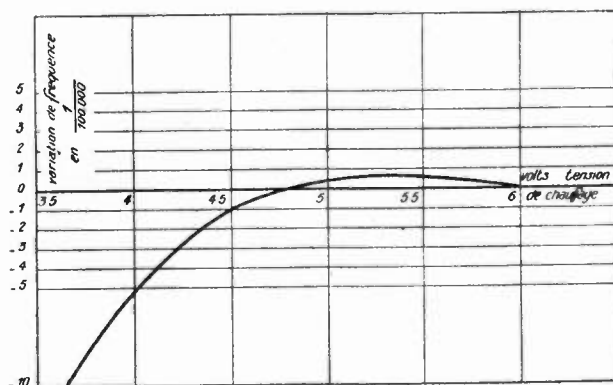


Fig. 3.

de chauffage et de plaque. On constate alors qu'il n'y a pas de variation appréciable à l'oreille, avec des lampes ordinaires type TM, même pour des fréquences de battements assez basses, lorsqu'on fait osciller la tension de chauffage entre 4,5 et 6 volts et la tension de plaque entre 80 et 100 volts, par exemple.

Pour les mettre en évidence, il faut utiliser une méthode beaucoup plus précise qui permette d'apprécier les variations de fréquence à une oscillation près. Le procédé utilisé consiste à faire battre les deux hétérodynes à une fréquence infra-sonore suffisamment faible pour pouvoir compter les battements qui sont mis en évidence à l'aide d'un troisième oscillateur, produisant avec les deux premiers des notes musicales.

On a relevé ainsi la courbe de la figure 3 qui représente les variations de fréquence en $\frac{1}{100\ 000}$, c'est-à-dire en $\frac{1}{1000}$ %, en fonction

de la tension de chauffage pour un oscillateur réglé sur une onde de 1000 mètres.

On voit que les variations de longueur d'onde sont pratiquement inexistantes, en particulier entre 55 et 5 volts.

L'influence de la tension de plaque est du même ordre de grandeur.

La forme de la courbe dépend un peu de la lampe utilisée, mais on a toujours la même allure générale avec un palier entre 5 et 55 volts.

En l'absence des capacités C_1 et C_2 , les résultats sont très différents; la note des battements décrit toute la gamme musicale pour des variations comparables des tensions d'alimentation de la lampe, ce qui correspondrait à un dérèglement de la longueur d'onde de l'ordre de 1 à 2 %.

Nous avons supposé jusqu'ici que la condition de compensation était : $(L + L') C = L_1 C_1 = L_2 C_2$ et que la période des oscillations avait pour valeur

$$T = 2\pi \sqrt{(L + L') C}$$

Ceci serait vrai si les circuits de grille et de la plaque étaient réellement isolés l'un de l'autre, comme nous l'avons supposé implicitement jusqu'ici. Or, en réalité, ils sont couplés par les capacités entre électrodes du tube, en particulier la capacité grille-plaque qui forme, avec les selfs L_1 et L_2 et les capacités C_1 et C_2 , un circuit oscillant couplé avec le circuit principal et réagit sur sa longueur d'onde. Il s'en suit que :

1° La condition de compensation n'est plus exactement réalisée si les trois capacités C_1 , C_2 et C sont égales, en supposant les trois selfs identiques. Il faudra donner aux capacités C_1 et C_2 des valeurs voisines de C , mais légèrement différentes. En pratique, il n'y a pas là une cause de perturbation appréciable.

2° La fréquence des oscillations dépend des capacités entre électrodes du tube employé. Cette conséquence est plus grave que la précédente, car elle rend impossible l'étalonnage définitif de l'ondemètre, si on veut se réserver la faculté de changer le tube, bien que pour chacun d'eux la compensation se fasse correctement en ce qui concerne les actions des tensions d'alimentation.

Il faudrait donc s'astreindre à ne pas changer la lampe après étalonnage ou à refaire l'étalonnage pour chaque lampe, ce qui est peu pratique.

On peut atténuer cette imperfection en plaçant en parallèle sur la capacité grille-plaque du tube une petite capacité réglable de l'ordre

de grandeur des écarts entre les capacités des diverses lampes susceptibles d'être utilisées (quelques centimètres), et qui permette de la maintenir à une valeur fixe. Il suffirait alors, si on vient à changer la lampe, de ramener à une valeur connue la longueur d'onde correspondant à une position donnée du condensateur, en agissant sur la petite capacité. La mesure peut se faire à l'aide d'un étalon de fréquence quelconque (quartz piézoélectrique, multivibrateur, etc...).

Malgré cette imperfection, le générateur qui vient d'être décrit peut rendre de nombreux services dans les laboratoires (1) :

1° Comme ondemètre-hétérodyne, si on s'astreint à ne pas changer le tube après étalonnage. Il fournit alors un moyen de mesurer les fréquences avec une très grande précision par la méthode des battements.

2° Comme repère de fréquence, en permettant de conserver, avec une précision de l'ordre de $\frac{1}{1000}$ %, une fréquence donnée sur laquelle on l'aura réglé. A ce point de vue il peut être un auxiliaire très utile chaque fois qu'on fait usage d'un multivibrateur dont la fréquence est essentiellement instable.

E. FROMY.

¹⁾ Un ondemètre-hétérodyne bâti sur le principe ci-dessus est à l'étude aux ateliers J. Carpentier.

ÉTUDE EXPÉRIMENTALE DES INFLUENCES LOCALES SUR LA RÉCEPTION DES ONDES COURTES

Par M. TOURROU.

SOMMAIRE -- L'article a pour but de montrer l'effet des influences locales sur la réception des ondes courtes et de mettre en garde contre le crédit trop grand que l'on peut accorder aux variations d'intensité des réceptions se faisant dans une ville et de jour.

Cette étude effectuée sur des ondes de 50 mètres n'implique pas que ces longueurs seules soient affectées par des variations de l'ordre décrit ci-après; ces ondes ayant été émises par Y Z (Issy-les-Moulineaux) cinq à six fois tous les jours depuis janvier, ont permis de suivre une longue série d'expériences comparatives.

Après trois mois de travail pendant lesquels se manifestaient des différences très marquées entre les réceptions, différences dues à des causes autres que celles étudiées plus loin, et qui seront, je l'espère, exposées par l'auteur, j'ai entrepris à Bordeaux une série d'études sur les influences locales, lesquelles doivent logiquement présenter un caractère analogue dans toute agglomération ayant un réseau électrique complexe.

Il paraît superflu, pour les lecteurs de cet article, de dire que toutes les précautions ont été prises pour rendre l'ensemble aussi homogène que possible : les sources de tension et de chauffage, suffisantes au delà pour des écoutes sur une seule lampe, étaient voltées avant et après chaque séance; la lampe, la même depuis le début, était allumée dix minutes avant; le condensateur de bonne qualité à lames épaisses; les bobines étaient montées sur fibre avec du fil de 1 mm, deux couches coton, dont les spires étaient logées dans une gorge les empêchant de s'écarter et, par suite, de changer leur valeur de self; les cordons du casque étaient fixés, afin d'éviter des effets de capacité variable entre eux et le restant des appareils.

Y Z fit pour l'étude de la propagation des décalages, afin de faire passer les moments d'écoutes par différentes heures de la journée. Les premières réceptions de jour furent chez moi pitoyables par leur irrégularité, alors qu'elles étaient bonnes à une soixantaine de kilomètres de Bordeaux; celles du soir, quoique rarement reçues à cette époque, étaient plus régulières : ceci dura environ deux mois. Je

m'assurais alors la collaboration de trois membres du Radio-Club de Bordeaux, MM. Durand, Caujolle et Légal, auxquels j'adresse tous mes remerciements, pour faire des écoutes simultanées. Le nombre de ces écoutes se monte à une centaine et devant les premiers résultats obtenus, j'entrepris une étude méthodique.

Il fallait :

- 1° Tenir compte de l'équation personnelle;
- 2° Voir si l'ensemble du poste récepteur restait constant;
- 3° Étudier les perturbations du champ dans un rayon de faible longueur;
- 4° Donner à ce rayon des valeurs plus grandes et atteindre par bonds successifs la périphérie de la ville.

Les écoutes pour déterminer l'équation personnelle furent faites sur le même poste, avec deux casques de même sensibilité, de même résistance et de même marque; le collaborateur choisi fut celui qui était le plus entraîné à ce genre d'écoutes.

Les résultats de jour furent les suivants : l'allure générale des courbes était semblable, on n'y constatait que des variations de finesse acoustique individuelle qui modifiaient un peu les valeurs d'ordonnées, mais pas l'allure générale.



Fig. 1.

Nous verrons plus loin la modification ou plutôt l'amélioration de l'équation personnelle pendant une écoute à une heure du matin.

La deuxième série d'expériences était de déterminer si les variations n'avaient pas leur origine dans le poste de réception.

A cet effet, dans la même pièce fut monté un second poste, semblable en tous points à celui déjà existant; deux fils séparés formant les antennes allaient de chaque poste au plafond, les condensateurs furent choisis de même valeur et de même marque, les condensateurs de détection ainsi que les résistances les shuntant furent rendus égaux à 2 % près, les lampes furent choisies de même marque de caractéristiques aussi rapprochées que possible, le chauffage fut de 4 volts en fonctionnement, les tensions des plaques furent de 80 pour l'une et 82,5 pour l'autre; valeurs qui furent retrouvées semblables après les écoutes (79 et 81,5), les lampes furent allumées dix minutes avant, les bobines étaient semblables ainsi que les casques.

A part l'équation personnelle, les deux postes fournirent des courbes de même allure.

Pour la troisième série de recherches, un des postes fut transporté dans un des laboratoires de la Faculté des sciences, aimablement mis à ma disposition par M. Guinchant; la distance entre les deux locaux est de 50 mètres environ; une ligne de tramways à trolleys aériens passe devant les deux immeubles, une seconde ligne perpendiculaire sur la première passe à 15 mètres de la Faculté et à 65 mètres de mon domicile; la densité moyenne des fils de lumière, télégraphe, téléphone est sensiblement la même au-dessus du quadrilatère dans lequel se trouvent ces immeubles.

Les résultats obtenus dans cette troisième série furent les mêmes que ceux obtenus dans le même local, courbes de même allure, équation personnelle du même ordre.

Dans une expérience préliminaire de réglage effectuée à la Faculté fut confirmée la réception sur les bobines seules formant cadre. Les bobines d'antenne, de grille et de plaque avaient un diamètre de 60 millimètres, la première avait 2 spires, la seconde 4, la troisième 7; après avoir assuré la réception sur antenne celle-ci a été déconnectée, le fil de terre également, la réception a pu être suivie d'une façon très convenable (16 heures T. M. G.) : le poste étant lentement mis en croix sur la direction de l'émetteur, la valeur de l'intensité suivait très bien les variations du cosinus et arrivait à l'extinction lorsque le cosinus

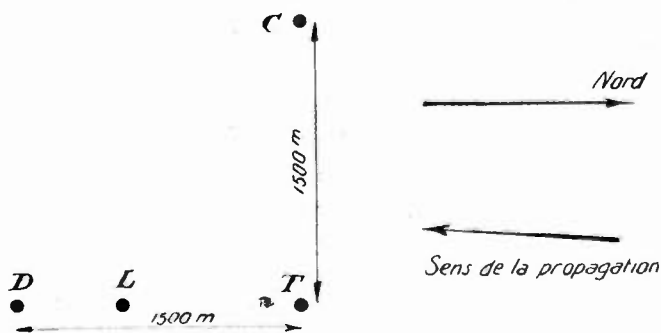


Fig. 2.

était 0, autrement dit quand le plan des bobines était perpendiculaire sur le plan de l'émetteur.

Quatrième série. Il n'en fut plus de même lorsque des écoutes furent faites en des points ayant entre eux une certaine distance.

Ces points furent choisis de manière que deux se trouvent à

partir de T dans le sens de la propagation, le quatrième franchement décalé par rapport aux premiers.

Considérant l'allure générale, les courbes accusèrent alors des variations très différentes, certaines variations étaient en concordances, peu cependant; d'autres et c'était le plus grand nombre n'avaient aucune similitude, une accusait une variation positive, l'autre une négative, la troisième rien, la quatrième rien qui puisse se comparer à l'une des trois.

Voici trois séries de courbes obtenues avec 2 postes, 3 postes et 4 postes.

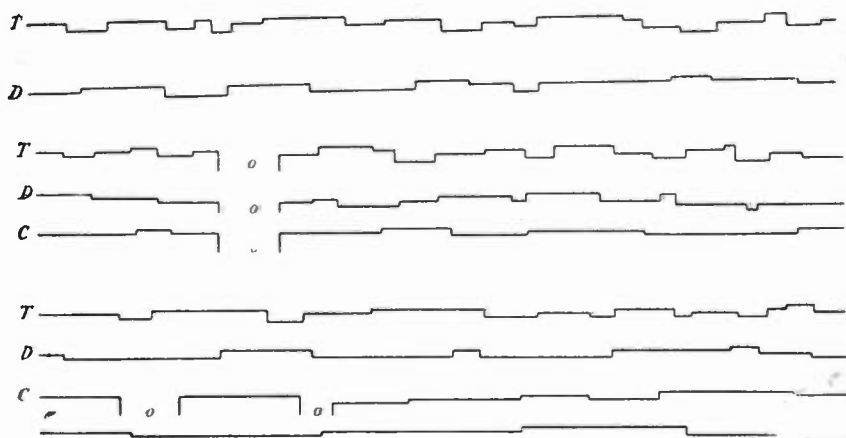


Fig. 3.

Elles représentent les variations de réception de jour : il ne faut pas considérer ici le mot jour comme luminosité, il faut le considérer comme temps pendant lequel une ville importante est en activité

Dans la nuit du 23 au 24 mai, le poste YZ fit de 19 h 30 au lendemain 5 h 30 deux émissions simultanées sur 50 et 51 mètres sans aucune interruption. il fut alors possible de comparer les réceptions dans un centre actif et ce même centre au repos. Mon écoute commença à 23 h 45 (temps légal) et sans interruption se poursuivit jusqu'à 3 h 1/4. Un de mes collaborateurs fit chez lui une écoute d'environ une heure, entre 0 h 15 et 1 h 15.

Les résultats obtenus furent différents de ceux obtenus de jour, les courbes furent semblables et accusèrent ensemble des variations même très légères de l'émission, l'équation personnelle s'est également ressentie de l'ambiance tranquille et on peut dire que les différences entre courbes si elles n'étaient pas nulles étaient négligeables.

On peut déduire que l'ambiance est un très gros facteur influençant les réceptions; les causes de perturbations semblent devoir être cherchées dans les courants alimentant les tramways à trolleys aériens, dans les lignes de lumière, de force, télégraphes, téléphones; dans les appareils à rayon X, etc ..

Les tramways que je supposais au début être de gros perturbateurs ne doivent pas être mis en cause, tout au moins pour les postes situés à la hauteur ou au-dessus des fils de trolleys.

Il a été dit plus haut qu'une ligne de tram passait devant ma maison et qu'une seconde ligne perpendiculaire sur la première passait à une soixantaine de mètres.

Les passages des tramways devant l'immeuble n'influencent pas d'une façon appréciable les barreaux aimantés ni le magnétomètre, mais ceux de la ligne perpendiculaire à cette première influencent les barreaux qui donnent une déviation de 5 degrés environ.

Aux moments des plus grandes amplitudes, soit de l'un, soit de l'autre appareil, les réceptions n'accusèrent aucune variation de l'intensité.

Pendant un certain nombre d'écoutes le plan des bobines du poste récepteur fut mis en croix sur le plan du champ fourni par les trolleys de la ligne passant devant chez moi, il était donc parallèle au champ de l'autre ligne; pendant d'autres séries d'écoutes, l'opposé fut fait, les résultats furent semblables dans les deux cas.

Les appareils à rayon X n'ont pas d'influence au delà de 500 m.

Il ne reste donc que les lignes de lumière servant en même temps à l'alimentation des moteurs industriels ou autres; les arrêts et reprises de tout cet ensemble ne suivent aucun rythme et l'influence de ces causes paraît se bien définir, si on fait un rapprochement entre la densité du réseau, le nombre des moteurs et le nombre des variations aux endroits où se trouvent les postes T D C L, le nombre des variations est en fonction de la densité du réseau sur ces points.

Deux écoutes faites à 40 kilomètres de Bordeaux, à 12 kilomètres de toute ligne électrique, ont donné des résultats du même ordre que ceux obtenus pendant l'écoute de nuit.

Il ressort de l'ensemble de ces recherches qu'il ne faut accorder qu'un crédit très relatif aux valeurs de variations et d'intensité lorsque les réceptions se font dans une ville et de jour, cela malgré tout le sérieux, l'adresse et la bonne volonté de l'expérimentateur.

(Période du 20 janvier au 25 mai 1925)

M. TOURROU.

OBSERVATIONS RADIOGONIOMÉTRIQUES FAITES A SANTIAGO (CHILI), PENDANT LES TEMPÊTES DU 21 AU 25 JUIN 1925

Par Julio BUSTOS NAVARRETE,
Directeur de l'Observatoire d'El Salto.

L'approche des dépressions cycloniques est précédée généralement, avec une grande avance, d'une augmentation notable des décharges statiques produites, dans la plupart des cas, par les décharges oscillantes qui se produisent dans la partie centrale et postérieure du cyclone.

Ci-joint un tableau des observations radiogoniométriques faites à l'Observatoire d'El Salto (près de Santiago, Chili) et des situations météorologiques correspondantes :

20 juin . Anticyclone sur le Continent. aucune dépression atmosphérique, cirrus dans la soirée	20 juin . Augmentation notable des atmosphériques prédominantes de la direction SW.
21 juin . Apparition d'une importante dépression cyclonique dans le SW.	21 juin . Atmosphériques violents de l'WSW et du SSW.
22 juin . Apparition d'un second centre cyclonique dans l'WSW; la pre- mière dépression du sud persiste.	22 juin . Décharges violentes dans le SW qui augmentent vers 16 heures.
23 juin . Importante dépression cyclo- nique dans la direction de l'WSW, autre dépression secondaire dans le Sud.	23 juin . Bruits crépitants fortes dé- charges dans le SSW.
24 juin . Grande dépression cyclonique dans le SW.	24 juin . Violentes décharges dans le SW.
25 juin . Grande dépression cyclonique dans le SSW.	25 juin . Bruits crépitants intenses dans le sud et le SW.

Généralement, sauf rares exceptions, la direction des atmosphériques a correspondu au centre et à la partie postérieure de la dépression. Dans beaucoup de cas, il y a superposition des atmosphériques dus à deux dépressions coexistantes.

Dernièrement, l'Observatoire d'El Salto a établi une station radiogoniométrique auxiliaire à Valdivia, au sud du Chili, pour obtenir par deux relèvements le centre de la perturbation et sa vitesse de déplacement.

Des observations analogues aux nôtres ont été faites par M. E. Gherzi, à l'Observatoire de Zi-Ka-Wei, près de Changhaï.

Julio BUSTOS NAVARRETE.

AU SUJET DU RENDEMENT DES TRIODES

Par le lieutenant de vaisseau BLANCHARD

Dans le numéro 44 de *l'Onde Electrique*, MM. le docteur Balth. Van der Pol et K. Posthumus exposent les très intéressants résultats qu'ils ont obtenus dans l'étude d'une triode de 200 kilowatts construite dans les usines de la S. A. Philips Radio. Ils exposent à cette occasion une méthode de calcul des postes d'émission très voisine de celle que j'ai exposée dans le numéro 31 (juillet 1924) de la même revue. Cependant, dans l'évaluation de la puissance utile, ces auteurs considèrent la totalité de la puissance fournie au circuit oscillant, au lieu de ne considérer que celle qui est contenue dans le terme fondamental. Cette façon de voir me paraît pourtant plus logique, car la puissance contenue dans le terme fondamental produit seule un effet utile sur un récepteur éloigné accordé en résonance.

Par ailleurs, ces auteurs ont admis que le courant de plaque pouvait être représenté par des portions de sinusoides. Si on veut bien se reporter aux numéros 23 et 24 de *l'Onde Electrique* on verra dans une étude de MM. Dufour et Mesny de nombreux enregistrements oscillographiques qui semblent montrer que la forme du courant de plaque se rapproche plus en réalité de celle que j'avais admise dans mon étude du numéro 31. J'ai expliqué dans une note contenue dans le numéro 26, les raisons physiques qui établissent que cette forme de courant doit être recherchée pour obtenir un bon rendement.

Proposons-nous de rechercher quelle est la forme de courant de plaque qui est théoriquement la plus favorable à l'obtention de rendements élevés, sans nous préoccuper de savoir si cette forme est pratiquement réalisable.

Reprenant mes notations du numéro 31, la puissance fournie est :

$$W_p = \frac{v_0}{2\pi} \int_{-\pi}^{+\pi} j \, d\omega t$$

e la puissance utile :

$$W_u = \frac{I}{2} (v_0 - P) \frac{I}{\pi} \int_{-\pi}^{+\pi} j \cos \omega t \, d\omega t$$

s agit de chercher la fonction :

$$j = f(\omega t)$$

toujours positive et au plus égale à la limite j_s (courant de saturation) qui donne à la deuxième intégrale restant constante et égale à W_p . La solution est absolument évidente. La fonction $j = f(\omega t)$ est définie de la manière suivante : elle est nulle lorsque ωt croît de $-\pi$ à la valeur $-\alpha = -\pi \frac{W_p}{v_0 j_s}$, elle est constante et égale à j_s lorsque ωt varie de $-\alpha$ à $+\alpha$, elle est nulle de nouveau lorsque ωt croît de

$$\gamma = \pi \frac{W_p}{v_0 j_s} \text{ à } +\pi.$$

Ceci est la preuve mathématique de ce que j'avais établi seulement par des considérations physiques dans la note du numéro 26 : « Pour obtenir des rendements élevés, si paradoxal que cela puisse paraître, il faut laisser subsister le courant de saturation pendant une certaine fraction de la période. de plus, on doit établir et supprimer ce courant le plus brusquement possible.

La forme en trapèzes que j'avais supposée est donc plus avantageuse que la forme en portions de sinusoïde, et c'est pratiquement cette forme que prend le courant plaque quand on règle un émetteur en recherchant un bon rendement.

BLANCHARD.

RÉGLAGE ET MISE AU POINT DES RÉCEPTEURS A RÉACTION

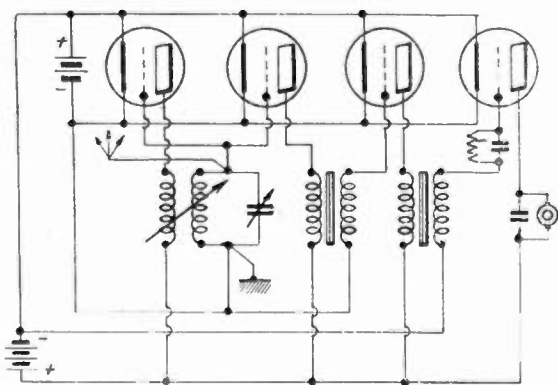
Par M. ROLLER

Le bon fonctionnement de la réaction est, parmi les facteurs qui influent sur le rendement d'un appareil récepteur, l'un des plus importants. On reconnaît qu'un poste est bien au point, et que la réaction donne toute l'amplification possible à la façon dont se produit l'accrochage. Lorsqu'on rapproche progressivement la bobine de réaction du circuit oscillant, l'accrochage est-il mou, progressif? La sensibilité est faible. Par contre le réglage est aisé. L'accrochage est-il brusque, s'accompagne-t-il d'un toc dans l'écouteur? La sensibilité est plus grande, mais le réglage précis de l'appareil devient très incommode, à cause des accrochages intempestifs, qui se produisent sous l'action d'une perturbation quelconque. L'idéal est d'obtenir un

accrochage qui soit aussi franc que possible, sans toutefois être brusque. Pour un mouvement infime de la bobine de réaction, on doit passer de l'état de « décrochage » où le circuit oscillant est au repos à celui d'« accrochage » où il oscille vigoureusement. Par le mouvement inverse, le système doit revenir à son état primitif. On comprend facilement comment, dans cet état peu stable, la moindre impulsion apportée par l'antenne produit des effets importants. Il faut toutefois prendre garde que cet état, aussi peu stable que possible, ne devienne réellement instable, sinon l'accrochage devient brusque et irréversible.

Ces conditions ne sont pas toujours faciles à réaliser, surtout pour les petites longueurs d'onde.

Un des moyens qui m'ont le mieux réussi est de monter la bobine



de réaction, conformément au schéma ci-joint, dans le circuit plaque d'une lampe spéciale, que l'on peut appeler, si l'on veut, lampe de réaction. La grille de cette lampe est montée en parallèle avec celle de la première lampe de l'amplificateur, et reçoit comme celle-ci les impulsions du circuit oscillant. L'amplificateur représenté comporte deux étages H. F. à transformateurs. On voit aisément l'adaptation du montage à n'importe quel appareil. Ses avantages sont les suivants :

1° On alimente habituellement la bobine de réaction par le circuit plaque de la lampe détectrice. Or, s'il faut, pour une détection sensible, des caractéristiques fortement incurvées et des courants grille importants, les conditions favorables au bon fonctionnement de la réaction sont exactement inverses. Il y a tout avantage à appliquer le principe de la division du travail et à charger de ces deux fonctions différentes deux lampes séparées.

2° Dans le montage ordinairement employé, la bobine de réaction est alimentée par des courants fortement amplifiés par les étages H. F. Par suite de la courbure des caractéristiques, ces courants ne sont plus proportionnels à l'amplitude de l'impulsion initiale du circuit d'accord, ni en concordance de phase avec elle. Avec la lampe spéciale de réaction, montée de façon à utiliser la partie rectiligne de la caractéristique, cette proportionnalité est beaucoup plus rigoureuse. Une théorie toute semblable à celle de l'amorçage d'une dynamo série montre que l'amplification due à la réaction est ainsi améliorée.

Il se produit forcément dans les étages H. F. des réactions par capacité interne. Si l'on emploie le système de liaison par condensateur et résistance de fuite, la variation du potentiel moyen des grilles sous l'influence des oscillations produit un déplacement du point de fonctionnement sur la caractéristique. Ceci peut modifier les conditions d'accrochage et donner des accrochages irréversibles. A ce point de vue la liaison par transformateurs est à préférer. D'autre part, les oscillations du potentiel grille s'accompagnent de variations dans la résistance de l'espace filament grille, qui shunte le circuit oscillant. Il en résulte une variation de l'amortissement de ce circuit, qui a les mêmes inconvénients que précédemment. Le remède est de réduire l'intensité des courants grille en portant les grilles à un potentiel nul, ou même légèrement négatif. Enfin, pour éviter toute réaction provenant du circuit plaque dans la détectrice, il est bon de shunter le téléphone par un condensateur, comme d'habitude.

Moyennant ces quelques précautions, on obtient régulièrement et avec toutes les lampes de bons résultats. Le procédé m'ayant souvent rendu service, j'ai pensé qu'il pourrait de même être utile à quelques lecteurs. Que ceci me serve d'excuse pour avoir retenu si longtemps leur attention.

M. ROLLER.

CHRONIQUE DU MOIS

SOCIÉTÉ DES AMIS DE LA T. S. F.

Liste des nouveaux membres.

- MM. Denis (Robert), électricien, 118, rue du Moulin-de la Tour, Gennevilliers.
Prud'homme (Louis), astronome à Lachenaz, par Cruseilles (Haute-Savoie).
Ducretet (Fernand), ancien constructeur, lauréat de la Fondation Carnegie, 3, rue des Feuillantines, Paris-5^e.
Maldidier (Jean), officier du génie, 13, rue de la Cerisaie, Paris-4^e.
Bédoura (Henri), chef de bataillon, ingénieur radio E. S. E., 37, rue Charles-Lafitte, Neuilly-sur-Seine.
Bussereau (Fernand), chef de poste radio, Service interallié des transmissions, S. P. 77.
Andresen (Helge), capitaine de corvette, ingénieur E. S. E., Fiedleriksgade 10, Copenhague.
Nórsgaard (Jens), capitaine de corvette, ingénieur E. S. E., Holbakgade Copenhague.
Aubugeau (Dieudonné), capitaine d'infanterie coloniale, E. C. M. R., 51 bis, boulevard Latour-Maubourg, Paris-7^e.
Prigent, lieutenant de vaisseau, chef du Centre radioélectrique de Nouméa (Nouvelle-Calédonie).

Conférences organisées par la Société des Amis de la T. S. F.

En vue de réduire les frais postaux, il ne sera plus envoyé désormais de convocations aux sociétaires habitant la province, sauf à ceux qui en feront expressément la demande. Dans le même but, nous prions les sociétaires demeurant en Seine ou Seine-et-Oise à qui leurs occupations ne permettent pas d'assister aux réunions mensuelles de bien vouloir nous en aviser.

INFORMATIONS & CORRESPONDANCE

Légion d'honneur. — Tous les membres de la *Société des Amis de la T. S. F.* apprendront avec un vif plaisir la nomination dans l'Ordre de la Légion d'honneur de M. Etienne Chiron. Tous les lecteurs de *l'Onde Electrique* se joindront à eux pour adresser leurs sincères félicitations à notre actif et sympathique éditeur.

La T. S. F. et l'Esperanto en Norvège. — Les cercles sans filistes de Norvège s'intéressent très vivement à l'esperanto, comme langue auxiliaire de la radiotéléphonie.

Le 26 septembre, la station radiotéléphonique d'Oslo a transmis sa première conférence de propagande sur l'esperanto.

Petite annonce.

A vendre : 1 microampèremètre Carpentier ; 1 galvanomètre Leeds et Northrup ; 2 lampes émission, 50 watts, américaines ; 4 lampes réception Western.

Faire offre pour le tout ou séparément à M. Chabault, secrétaire du Radio-club du Massif Central, 5 bis, boulevard Victor-Hugo, Limoges.