

L'ONDE ÉLECTRIQUE

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



SOMMAIRE

DAVID, DUFOUR et MESNY

Étude oscillographique de la super-réaction.

A BODIN et J. CAYREL

Quelques remarques sur le circuit Fromy-Flewelling.

M. ROUGE

Amplificateur à résonances multiples.

Chronique du mois :- Informations :- Analyses

Étienne **CHIRON**, Éditeur

:: :: 40, rue de Seine :: :: PARIS :: :: Fleurus 47-49 :: ::

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
Tél : FLEURUS 47-49

SOCIÉTÉ DES AMIS DE LA T. S. F.

Adresser la correspondance administrative et technique à

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

Paiement des cotisations à **M. ATTHALIN**, trésorier

Banque de Paris et des Pays-Bas
3, rue d'Antin, Paris-2^e
Compte de chèques postaux n° 697-38

Les correspondants sont priés de rappeler chaque fois le numéro d'inscription porté sur leur carte.
CHANGEMENTS D'ADRESSE : Joindre 0.50 à toute demande.

COMITÉ DE PATRONAGE

MM.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

MM.

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

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

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

Société des Ingénieurs Coloniaux.

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

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

A. MESSIMY, ancien ministre.

Denis PÉROUSE, président du Syndicat des Armateurs de France

J.-B. POMEY, inspecteur général des Postes et Télégraphes.



HAUT-PARLEURS-AMPLIFICATEURS

à diaphragme conique
:: extra-sensibles ::

Puissance et volume
de son incomparables

.....

Casques de laboratoire
à haute sensibilité.



 **Brown-S.E.N.**

12, rue Lincoln
PARIS-8^e

ÉTUDE OSCILLOGRAPHIQUE DE LA SUPER-RÉACTION

Par MM. DAVID, DUFOUR et MESNY

SOMMAIRE. — I. **Introduction** : Principes de la Super-Réaction: rappel de la théorie de M. Armstrong Indication de quelques points à éclaircir; proportionnalité de la réception à la F. E. M. appliquée; variation de l'application avec la fréquence, effet d'un oscillateur local — II **Etude oscillographique** : Méthode employée. Résultats. Oscillogrammes à haute et à basse fréquence Mesures faites sur les tracés enregistrés Relevé de la croissance et de la décroissance des oscillations. — III. **Explication des résultats précédents** : Modifications à la théorie « classique ». Importance de la période de résistance positive. Influence du réglage du récepteur Influence de la fréquence. Explication de l'effet d'un oscillateur local.

Rappel du principe de la super-reaction. — M. Armstrong présentait ⁽¹⁾, en 1922, un nouveau procédé de réception, qu'il appelait « super-réaction », parce que, disait-il, l'emploi d'un principe nouveau « permet de dépasser la limite assignée à la réaction par la théorie ⁽²⁾. »

Ce procédé repose sur la remarque suivante : on sait que dans un circuit, présentant une certaine résistance « positive », il est possible d'introduire, au moyen de la réaction, une résistance « négative », de grandeur arbitraire. En particulier, si l'on rend cette résistance négative supérieure, en valeur absolue, à la résistance positive, le circuit acquiert la propriété que « si on lui applique une force électromotrice, si petite soit-elle, le courant (y) augmente indéfiniment, dans la limite de puissance des tubes employés, que la force électromotrice soit maintenue ou supprimée. Les oscillations qui prennent naissance ont, d'ailleurs, des amplitudes proportionnelles à la force électromotrice appliquée ⁽³⁾. »

M. Armstrong a décrit plusieurs montages permettant de faire varier très rapidement, avec une fréquence inaudible, la résistance d'un circuit récepteur, de manière qu'il se mette à osciller sous l'effet

⁽¹⁾ M. Armstrong rappelait les travaux antérieurs de MM. Turner et Bolitho.

⁽²⁾ *L'Onde Electrique*, novembre 1922, p. 625.

⁽³⁾ *Loc. cit.*, p. 626.

de l'onde incidente, puis soit arrêté et ramené à son état initial, d'où il repart à nouveau.

A propos des oscillogrammes reproduits dans son article, et qui ont été obtenus en basse fréquence, M. Armstrong fait remarquer qu'en les examinant, on aperçoit, même en l'absence d'une force électromotrice d'excitation, « une petite oscillation libre dans les circuits. Mais cette oscillation reste très faible; pour qu'elle prenne une amplitude notable, une force électromotrice d'excitation est nécessaire et c'est là le principe du fonctionnement ⁽¹⁾ ».

Enfin, il signale les points suivants particuliers à la super-réaction :

1° L'énergie de l'amplification « varie comme le carré du rapport entre la fréquence de l'onde reçue et celle de la modulation ⁽²⁾ ». Cette dernière ayant en pratique une limite inférieure, « le fonctionnement est d'autant meilleur que la longueur d'onde est plus courte ⁽³⁾ ».

2° « A distance égale, et à nombre égal de tubes, la super-réaction donne une amplification plus forte que celle de n'importe quel autre système. Cependant elle ne permettrait pas de recevoir des signaux que la super-hétérodyne, par exemple, ne recevrait pas ⁽⁴⁾ ».

3° Elle apporte une protection précieuse contre les brouillages par ondes amorties; l'explication de cette sélectivité se trouve dans la suppression de toute oscillation, libre dans le système ⁽⁵⁾, suppression qui se produit périodiquement tous les 1/20 000 de seconde, par exemple.

Difficultés rencontrées. -- Bien qu'en général il soit possible d'expliquer de façon satisfaisante, au moyen des considérations ci-dessus, la plupart des résultats expérimentaux, cependant quelques points délicats nécessitent un complément de précisions. En voici des exemples :

1° Tout d'abord, en quoi consiste exactement le phénomène essentiel de la super-réaction; c'est-à-dire, cet état spécial de sensibilité dans lequel un système oscille violemment sous l'effet de la plus petite impulsion, et cependant n'est pas capable de démarrer spontanément?

S'agit-il d'un effet de frottement, de résistances passives, provenant de la différence entre les caractéristiques du système au repos et en mouvement?

Ou bien peut-on rendre compte du fonctionnement de la super-réaction sans faire intervenir ces phénomènes secondaires et en utilisant simplement les théorèmes généraux de l'électrotechnique?

(1) *Loc. cit.*, p. 630. (2) p. 631. (3) p. 635. (4) pp. 634 et 635 (5) p. 635

2° M. Armstrong indique, comme nous l'avons rappelé plus haut, que les oscillations libres, qui prennent naissance dans le système récepteur, ont des amplitudes proportionnelles à la force électromotrice appliquée. C'est ce qui permet de recevoir la téléphonie.

Or, ceci est exact dans certains cas, mais non pas dans tous. Obtenir ce résultat constitue une des difficultés du réglage; il est possible d'observer précisément le contraire, en choisissant convenablement certains éléments: à savoir que la réception est dans une large mesure indépendante de la force électromotrice appliquée; elle reste absolument constante lorsque cette force électromotrice décroît (jusqu'à une certaine limite, bien entendu); il est alors impossible de recevoir la téléphonie, mais une onde modulée *complètement* en télégraphie, est recue avec la même force de loin et de près, ce qui constitue une propriété très intéressante dans certains cas.

Comment expliquer ce résultat?

3° M. Armstrong n'a pas dit sur quoi il se fondait en estimant que l'amplification croît comme le carré du rapport :

$$\frac{\text{fréquence de l'onde reçue}}{\text{fréquence de la modulation}}$$

Or, nous avons réalisé des montages à super-réaction fonctionnant entre les longueurs d'onde de 450 et de 2 mètres. Si l'amplification était, dans cette gamme, proportionnelle au carré de la fréquence de l'onde reçue (la fréquence de modulation n'étant pas changée), elle aurait dû varier dans la proportion de $1 \text{ à } \frac{450^2}{2^2}$, soit environ 50 000.

Une différence formidable aurait dû par suite se manifester malgré toutes les différences accidentelles et sans qu'il soit besoin de mesures.

Or, nous n'avons jamais constaté nettement cette différence. Il semble donc que la loi du carré de la fréquence ne soit pas indéfiniment exacte quand la fréquence augmente.

4° L'action d'un oscillateur local (hétérodyne séparée) sur un récepteur à super-réaction donne lieu à de curieuses observations.

Supposons, par exemple, que la fréquence F de l'émission entretenue soit de 6 000 000 (longueur d'onde 50 m). Le récepteur étant réglé sur cette même fréquence, supposons qu'on fasse agir sur lui, en outre de l'émission, un oscillateur local (« hétérodyne ») de fréquence voisine F' .

Pour pratiquer la réception hétérodyne habituelle, il faut donner à F' une valeur telle que la différence $F - F'$ soit de l'ordre de 800 à 1 000.

Or, si on l'essaye, on constate que le résultat est généralement mauvais. L'oscillateur local fait osciller fortement le récepteur à super-réaction, et l'émetteur lointain n'y ajoute rien. Il faut alors doser avec une très grande précision l'action de l'oscillateur local, diminuer son énergie, le placer très loin ou l'enfermer dans une cage de Faraday, et finalement le gain de sensibilité est faible.

Mais si, au lieu de donner à F' une valeur telle que $F-F'$ soit audible, on modifie progressivement F' de manière à ce que la différence $F-F'$ soit beaucoup plus grande, de l'ordre de plusieurs dizaines ou centaines de mille périodes par seconde, on peut obtenir un très grand nombre (cent et plus) de battements analogues à ceux d'une hétérodyne, alternant avec des silences.

En tournant la manette du condensateur de l'oscillateur local séparé, on entend alors ces sifflements se succéder rapidement en produisant un gazouillis très particulier.

Ceci permet, sans précautions particulières, de recevoir des ondes entretenues avec une sensibilité très grande, le réglage étant facile à cause du grand nombre de sifflements qu'on peut obtenir sur une seule émission.

Ce phénomène n'a pas encore été signalé, à notre connaissance, et son interprétation semble difficile; comment des battements $F-F'$ de fréquence 10000 à 100000 ou plus peuvent-ils donner lieu à des sifflements audibles, de hauteur variable?

Intérêt d'une étude oscillographique. — Pour nous rendre compte avec exactitude des phénomènes, et expliquer les diverses particularités ci-dessus, nous avons étudié le fonctionnement d'un récepteur à super-réaction, de stabilité et de sensibilité connues, au moyen de l'oscillographe cathodique établi par l'un de nous ⁽¹⁾

Dispositif expérimental. — Le récepteur employé était réglé sur une longueur d'onde d'environ 50 mètres, la « modulation » était obtenue par variation de tension-plaque, à la fréquence 9000 environ par seconde. — L'appareil était disposé à proximité de l'oscillographe, afin de pouvoir lui être relié par des connexions très courtes.

L'émetteur, fournissant la même haute fréquence, était placé dans une salle voisine, à distance convenable. L'émission réalisée pouvait, le cas échéant, être modulée au moyen d'un microphone comme d'ordinaire.

Tous les enregistrements ont été effectués sous la forme de variation de tension. A cet effet, un condensateur de faible capacité

(1) Dufour, *Onde Électrique*, t. I (1922), pp. 638 et 609. t. II (1923), p. 19

agit par son champ électrique sur le faisceau cathodique. Suivant les cas, ce condensateur a été placé intérieurement ou extérieurement au tube, ce dernier procédé étant aussi bon que l'autre, vu la fréquence élevée atteinte ici, de l'ordre de 6 000 000 par seconde.

Dans certaines expériences, pour enregistrer à la fois la tension de

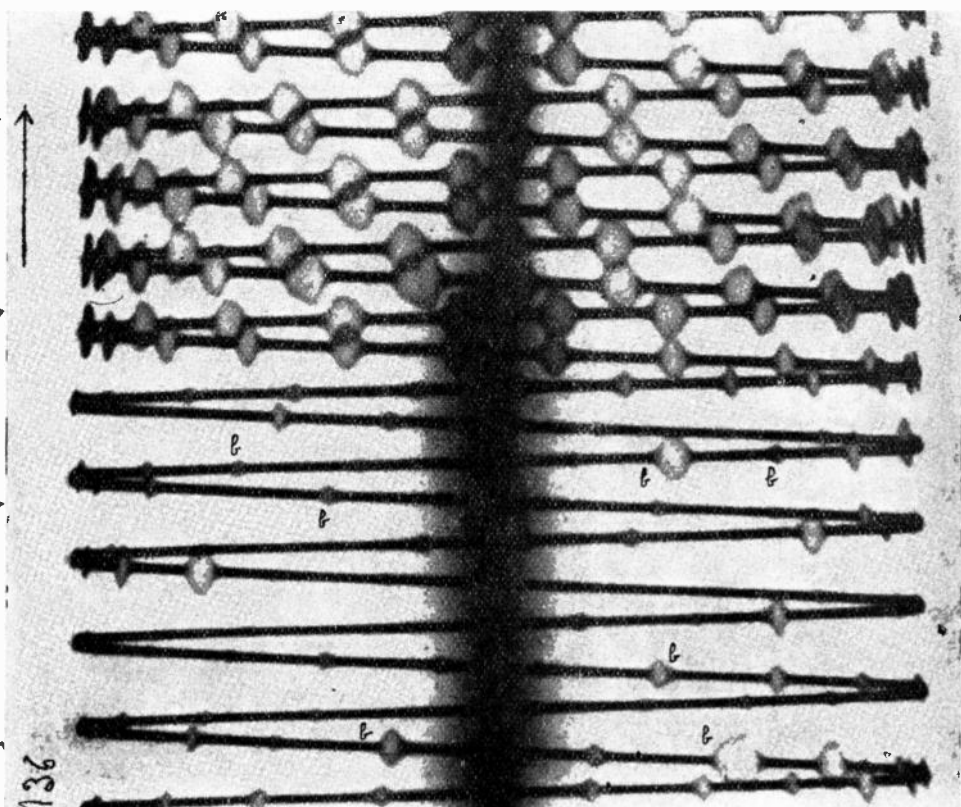


Fig. 1. — Réception avec chauffage fort enregistrement de la tension de grille en l'absence, puis en présence d'une émission entretenue

haute fréquence et celle de basse fréquence des oscillations du récepteur, on a utilisé un tube cathodique comportant deux condensateurs intérieurs, à lignes de force parallèles entre elles, disposés l'un au-dessus de l'autre; on obtient ainsi la somme algébrique des tensions de haute et de basse fréquence, permettant de voir immédiatement les rapports mutuels de phase de ces deux phénomènes dans le récepteur à super-réaction.

Nous avons fait deux séries d'enregistrements en utilisant soit le

dispositif oscillographique à cylindre tournant dit de basse fréquence, soit le dispositif à plaques immobiles particulier aux hautes fréquences

Résultats des expériences Pour la commodité de leur interprétation, on peut classer les résultats en trois catégories, bien qu'ils soient tous relatifs au même récepteur et au même émetteur

1° *Enveloppes des variations de tension de haute fréquence* —

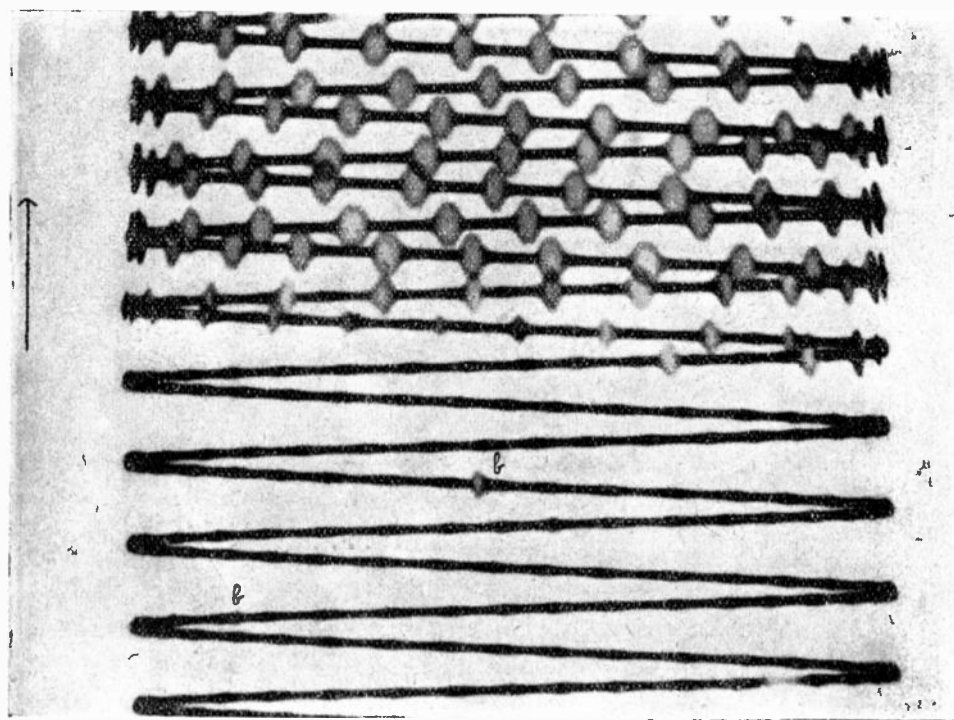


Fig 2 — Réception avec chauffage moyen (enregistrement de la tension de grille en l'absence et en présence de l'émission entretenue)

Elles correspondent aux oscillogrammes représentés en grandeur naturelle par les figures 1 à 3 obtenus sur cylindre tournant d'un mouvement uniforme.

Les grandes oscillations (horizontales dans les figures) de la tache cathodique sont produites par un courant alternatif à 500 périodes environ, sur ces grandes oscillations viennent s'inscrire les déviations, verticales ici, dues à la tension aux bornes du circuit oscillant du récepteur. Les oscillations de cette tension sont trop rapides pour qu'on puisse les séparer les unes des autres dans ces enregistrements

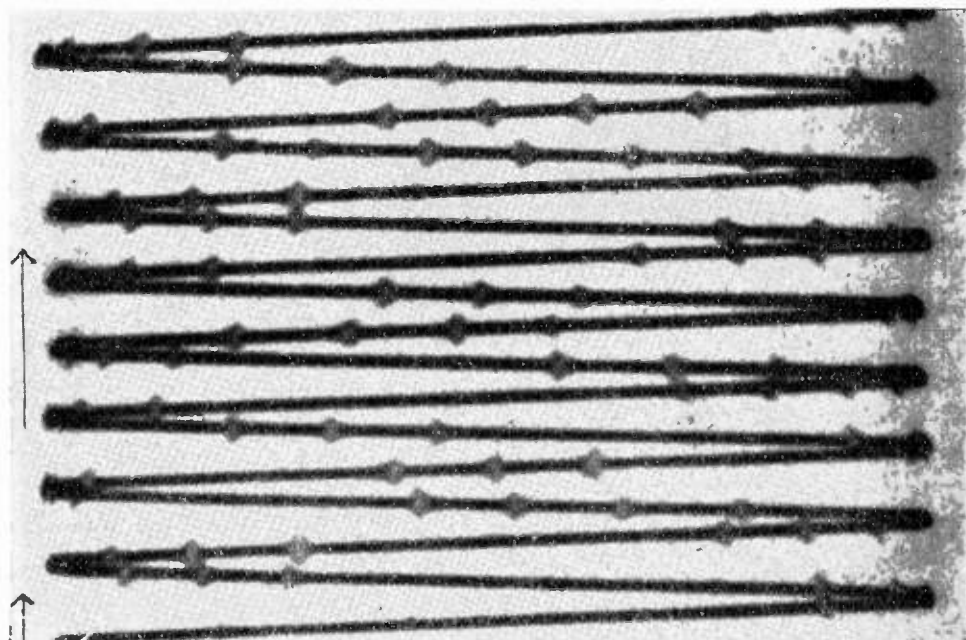


Fig. 3. — Réception avec chauffage faible — enregistrement de la tension grille sous l'effet d'une émission modulée

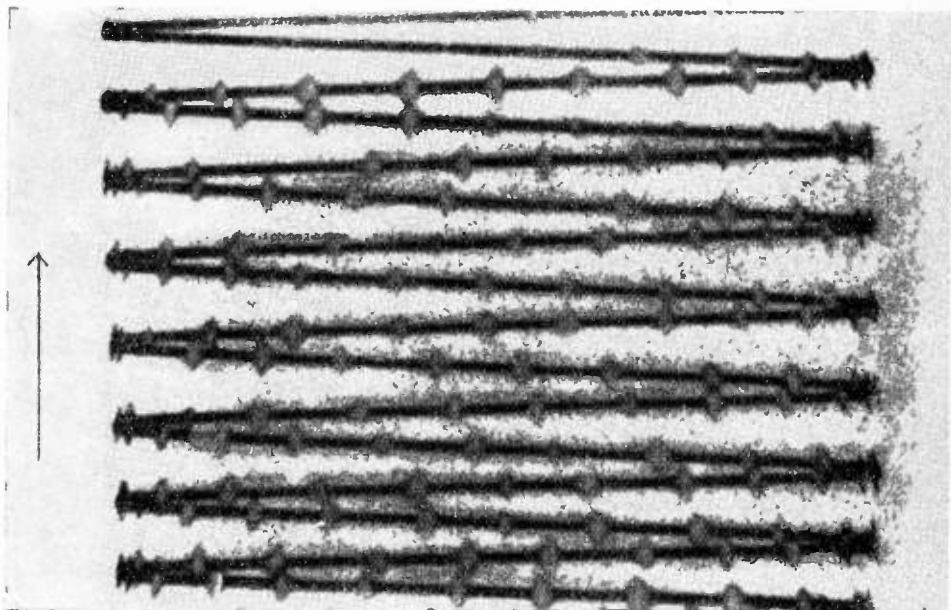


Fig. 4 — Réception d'une émission entretenue en présence d'un oscillateur local.

et l'on n'obtient ici que la courbe enveloppe de leurs amplitudes laquelle fournit déjà des renseignements intéressants.

Pour enregistrer les divers régimes de fonctionnement du récepteur, un relai convenable, commandé par l'oscillographe même, permet de

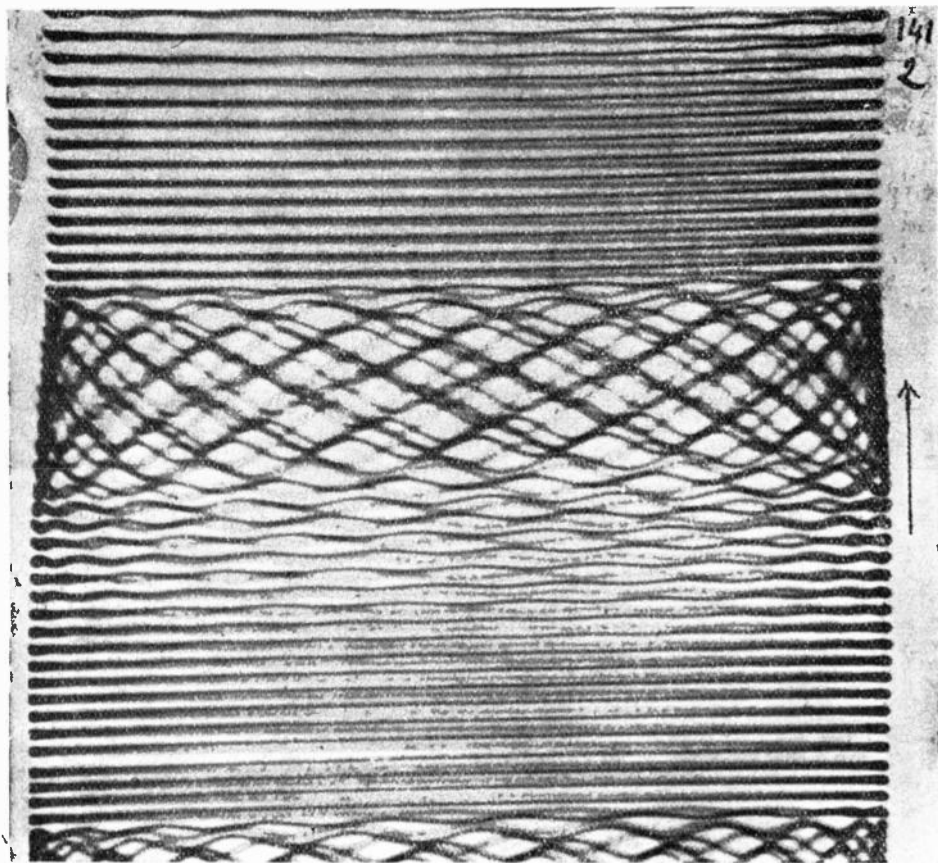


Fig. 5. — Réception avec chauffage faible enregistrement des oscillations haute fréquence sous l'effet d'une émission.

supprimer au moment voulu la tension plaque de l'émetteur pendant l'enregistrement ; c'est ce qui a lieu pour les figures 1 et 2 : la tension-plaque de l'émetteur n'existe que pour la partie supérieure de ces enregistrements.

La figure 1 correspond à un chauffage assez fort des lampes du récepteur. En l'absence d'émission, on entend au casque le bruit de friture habituel ici très prononcé ce bruit disparaît quand l'émission existe.

La figure 2 est relative à un chauffage plus faible des lampes, plus convenable pour la téléphonie, et pour lequel le bruit de friture précédent est fortement affaibli.

Les clichés montrent immédiatement la raison du bruit de friture

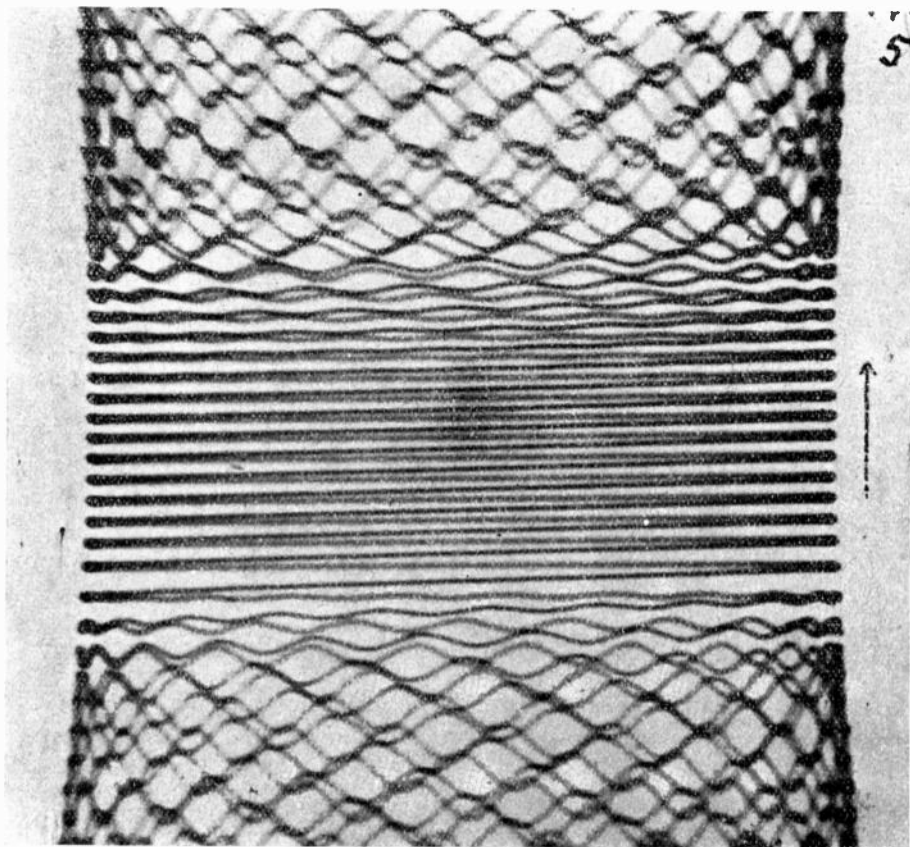


Fig. 6. — Réception avec chauffage fort en gissement des oscillations à haute fréquence sous l'effet d'une émission

précédent : il est dû, en l'absence d'émission, au démarrage spontané et irrégulier des oscillations de haute fréquence du récepteur.

On voit, en effet, surtout sur la figure 1, aux endroits marqués de la lettre *b*, des courbes enveloppes d'amplitude irrégulière, qui après détection fournissent un bruit confus au téléphone. Le même phénomène est beaucoup plus rare dans la figure 2 puisqu'elle ne présente que deux accidents marqués *b* dans la région correspondant à l'absence d'émission (il y a lieu de négliger les variations d'épaisseur

**

du tracé causées par un fonctionnement irrégulier du débit cathodique).

Au contraire, les régions supérieures des figures 1 et 2, correspondant à l'existence de l'émission, montrent des courbes enveloppes d'amplitude bien uniforme, d'où la constance du courant détecté et par conséquent le silence observé au téléphone.

La figure 3 donne encore les courbes enveloppes de la tension-grille du récepteur, mais cette fois l'émission est modulée et existe durant tout l'enregistrement. à cet effet, on a émis le son A devant le microphone de l'émetteur. On voit très nettement la variation d'amplitude des courbes enveloppes dont un certain nombre ont même disparu. (Le chauffage du récepteur étant très faible pour avoir une bonne réception téléphonique.)

2° La figure 4, qui ne se distingue en rien des précédentes, représente le fonctionnement du récepteur sous l'action combinée d'une émission entretenue de fréquence 5840000 et d'un oscillateur local de fréquence 6000000 environ.

On voit que les battements à fréquence inaudible de ces deux ondes provoquent des variations à fréquence audible dans l'oscillation du poste. Ce phénomène surprenant sera expliqué un peu plus loin.

2° *Clichés de haute fréquence.* — Nous avons aussi enregistré le détail des oscillations de haute fréquence aux bornes du circuit oscillant du récepteur; elles apparaissent sur les figures 5, 6 et 7 obtenues avec le dispositif de haute fréquence.

Pour allonger suffisamment le tracé et pouvoir détailler les oscillations de fréquence 6000000, on fait agir sur le faisceau un courant alternatif à 273000 périodes qui provoque la grande sinusoïde horizontale des figures 5 à 7, tandis que les déviations dans le sens vertical correspondent aux valeurs de la tension grille du récepteur. La rapidité du balayage a été réglée au mieux pour avoir des clichés lisibles et correspond ici à un parcours complet de la plaque par le faisceau cathodique en 1/5000 à 1/6000 de seconde; on ne peut donc obtenir guère plus d'une période complète de basse fréquence du récepteur.

La figure 5 correspond à un chauffage faible du récepteur, l'émetteur étant en fonctionnement. La figure 6 a été obtenue dans les mêmes conditions, mais avec un chauffage beaucoup plus poussé. Enfin pour la figure 7, l'émetteur ne fonctionnait pas; nous avons eu la chance d'obtenir en plein milieu de l'enregistrement une oscillation spontanée accidentelle du récepteur que nous avons déjà rencontrée antérieurement (fig. 2).

Ces clichés présentent le grand intérêt de montrer le détail de la naissance et de la disparition des oscillations de haute fréquence.

Tandis que sur les figures 1, 2 et 3, à cause de la faible vitesse de déplacement, voulue d'ailleurs, de la tache cathodique, il est difficile de se rendre compte de la forme de la courbe enveloppe dans ses détails, il est au contraire très facile de la déduire des mesures qu'on peut faire sur les clichés de haute fréquence.

A ce sujet, il convient de signaler que ces mesures sont beaucoup

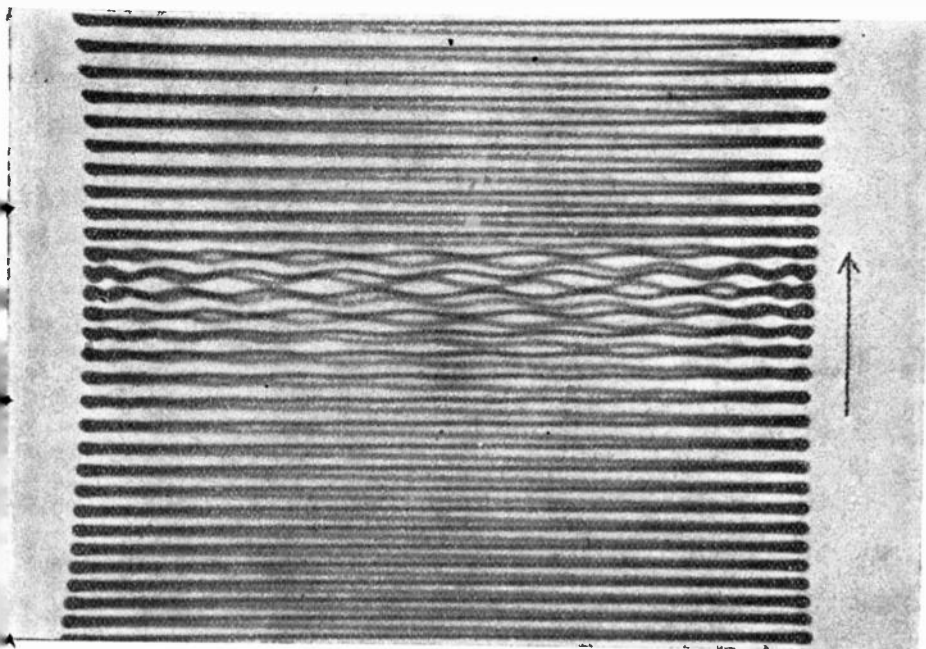


Fig. 7 - Enregistrement des oscillations haute fréquence produites spontanément en l'absence de l'émission.

plus concordantes qu'on ne serait tenté de le croire d'après la largeur du trait. Si l'on a soin d'effectuer les pointés sur les clichés en utilisant un système optique peu grossissant, possédant un oculaire à deux fils parallèles pour encadrer la région repérée, on peut obtenir dans le relevé des amplitudes successives une précision très satisfaisante. C'est ainsi que les points expérimentaux représentant les mesures faites à la machine à diviser sur ces clichés se placent tout à fait bien sur une courbe régulière (reproduite dans la figure 10) donnant cette fois avec précision la forme des courbes enveloppes déjà rencontrées dans les figures 1, 2 et 3.

La courbe I de la figure 10, tirée du cliché 7, est l'agrandissement d'une des très petites enveloppes (telle que *bb* figure 2), en l'absence d'émission

La courbe II, tirée du cliché 5, représente une des moyennes enveloppes obtenues sous l'effet de l'émission avec un chauffage faible — par exemple, les enveloppes régulières du cliché 2.

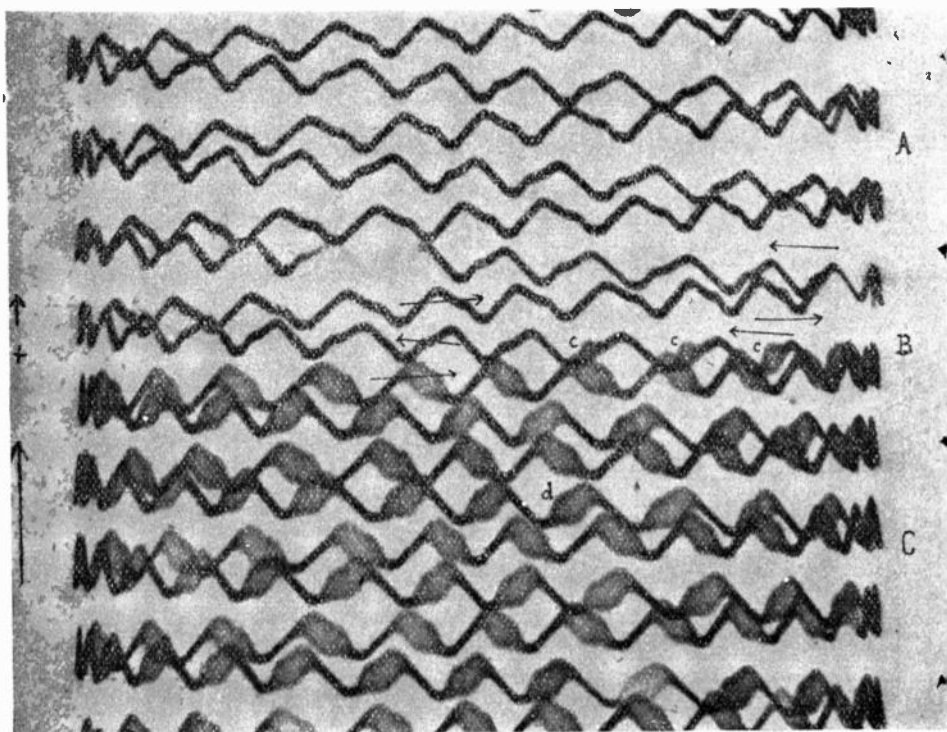


Fig 8 — Enregistrement simultané de la tension de grille et de la tension moyenne de plaque, en présence et en l'absence d'émission entretenue

Enfin, la courbe III, fournie par le cliché 6, montre une forte oscillation obtenue avec un chauffage fort, par exemple une de celles du cliché 1.

On remarquera combien il est difficile de déterminer le point de départ des oscillations : on ne sait quand elles commencent, cela dépend de la largeur du trait. On comprend ainsi pourquoi dans les clichés 5 et 6, les oscillations paraissent durer les huit ou neuf dixièmes de la période, tandis que dans les clichés basse fréquence, le

trait étant plus épais, elles ne sont visibles que pendant les cinq dixièmes environ.

Cette remarque faite, on verra que les oscillations figurées par les clichés 5 et 6, bien que de croissance très différente, durent exactement le même temps; il serait bien étrange que ce soit là un hasard, et l'on peut supposer qu'elles commencent et finissent au même instant de la période de modulation. Pour en être certain, il fallait

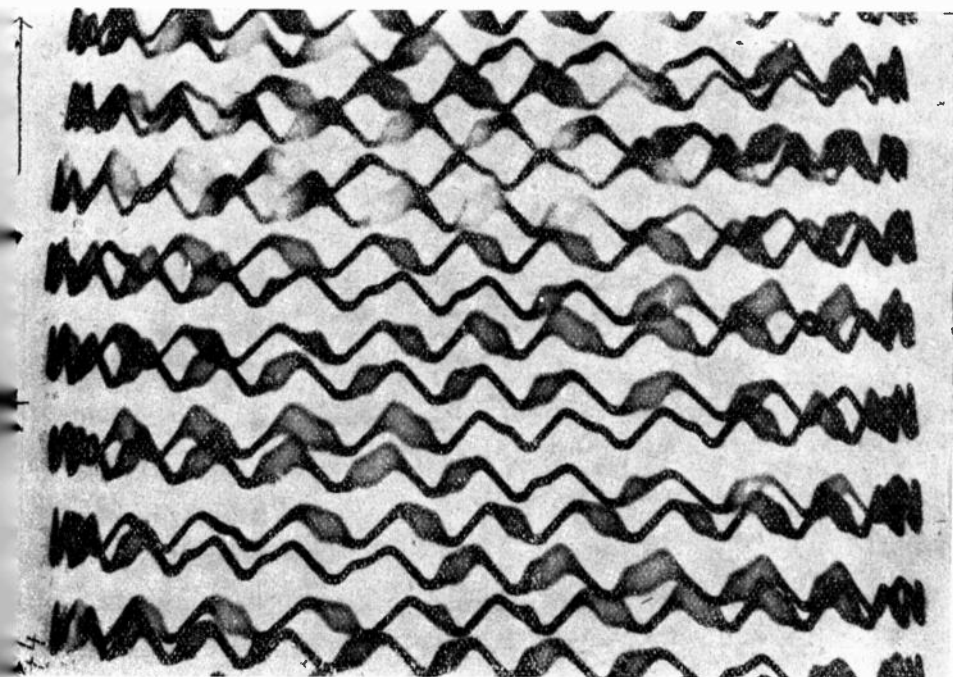


Fig 9 — Reception d'une émission modulée — enregistrement simultané des tensions de grille et de plaque.

toutefois qu'on puisse voir ensemble ces oscillations et la modulation, c'est-à-dire enregistrer simultanément la tension de grille et la valeur moyenne de la tension de plaque, qui détermine la variation de résistance négative et par suite le fonctionnement de la super-réaction (dans le récepteur étudié, la modulation se fait, en effet, par variation de tension plaque, ainsi qu'il a déjà été indiqué plus haut)

3° *Enregistrements simultanés des tensions basse et haute fréquence.* — Afin de pouvoir situer les oscillations de haute fréquence du poste à super-réaction dans les alternances positives de la basse fréquence, nous avons enregistré, à l'aide d'un tube cathodique à deux

condensateurs parallèles, la courbe résultante de ces deux tensions. C'est ainsi qu'ont été obtenues les figures 8 et 9 sur cylindre tournant.

Sur le cliché de la figure 8, dont une partie a été prise en l'absence d'émission, l'autre pendant une émission entretenue non modulée, on voit :

a) Dans l'intervalle A B, où le poste n'oscille pas, et où la tension moyenne de plaque figure seule en ordonnées, que cette tension est loin d'être sinusoïdale.

Cela est naturel, la lampe modulatrice n'étant pas réglée au voisinage de la limite d'entretien.

b) Que dans l'intervalle B C, sous l'effet de l'émission, les oscillations partent régulièrement pendant la croissance de la tension de plaque, atteignent leur maximum peu après le maximum de celle-ci, puis décroissent.

c) Que dans le voisinage du point B, en ccc, sous l'effet d'une émission qui ne s'arrête pas instantanément, mais progressivement, les oscillations se produisent avec des amplitudes décroissantes, et de plus en plus en retard par rapport à la tension de plaque, de manière à finir toujours au même instant.

La figure 9 permet de faire avec netteté, plusieurs fois, cette dernière constatation : l'émission étant modulée, on voit très bien que les oscillations n'ont pas la même amplitude aux différentes périodes successives de la modulation ; elles n'ont pas non plus la même durée ; mais l'amplitude et la durée varient ensemble, et à mesure qu'elles diminuent, les oscillations se produisent de plus en plus tard, et s'arrêtent toujours au même moment de la période.

Connaissant alors la phase des courbes I, II, III, par rapport à la tension plaque, donc leurs phases respectives entre elles, on peut les figurer dans leur position respective exacte, ainsi que cela a été fait sur la figure 10.

Les abscisses figurent les temps. En ordonnées on a porté les tensions à une échelle que l'on peut évaluer approximativement ; car s'il n'a pas été fait de mesures directes des tensions mises en jeu dans l'obtention de ces enregistrements, cependant, d'après les dimensions des condensateurs employés et en admettant pour les rayons cathodiques enregistreurs une vitesse de l'ordre de 90000 kilomètres par seconde, il semble que les amplitudes des variations totales des tensions relevées sur les enregistrements correspondent à une quarantaine de volts pour les tensions grilles et une soixantaine de volts pour les tensions plaques.

En outre, on a supposé que la tension-plaque descendait exacte-

ment à zéro; cela n'est pas nécessaire, car seule sa variation est à considérer; mais en fait, c'est à peu près exact, et la tension plaque, dans le poste étudié, variait entre 0 et 60 volts environ.

La figure 11 représente une des enveloppes d'oscillation, reconstruite à partir des courbes de la figure 10.

Il nous semble possible d'interpréter entièrement les oscillogrammes ci-dessus et de résoudre les difficultés signalées.

Fonctionnement de la super-réaction. — Pour cela, il faut d'abord connaître avec précision la loi de croissance des oscillations dans un circuit dont la résistance totale est successivement positive, nulle ou négative.

Considérons un circuit comprenant :

Une self L ,

Une capacité C ,

Une résistance R ,

le courant i produit par une force électro-motrice $e = E \sin \omega t$ satisfait à l'équation :

$$(1) \quad L \frac{d^2 i}{dt^2} + R \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} i = \frac{de}{dt}$$

On sait que l'intégrale de cette équation prend deux formes différentes selon que l'équation caractéristique admet, ou non, des racines réelles. Ici le cas qui nous intéresse est celui où R est relativement petit devant $4L/C$; dans ce cas, si l'on appelle I_0 et Q_0 l'intensité et la charge

du condensateur à l'instant 0, S la quantité $\sqrt{\frac{4L}{C} - R^2}$, φ l'angle de décalage entre la force électro-motrice et le courant donné par

$tg \varphi = \frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R}$ et enfin ψ la phase de la force électro-motrice d'excitation à l'instant $t = 0$, l'intégrale générale de l'équation est : (1)

$$i = \frac{E_m}{\sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}} \left[\underbrace{\sin(\omega t + \varphi)}_{\text{cime permanent}} + e^{-\frac{R}{L}t} \left(\frac{CR\omega \sin \psi - 2 \cos \psi}{C\omega} \sin \frac{S}{2L} t - \sin \frac{\psi}{2} \cos \frac{S}{2L} t \right) \right]$$

— — — — —
régime libre

Ici nous faisons, pour simplifier, les hypothèses suivantes :

(1) Par exemple, voir Janet, Electrotechnique générale, tome II, p. 130.

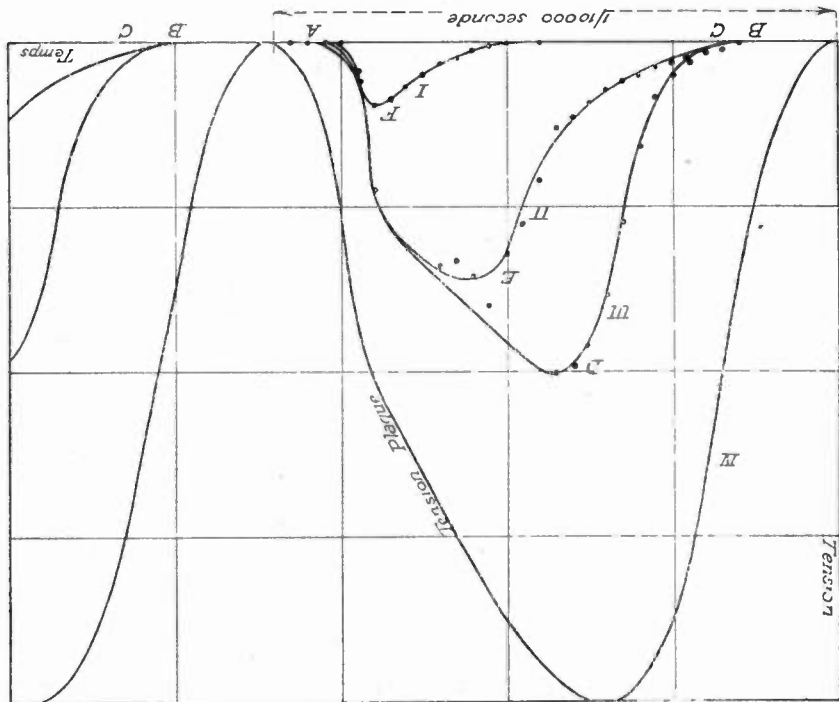


Fig. 10

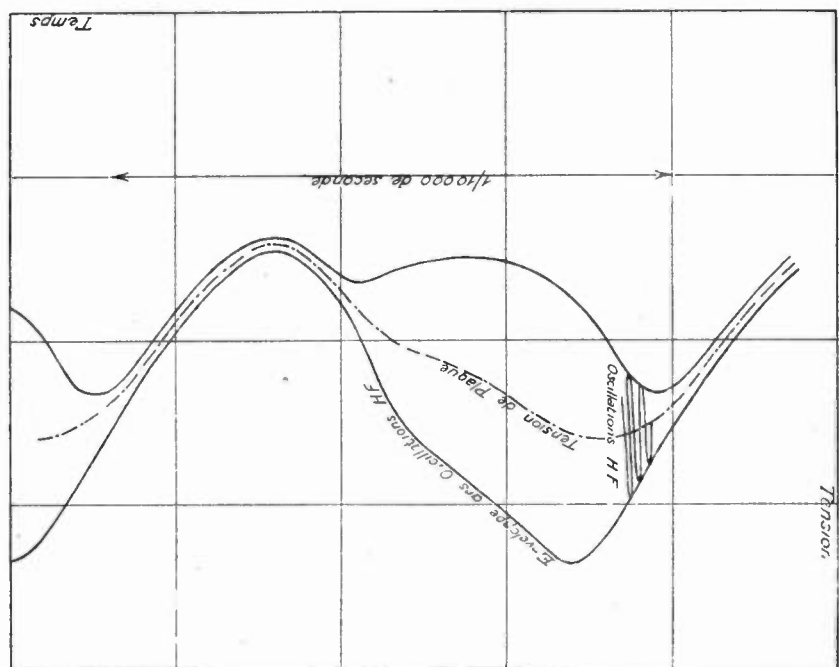


Fig. 11.

1° R^2 est négligeable devant $4L/C$, donc $S = 4L/C$;

2° La pulsation d'excitation ω est égale à la pulsation propre du circuit, donc $\varphi = 0$;

3° La charge et l'intensité à l'instant 0 sont nulles;

4° La force électro-motrice d'excitation passe par 0 à l'instant 0, donc $\psi = 0$, alors les équations se simplifient énormément et il reste seulement :

$$i = \frac{E_m}{|R|} \left[\sin \omega t - e^{-\frac{R}{2L}t} \sin \omega t \right].$$

Cette équation nous montre clairement ce qui se passe dans le récepteur durant une période de modulation :

1° Supposons d'abord (fig. 10) la tension de plaque à son minimum.

La résistance du circuit est alors maximum. R étant grand (et positif), on voit que la valeur limite du courant :

$$\frac{E_m}{R} \sin \omega t$$

est faible; mais elle est très rapidement atteinte, parce que les oscillations libres :

$$\frac{E_m}{R} \cdot e^{-\frac{R}{2L}t} \cdot \sin \omega t$$

s'amortissent très rapidement.

La force électro-motrice venue de l'émetteur ne produit donc qu'un courant très faible, mais qui atteint presque instantanément sa valeur de régime permanent.

Les variations de tension produites par ce courant sont beaucoup trop faibles pour être visibles sur les oscillogrammes; nous avons vu en effet que les amplitudes maxima de la tension étaient d'une quarantaine de volts; par suite, toutes les variations de tension inférieures à une fraction de volt sont perdues dans l'épaisseur du trait et par suite imperceptibles. Elles n'en existent pas moins, en toute rigueur; quelle que soit la valeur de la résistance positive R , la force électro-motrice d'excitation produit toujours un certain courant.

2° La tension de plaque augmente progressivement. La résistance du circuit diminue par l'entrée en jeu de la réaction. Par suite, l'amplitude maximum E_m/R que peut atteindre le courant augmente; mais le temps mis pour y arriver augmente aussi, parce que $e^{-\frac{R}{2L}t}$ décroît de moins en moins rapidement.

Au moment où la résistance devient voisine de zéro, l'intensité en régime permanent devient très grande; mais le temps mis pour l'atteindre devient également très grand. Pour voir ce qui se passe, il suffit, avec l'équation simplifiée écrite ci-dessus, de poser : $x = \frac{R}{2L} t$

$$\text{et développer } e^x \text{ en série : } e^x = 1 + x + \frac{x^2}{2}$$

lorsque x tend vers zéro, $\frac{e^x - 1}{x}$ tend donc vers 1, et l'intensité est donnée par la formule :

$$i = \frac{Em \sin \omega t}{2L} t$$

La valeur maximum de cette intensité croît donc *proportionnellement au temps* ⁽¹⁾ : elle deviendrait infinie au bout d'un temps infini.

Nous voyons donc que la diminution progressive de la résistance jusqu'à zéro a pour effet de faire croître l'amplitude des oscillations induites dans le circuit récepteur, suivant une loi très simple (progression arithmétique). A l'instant où la résistance du circuit s'annule, l'amplitude de ces oscillations est évidemment proportionnelle à la force électro-motrice d'excitation qui les a provoquées.

En résumé, pendant la période de « résistance totale positive », le récepteur se comporte comme un récepteur à réaction ordinaire, dans lequel un opérateur extrêmement adroit augmenterait progressivement la réaction jusqu'à la limite d'entretien. L'effet produit par l'émission serait donc le même que dans un récepteur à réaction; c'est-à-dire que la force électro-motrice venue de l'émetteur y produirait un courant non négligeable, dont l'amplitude serait proportionnelle à cette force électro-motrice.

Dans le cas d'une émission lointaine et faible, on peut admettre que le courant produit n'est pas assez intense pour amener aux bornes du circuit oscillant une différence de potentiel supérieure à l'ordre de grandeur du volt (car une différence de potentiel de 1 volt appliquée à la grille d'une lampe détectrice ordinaire représente déjà une réception très raisonnable).

Par suite les oscillations existant dans le circuit à l'instant où la résistance change de signe sont déjà notables, mais probablement pas assez pour être perceptibles sur les oscillogrammes, tout au plus, commencent-elles à se détacher du trait des abscisses. Sur la figure 10,

(1) Cette propriété est générale dans le cas de résistance nulle. Les approximations que nous avons faites ne sont pas nécessaires pour l'établir, elles rendent seulement la démonstration beaucoup plus rapide.

l'instant où la résistance change de signe serait donc compris entre B et C, c'est-à-dire tout à l'origine de la courbe visible.

Assurément, nous ne pouvons le placer de façon exacte et d'ailleurs sa position dépend du réglage dans chaque cas particulier; mais qu'il soit un peu plus à gauche ou à droite, cela ne change rien à la nature des phénomènes.

3° La tension de plaque continuant à augmenter, la résistance totale du circuit, après avoir diminué, change de signe et devient négative.

Tant que cette résistance négative reste petite et voisine de zéro, le calcul du paragraphe précédent reste applicable; les oscillations continuent à croître proportionnellement au temps (équation 2). Le fait que la résistance change de signe au voisinage de zéro, ne modifie donc pas les phénomènes: ce qui se passe pendant les premières oscillations à haute fréquence *après* le changement de signe de la résistance, n'est donc pas différent de ce qui se passe pendant les dernières oscillations *avant* le changement de signe; et ce n'est pas plus important. L'action de l'émetteur ne consiste donc pas dans une impulsion brève donnée pendant les premières oscillations avec résistance négative; elle a commencé beaucoup plus tôt, elle a duré tout le temps de résistance positive; toutes les impulsions élémentaires apportées pendant ce temps ont produit leur effet: petit d'abord, lorsque la résistance était grande; puis de plus en plus grand: maximum lorsque la résistance était voisine de zéro (peu importe son signe); et tous ces effets se sont intégrés, produisant, au total, un courant dont l'amplitude V_0 est proportionnelle à la force électro-motrice d'excitation.

4° Lorsque par suite de l'augmentation persistante de la tension de plaque, la résistance négative, augmentant elle aussi en valeur absolue, cesse d'être voisine de zéro, le calcul du paragraphe 20 ne s'applique plus, et l'équation (1) montre alors que le terme en $\left(e^{-\frac{R}{2L}t}\right)$ devient rapidement prépondérant, le coefficient de t étant alors positif. Les oscillations *libres* sont déclanchées, et croissent suivant une loi exponentielle ⁽¹⁾ (et même plus rapidement, puisque le coefficient t n'est pas constant, mais croît avec t). Le poste n'est plus un récepteur, mais un véritable émetteur.

La croissance des oscillations est, on le voit, déterminée par la variation de la résistance R , par les constantes du circuit $2L$, donc, en somme, par la construction et le réglage du récepteur. Mais durant une période, elle est, à chaque instant, proportionnelle à la force

(1) Ceci est général dans tous les émetteurs à lampes.

électro-motrice d'excitation venue de l'émetteur, puisque la valeur atteinte V_0 sous l'effet de cette force électro-motrice, lui est proportionnelle, et que les oscillations libres croissent ensuite suivant une loi de forme exponentielle, c'est-à-dire en restant constamment proportionnelles à l'amplitude initiale.

Sur la figure 10, cette croissance des oscillations est représentée en CD, CE, CF. On comprend bien qu'elle puisse affecter des formes différentes : (courbes I, II, III), soit que la force électro-motrice venue de l'émetteur soit différente, soit que cette force électro-motrice étant la même, le réglage du récepteur, c'est-à-dire la loi de variation de R, ait été modifié.

5° Les oscillations ne pouvant croître indéfiniment, sont limitées par les caractéristiques des triodes employés, et notamment par la tension de plaque.

Si les oscillations montent très rapidement, comme CD, cette limite se trouve atteinte alors que la tension-plaque est maximum ; dans ce cas, les oscillations ont leur amplitude maximum.

Si les oscillations montent moins vite, comme en CE ou CF, cette limite est atteinte alors que la tension de plaque a déjà plus ou moins diminué ; l'amplitude atteinte est alors plus ou moins diminuée.

Enfin, la tension de plaque continuant à décroître, les oscillations s'affaiblissent ; la résistance redevenant positive, elles s'amortissent, et leur amplitude redevient rapidement invisible sur les courbes ; il est remarquable combien cette extinction se fait suivant la même loi quelle que soit l'amplitude atteinte. Il semble même qu'on puisse retrouver dans les courbes II et III, la petite bosse que présente, dans sa partie descendante, la courbe de la tension de plaque.

On est ainsi revenu à l'état initial, à partir duquel les mêmes phénomènes se reproduiront : oscillations forcées sous l'action de la force électro-motrice d'excitation, d'abord très petites, puis, à mesure que la résistance tend vers zéro, de plus en plus notables ; ces oscillations devenant l'origine des oscillations libres qui leur restent proportionnelles lorsque la résistance est devenue négative ; enfin les oscillations libres limitées, puis éteintes, par la diminution de la tension de plaque.

Fonctionnement et divers réglages possibles du récepteur. — Les explications précédentes montrent, et l'expérience confirme (oscillogrammes, fig. 1, 2, 3), que pour une force électro motrice d'excitation donnée, on peut, en *faisant varier le réglage du récepteur*, obtenir *des fonctionnements différents*, résultant de la croissance des oscillations suivant les lois différentes CD, CE, CF. Ceci permet de tirer des conclusions très intéressantes.

Premièrement : pour recevoir la téléphonie, il faut que le courant détecté reproduise les variations d'amplitude de l'onde incidente. Si, par exemple, l'amplitude de la force électro-motrice induite par l'émetteur varie de 1 à 10, il faut que les variations du courant détecté, à partir de sa valeur de repos, lui soient approximativement proportionnelles et varient, elles aussi, de 1 à 10 environ.

Or, suivant le type de détecteur employé, la variation du courant détecté dépend, soit de l'amplitude, soit de l'énergie fournie, c'est-à-dire, ou bien de l'ordonnée maximum, ou bien de l'aire des courbes enveloppes.

En pratique, ces deux quantités varient ensemble, et nous pouvons dire que pour recevoir la téléphonie, il faut que l'ordonnée maximum atteinte par les oscillations libres, soit, dans chaque intervalle, proportionnelle à la force électro-motrice de l'émetteur pendant le début de cet intervalle.

Or, ceci n'a lieu que pour certains réglages. En effet, si dans leur croissance, les oscillations, comme nous l'avons vu, restent bien toujours proportionnelles à la force électro-motrice d'excitation, cependant, cette croissance est limitée, et suivant qu'elle l'est plus ou moins tôt, l'ordonnée effectivement atteinte varie.

Si par exemple nous réglons le chauffage pour que les oscillations croissent suivant la courbe III de la figure 10, pour une force électro-motrice faible, égale au minimum induit par l'émetteur pendant la modulation, il est bien évident qu'elles ne pourront pas croître beaucoup plus haut, même si la force électro-motrice augmente énormément ; si la force électro-motrice augmente dans le rapport de 1 à 10, les ordonnées atteintes ne seront certainement pas dix fois celle du point D. La modulation ne sera donc pas reproduite, un tel réglage est impropre à la réception de la téléphonie.

Il conviendra, en revanche, pour recevoir avec le maximum d'amplification la télégraphie modulée, si l'on suppose la modulation totale (100 %), c'est-à-dire l'émission arrêtée par instants.

Pour recevoir la téléphonie, il faut donc que l'oscillation soit faible lorsque l'émission est faible, de manière à ce que sa croissance atteigne une limite proportionnelle à l'émission. Les oscillations auront alors des lois de croissance telles que CF ou au maximum CE ; la réception sera alors nette, mais moins forte⁽¹⁾.

Enfin, l'on comprend ce qui se passe en l'absence d'émission ; les

(1) Ce réglage doit être, par suite, refait lorsque la force du signal change, lorsque la distance de l'émetteur au récepteur croît. Il est impossible de le faire une fois pour toutes.

parasites et brouillages, irrégularités des sources, des lampes, etc., agiront d'autant plus sur le récepteur que les oscillations induites par eux pourront croître plus vite, c'est-à-dire que le chauffage sera plus poussé. Il est donc tout naturel que ces oscillations soient parfois très visibles (sur le cliché fig 1 en *bbb*), parce que le chauffage était dans ce cas très poussé, tandis qu'elles le sont à peine ou pas du tout sur les clichés figures 2 et 3 où le chauffage était plus faible.

Rendement et sensibilité du récepteur. — 1° Par rapport au récepteur à réaction, on bénéficie de toute la différence d'amplitude entre les oscillations libres et les oscillations forcées. d'où un gain considérable dans l'amplification ;

2° Cependant, il y a une limite dans la sensibilité : c'est lorsque l'amplitude V_0 atteinte par les oscillations forcées n'est pas plus grande sous l'effet du signal qu'elle ne l'est en moyenne sous l'effet des parasites. En l'absence de parasites, il semble que l'amplification soit illimitée ;

3° On ne voit aucune raison pour que l'amplification croisse comme le carré de la fréquence reçue.

Assurément, il existe une limite inférieure de fréquence au-dessous de laquelle le fonctionnement en super-réaction devient impossible, le nombre des oscillations haute-fréquence dans une période de modulation étant trop petit pour que les phénomènes puissent se passer comme il a été indiqué ci-dessus.

Aux environs de cette limite, l'amplitude atteinte par les oscillations à chaque période de modulation est fonction de la fréquence, et alors effectivement l'amplification augmente avec la fréquence.

Mais si l'on se trouve loin de cette limite; si la croissance des oscillations dépend uniquement du réglage du poste et peut toujours être amenée à la valeur maximum (courbe III), ou maintenue, pour recevoir correctement la téléphonie entre deux limites telles que I et II ; alors en quoi l'augmentation de la fréquence augmenterait-elle l'amplification ? en quoi le nombre d'oscillations enveloppées par les courbes I, II, III changerait-il sensiblement leur aire ou leur ordonnée maximum ?

Nous pensons donc, et l'expérience confirme notre manière de voir, que l'amplification donnée par la super-réaction ne croît pas indéfiniment avec la fréquence, mais qu'elle reste sensiblement constante, lorsque la fréquence dépasse une limite donnée (ceci est vrai, notamment pour les longueurs d'onde inférieures à 50 mètres)

Réception d'une onde entretenue par action d'un oscillateur local. — Il nous reste à expliquer comment on peut entendre un son mu-

sical lorsqu'on produit entre l'onde incidente et un oscillateur local, des battements de fréquence parfaitement inaudibles (p. ex. de 10 000 à 100 000 et plus).

Cela est dû au fait que la réception est modulée à une fréquence de l'ordre de 10 000; cette modulation permet de déceler des battements beaucoup plus rapides par un mécanisme analogue à celui de tous les appareils stroboscopiques.

En effet, nous avons vu que l'action de l'émetteur sur le récepteur s'exerçait pendant toute la période de résistance positive, mais inégalement; et que cette action était surtout importante pendant le temps, beaucoup plus court, où la résistance était très voisine de zéro. Ce temps ne dure que quelques périodes de la haute fréquence.

Imaginons alors que la fréquence de modulation étant 10.000 (soit 600 périodes de la haute fréquence dans une période de la modulation), le nombre de battements entre l'émetteur et l'oscillateur local soit un multiple exact de cette fréquence; mettons, par exemple, 100 000. Un de ces battements durera donc 60 oscillations H.F.

A un certain instant, la résistance du récepteur passe par la valeur zéro; c'est l'instant de sensibilité maximum. Imaginons qu'à cet instant, les impulsions venues de l'émetteur soient en phase avec celles venues de l'oscillateur local (elles restent sensiblement en phase pendant les quelques périodes qui précèdent et qui suivent le changement de signe de la résistance). L'action combinée de ces deux impulsions, s'ajoutant à l'instant précis où la sensibilité du récepteur est maximum, l'effet sera maximum et le récepteur oscillera fortement.

Pendant un dix millième de seconde, il se produira neuf autres battements entre l'émetteur et l'oscillateur local; donc neuf autres concordances de phase; mais elles produiront peu d'effet sur le récepteur. Il en sera autrement du dixième battement, car la fréquence de ces battements étant exactement le multiple dix de la fréquence de modulation, la dixième concordance de phase aura lieu précisément à l'instant où le récepteur passera de nouveau par sa sensibilité maximum, la résistance étant nulle. Cette dixième concordance de phase produira donc le même effet que la première, et lancera de nouveau le récepteur avec la même amplitude.

Il en sera de même de la vingtième, de la trentième, etc.; le récepteur recevra à chaque dix millième de seconde la même impulsion, donc le courant modulé *restera constant, on n'entendra rien* dans les écouteurs.

Si les oscillations venues de l'émetteur et celles venues de l'oscillateur local, au lieu d'être en concordance de phase à l'instant de sen-

sibilité maximum, s'opposaient plus ou moins, à cet instant, l'action sur le récepteur serait diminuée, mais cependant constante d'une fois à l'autre; le courant détecté aurait une valeur différente, mais également constante; on n'entendrait rien non plus.

Il est clair que l'on n'entendra jamais rien dans les écouteurs tant que le nombre de battements par seconde sera un multiple exact de la fréquence de modulation, car, alors, aux instants de sensibilité successifs du récepteur, les forces électro-motrices venues de l'émetteur et de l'oscillateur local auront toujours la même différence de phase.

Mais supposons maintenant que le nombre de battements par seconde diffère, d'une quantité de l'ordre des fréquences audibles, d'avec un multiple exact de la fréquence de modulation. Si cette dernière est toujours 10000, supposons que la fréquence des battements soit de 101000.

Alors si, à un instant donné, la sensibilité maximum du récepteur coïncide avec une concordance de phase entre l'émetteur et l'oscillateur local, cette coïncidence ne se retrouvera pas un dix millième de seconde plus tard; les deux forces électro-motrices ne seront plus en phase; au bout de cinq intervalles, elles seront non plus en concordance, mais en opposition à l'instant où la résistance passera par zéro: l'action sur le récepteur sera diminuée. Elle redeviendra maximum au bout de cinq autres intervalles de un dix millième. Bref, l'oscillation du récepteur, donc le courant détecté, varieront mille fois par seconde. On entendra un son de fréquence mille dans les écouteurs.

En général, on voit que les battements à fréquence inaudible entre l'oscillateur local et l'émetteur donneront lieu à une variation musicale de courant détecté, chaque fois que leur fréquence différera, d'une quantité audible, d'avec la fréquence de modulation. On peut d'ailleurs préciser de la manière suivante:

Soit $N = F' - F$ le nombre de battements que donnent par seconde l'émission venant de l'émetteur et celle produite par l'oscillateur local; soit, d'autre part, n la fréquence de modulation à la réception.

Supposons que l'on réalise les conditions pour lesquelles

$$N = nK (1 + p/q)$$

K étant un nombre entier et p, q étant aussi entiers; les valeurs de N, K, p et q dépendent du désaccord des fréquences de l'émetteur et de l'oscillateur local.

Premier cas: Il se trouve que $p = 0$. Il s'écoule un nombre entier

de battements entre deux alternances de la basse fréquence du récepteur. Celui-ci oscille donc à chaque alternance de basse fréquence toujours dans les mêmes conditions, le courant moyen détecté est constant et le téléphone est silencieux. Nous obtenons ainsi l'explication des extinctions successives du son du téléphone quand on fait croître peu à peu le désaccord de l'émetteur et de l'oscillateur local.

Deuxième cas : La valeur de p n'est pas nulle.

Pour que le récepteur se retrouve au même état d'oscillation pour deux certaines alternances, d'ailleurs non consécutives cette fois, de la basse fréquence, il faut que dans l'intervalle de temps qui sépare ces deux alternances particulières, il se soit produit un nombre entier de battements de fréquence N . Ceci aura lieu si nous prenons deux alternances de basse fréquence dont le numéro d'ordre dans leur succession dans le temps diffère de la valeur q .

En effet, l'intervalle de temps qui sépare ces deux alternances particulières est

$$q/n$$

correspondant à un nombre de battements égal à

$$N q/n = nK (1 + p/q) q/n = K (q + p)$$

nombre qui est bien entier.

Le courant détecté relatif à ces deux alternances aura bien la même valeur puisque dans ces deux alternances le récepteur vibre dans les mêmes conditions.

Il n'en sera pas de même pour toutes les alternances de basse fréquence comprises entre ces deux-là parce que l'action motrice résultant de la combinaison des impulsions dues à l'émetteur et à l'oscillateur local différera de celle agissant sur les deux alternances que nous avons choisies.

Le courant détecté variera donc d'une manière régulière en présentant des maxima et des minima qui se suivront à des intervalles de temps égaux à q/n . On entendra donc au téléphone un son de hauteur n/q .

Il sera donc possible d'obtenir, en changeant la fréquence de l'oscillateur local, des quantités de sifflements, et non plus un seul comme dans le cas de l'hétérodyne.

Ces sifflements seront cependant en nombre limité, et décroîtront d'intensité à partir d'une certaine fréquence — en effet, d'une part, si le nombre de battements devient trop grand, leur durée devient aussi courte que la durée de sensibilité maximum du récepteur, et alors les

battements successifs exercent le même effet quelle que soit leur phase, — d'autre part, si la fréquence des battements diminue, c'est-à-dire si la fréquence de l'oscillateur local se rapproche beaucoup de celle de l'émission, *sur laquelle le récepteur est réglé*, l'on retrouve l'inconvénient de la méthode hétérodyne : l'action de l'oscillateur local devient en général très grande par rapport à celle produite par l'émetteur ; les battements ont une amplitude très petite par rapport à l'action permanente de l'oscillateur local : le récepteur est étouffé, le courant détecté ne varie presque plus.

L'expérience confirme ces deux observations.

Nous ne décrivons pas les applications, réalisées ou prévues, de ce mode de réception. Seules sa description et son explication présentaient ici de l'intérêt.

QUELQUES REMARQUES SUR LE CIRCUIT FROMY-FLEWELLING

Par A. BODIN et J. CAYREL

Licenciés ès sciences

Sous le titre « Procédé de réception par modulation à une lampe », M. Fromy a décrit et étudié en détail dans le numéro de *l'Onde Électrique* de mars 1923, les phénomènes périodiques d'accrochage et de décrochage qui prennent naissance dans un montage autodyne pour des valeurs appropriées de la capacité du condensateur de grille et de la résistance du shunt de ce condensateur.

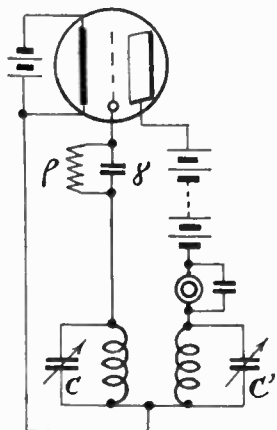
Dans une note intitulée « Au sujet du circuit Flewelling », M. Fromy signalait aux lecteurs de *l'Onde Électrique* que la super-réaction Flewelling n'était autre que l'utilisation des accrochages de grille produits à une fréquence ultra sonore et il insistait sur les critères qui distinguent ce mode de super-réaction de celui de M. Armstrong. Outre ce procédé de super-réaction qui utilise la variation du courant moyen de plaque, M. Fromy indiquait dans son article de mars 1923, un second mode d'emploi du montage étudié qui consiste à donner à la modulation de grille une fréquence audible et à utiliser l'élévation de fréquence de la modulation sous l'influence des ondes incidentes. Les signaux Morse se détachent alors « en aigu » sur un « fond » plus grave.

On trouvera ci-après énoncées, quelques remarques sur le phénomène étudié par M. Fromy et sur les applications qu'on peut en faire.

I. — Perfectionnement du montage.

On donne au fonctionnement du montage une bien plus grande souplesse et on facilite beaucoup les réglages en adjoignant à la bobine de réaction un condensateur variable C' (fig. 1).

On constate que pour modifier la fréquence de la modulation de



grille dans un certain sens, il convient d'agir *en sens inverse* sur les condensateurs C et C' . Au contraire, ces deux condensateurs agissent dans les mêmes sens sur les longueurs d'onde des oscillations de *haute fréquence* engendrées par le système.

II. — Effet Relais.

Si l'on donne à la modulation de grille une fréquence audible et que par des réglages convenables on se place au voisinage du point où le « hurlement » de grille s'amorce, on peut par des tâtonnements, souvent assez pénibles, faire en sorte que ce hurlement soit déclenché par les ondes reçues, et qu'il reproduise fidèlement les signaux Morse. Si le réglage est imparfait, il y a basouillage puis le hurlement s'établit sans interruption. Au contraire, si le réglage est bon, on obtient un *silence complet* dans les intervalles des signaux. A noter le son rauque du hurlement lorsqu'il est déclenché par une émission.

Bien que fort incommode à cause de l'instabilité des réglages, cet « effet relais » peut être utilisé pour la réception télégraphique en haut parleur et doit être ajouté aux deux modes d'emploi préconisés par M. Fromy.

III. — Mesure des faibles capacités et des grandes résistances.

En employant un condensateur de grille d'assez grande capacité et un shunt de grille de résistance suffisamment élevée; on peut donner à la modulation de grille une période de l'ordre de la seconde. On entend alors dans le téléphone une suite de claquements régulièrement espacés qui rappellent le tic tac d'une horloge et dont le rythme se précipite si l'on diminue γ ou ρ .

Les auteurs de la présente note se proposent d'essayer de mesurer une capacité ou une résistance par comparaison avec des étalons, et en prenant pour critérium le nombre des tops perçus, dans un temps donné, une minute par exemple.

On peut obtenir une bien plus grande précision surtout pour la mesure des très petites capacités comme celles des condensateurs de liaison utilisés en T. S. F. en donnant à la modulation de grille une fréquence musicale qui sert de fréquence de comparaison.

Après adjonction de la capacité à mesurer, on fait varier le condensateur étalon de façon à rétablir la fréquence de modulation primitive et on déduit de cette variation la valeur de la capacité inconnue. Une méthode analogue peut être employée pour la mesure des résistances de l'ordre de 10^5 ou 10^6 ohms. La précision obtenue avec cette dernière méthode et surtout sa rapidité doivent la faire compter parmi les procédés les plus pratiques et les plus satisfaisants pour les mesures des faibles capacités et des grandes résistances.

A. BODIN et J. CAYREL.

Note de M. FROMY

Le procédé indiqué ci-dessus par MM. Bodin et Cayrel pour la mesure des faibles capacités et des grandes résistances est en effet susceptible d'applications très intéressantes, mais il nécessite quelques précautions sur lesquelles nous voudrions attirer l'attention des lecteurs de *l'Onde Électrique*.

La fréquence de modulation est définie, toutes choses égales par ailleurs, par les valeurs de la capacité γ et de la résistance de fuite sur laquelle elle se décharge. Or la résistance ρ , prévue à cet effet, n'est pas le seul shunt du condensateur γ ; il faut également tenir compte des fuites dans le condensateur lui-même, dans la lampe et ses supports, etc., fuites dont les effets sont souvent loin d'être négligeables si ρ est grand. On peut aisément s'en rendre compte en retirant complètement la résistance ρ ; on constate alors que les phénomènes péri-

diques d'accrochage et de décrochage se produisent encore, à une cadence plus ou moins lente suivant les conditions locales de l'expérience.

Ces fuites auxiliaires peuvent être la cause d'erreurs grossières, surtout pour la mesure des capacités, car si les deux capacités que l'on compare n'ont pas le même isolement, la comparaison des fréquences de modulation ne signifie plus rien.

Il faudra donc :

1° S'assurer avant tout que les fuites parasites sont faibles et que, en particulier, les condensateurs sont bien isolés

2° Faire usage d'une résistance ρ faible devant les résistances des uites, de façon à rendre négligeable leur action sur la fréquence de la modulation.

Si cette précaution est bien prise, les mesures faites par le procédé de MM. Bodin et Cayrel peuvent donner de bons résultats.

FROMY.

AMPLIFICATEUR A RÉSONANCES MULTIPLES

Par M. ROUGE

Depuis deux ans, la T. S. F. entre dans une nouvelle phase. Grâce au broadcasting, elle a trouvé un élément de prospérité indéfectible. Il en résulte de beaux perfectionnements qui se confirment chaque jour.

Les techniciens ne doivent pas mépriser ce que l'on peut appeler la *T. S. F. des profanes*. Elle contient d'excellents enseignements.

Sans le broadcasting, on ignorerait encore ce qu'est une *bonne modulation radiotéléphonique*. On ignorerait encore le haut-parleur

Dans le domaine de la réception, l'amplificateur à résistances a eu tout d'abord les suffrages. La réaction magnétique en a augmenté la sensibilité tout en permettant de descendre aux courtes longueurs d'ondes

Il pouvait sembler tout d'abord que la réaction n'était pas indiquée: difficulté de réglage et défaut de pureté sont deux grands défauts. Mais la réaction augmente la sensibilité, elle est un *contrôle* très efficace de l'amplification haute fréquence (pas d'accrochage si l'amplification faiblit) et elle facilite la recherche. La réaction est considérée maintenant comme absolument indispensable.

Après l'amplificateur à résistances, sensiblement abandonné aujourd'hui, la vogue vint aux appareils à self-inductions ou à transformateurs.

Mais là, le problème devient très difficile, surtout pour les ondes inférieures à 300 mètres. D'autre part, les postes à grande longueur d'onde ayant une excellente portée très stable, l'amplification haute fréquence devient moins indispensable.

La grande faveur d'aujourd'hui se reporte sur l'amplificateur dit à *résonance*, presque universellement construit à quatre lampes.

Il est certain que le dispositif à résonance est le meilleur système d'amplification existant (en haute fréquence, bien entendu). Figure 1 nous en représentons le schéma de montage bien connu. En D, se trouve la lampe détectrice suivie ou non d'étages basse fréquence.

Le *couplage* du circuit plaque avec le circuit oscillant secondaire par prise intermédiaire n'est pas utilisé. Il n'a aucune raison d'être pour les petites ondes. Pour les grandes ondes de broadcasting (1.500 à 3.000 mètres), le couplage pourrait améliorer sérieusement la syntonie, mais il n'ajouterait que peu à l'amplification.

Les deux premiers rhéostats d'amortissement sont montés en tandem, commande douce et simple. Le troisième a été conservé indépendant. Il y a léger intérêt, en effet, au point de vue anti-brouillage que l'accrochage, pour la réception des entretenues, ne soit réalisé que sur le dernier étage.

Aux essais, le réglage s'est montré assez facile pour permettre la recherche des émissions sans étalonnage préalable, c'est tout dire.

ROUGE.

N. B. — Nous avons déposé une demande de brevet couvrant l'usage des résistances d'amortissement variable dans l'amplificateur à résonances multiples.

CHRONIQUE DU MOIS

SOCIÉTÉ DES AMIS DE LA T. S. F.

Réunion du 16 avril 1925

Liste des nouveaux membres.

- Mme Pinon, 1, chemin de Versailles, Rueil (Seine-et-Oise).
 MM. Chirez (Antoine), employé au Métropolitain, 27, rue Myrha, Paris-18.
 Simon (Hubert), professeur, 6, rue Villebois-Mareuil, Paris-17.
 Grangier (Émile), conducteur de Travaux, à Eguzon (Indre).
 Hébert (Georges), étudiant, 88, rue Bobillot, Paris 13.
 de Kegel (Robert), industriel, 72, rue Meleschette, Alost (Belgique).
 Dotin (Paul), 18, rue Nicolo, Paris-16.
 Klotz (Henri), 9, rue de Tilsitt, Paris 8.
 Duplessis-Fourcaud (René), propriétaire, château Guibeaup, à Puisseguin (Gironde).
 Bressot-Perrin, officier, 18 bis, rue Magenta, Versailles.
 Dreyfuss (Marcel), ancien élève de l'Ecole Polytechnique, ingénieur civil des Mines, 2, rue Villebois-Mareuil, Paris-17.
 Lonsdale (Arnold-Hugues), ingénieur, 29, rue des Batignolles, Paris-17.
 Khouri (Joseph C.), agent commissionnaire, Boîte postale n° 87, à Beyrouth (Syrie).
 Archen (Fernand), lieutenant du génie, Service Télégraphique interallié, Secteur postal 77.
 Chancereul (Jean), officier du génie, 44^e bataillon du génie, Armée du Rhin, Secteur postal 77.
 Wyngedauw (René), professeur à la Faculté des Sciences de Lille, 14, boulevard Louis XIV, à Lille.
 Commandant Martin (René), Inspection des Chars, Hôtel des Invalides, Paris.

Le montage à résonance se montre d'une incontestable supériorité pour les petites ondes. Il est même sans rival.

La capacité plaque-filament d'une lampe même à corne est de l'ordre de 10^{-6} microfarad. Pour une longueur d'onde de 50 mètres, cela fait une capacitance de l'ordre de 26.000 ohms. En raison de l'alimentation de la grille suivante, cette capacitance se réduit de moitié, soit 13.000 ohms. Donc, sans compter l'effet perturbateur de

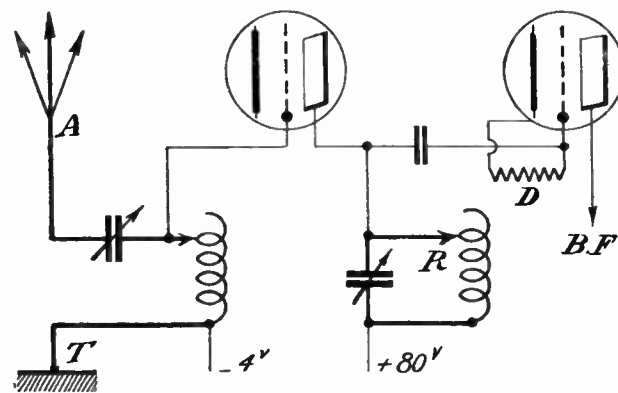


Fig 1 — Montage à résonance.

la capacité grille-plaque ; la dérivation amplificatrice tombe en dessous de 13.000 ohms. Si l'on utilise un montage à résonance, les capacités parasites résonnent sur la self-induction d'accord et s'ajoutent purement et simplement à la capacité d'accord.

Si l'on prend le même exemple de 50 mètres de longueur d'onde, et si l'on utilise un circuit oscillant de 3 ohms de résistance, avec condensateur de 10^{-6} microfarad, il en résulte une résistance apparente insérée dans le circuit plaque égale à :

$$R = \frac{1}{r' C^2 \omega^2} \text{ soit } 23.000 \text{ ohms environ}$$

Une bonne lampe à culot ordinaire ayant 20.000 ohms de résistance interne donnera son plein effet amplificateur.

Mais, il y a plus, la capacité grille-plaque intervient.

Si l'on étudie soigneusement le fonctionnement d'une lampe montée « en résonance », on s'aperçoit que la capacité grille-plaque (ou toute capacité supplémentaire montée entre grille et plaque) est toujours chargée par la lampe elle-même, du fait de son fonctionnement et directement. Le courant de charge ainsi constitué donne de l'énergie au circuit grille. Il arrive ainsi ce phénomène curieux que

Le montage à résonance se montre d'une incontestable supériorité pour les petites ondes. Il est même sans rival.

La capacité plaque-filament d'une lampe même à corne est de l'ordre de 10^{-6} microfarad. Pour une longueur d'onde de 50 mètres, cela fait une capacitance de l'ordre de 26.000 ohms. En raison de l'alimentation de la grille suivante, cette capacitance se réduit de moitié, soit 13.000 ohms. Donc, sans compter l'effet perturbateur de

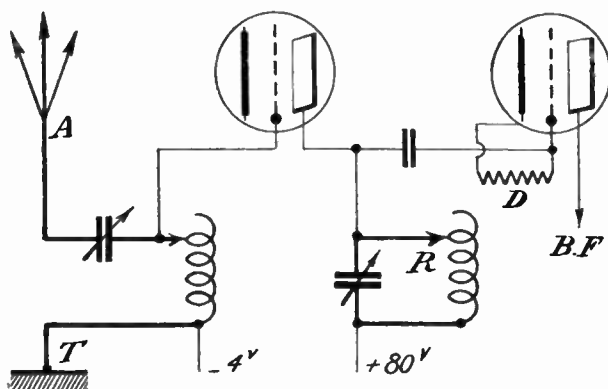


Fig 1 — Montage à résonance.

la capacité grille-plaque ; la dérivation amplificatrice tombe en dessous de 13.000 ohms. Si l'on utilise un montage à résonance, les capacités parasites résonnent sur la self-induction d'accord et s'ajoutent purement et simplement à la capacité d'accord.

Si l'on prend le même exemple de 50 mètres de longueur d'onde, et si l'on utilise un circuit oscillant de 3 ohms de résistance, avec condensateur de 10^{-6} microfarad, il en résulte une résistance apparente insérée dans le circuit plaque égale à :

$$R = \frac{1}{r' C^2 \omega^2} \text{ soit } 23.000 \text{ ohms environ.}$$

Une bonne lampe à culot ordinaire ayant 20.000 ohms de résistance interne donnera son plein effet amplificateur.

Mais, il y a plus, la capacité grille-plaque intervient

Si l'on étudie soigneusement le fonctionnement d'une lampe montée « en résonance », on s'aperçoit que la capacité grille-plaque (ou toute capacité supplémentaire montée entre grille et plaque) est toujours chargée par la lampe elle-même, du fait de son fonctionnement et directement. Le courant de charge ainsi constitué donne de l'énergie au circuit grille. Il arrive ainsi ce phénomène curieux que

non seulement la lampe donne de l'énergie au circuit plaque, mais elle en rend également au circuit grille à tel point que l'entretien peut être assuré.

Ce phénomène est toujours utilisé dans les montages à résonance et il donne une amplification remarquable, à l'insu des constructeurs.

Ce sont ces remarques qui nous ont amené à rechercher l'amplification à deux, trois ou quatre étages à résonance. De si grandes qualités amplificatrices doivent être cultivées.

Ce n'est pas la première fois que l'essai est tenté et nous en connaissons les résultats depuis longtemps. Si l'auto-accrochage par

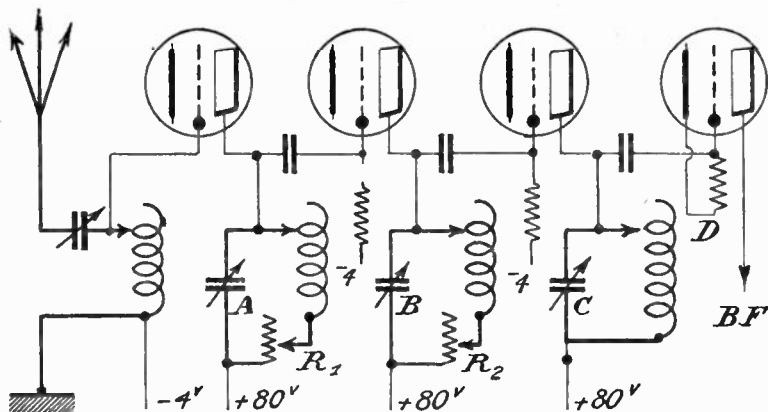


Fig 2 — Montage à résonances multiples

capacité grille-plaque est une excellente chose sur un étage à résonance, il devient terrible sur plusieurs étages. Il est en effet impossible d'obtenir l'accord sans accrochages, quelles que soient les précautions prises pour isoler les circuits l'un de l'autre. On arrive parfois à un état d'équilibre instable sur certaines longueurs d'ondes, mais l'opinion générale est que *ce n'est pas réglable* et l'on ajoute *c'est trop syntonisé*.

Je parlerai tout de suite de la question syntonie qui est toujours médiocre dans ces montages. Les circuits sont amortis par les résistances de plaque et, d'autre part, si l'on fait le diagramme d'amplification rapporté à l'accord de résonance, il est facile de s'apercevoir que l'acuité de résonance est plutôt médiocre. L'apparence de syntonie est uniquement due aux phénomènes d'auto-excitation qui, dans certaines circonstances d'amortissement, donnent une grande amplification.

Il apparaît donc comme très intéressant, non pas d'empêcher l'auto-accrochage, mais bien de le *régler*.

On retombe, comme il fallait s'y attendre, sur le cas classique du cadre unique, celui-ci comportant deux spires en série décalées de $\frac{\pi}{2}$.

(Le facteur $\sqrt{2}$ provient de ce décalage.)

2° $\varphi = \frac{\pi}{2}$. On obtient dans ce cas

$$H = KI_1$$

L'effet directif devient alors nul, comme annoncé ci-dessus.

J. BETHENOD.

LA PROTECTION DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE ET ARTISTIQUE ET LA RADIOPHONIE ⁽¹⁾

Par Robert TABOUIS

Secrétaire du Syndicat national des Industries radioélectriques.

En ce qui concerne la réception des émissions radiophoniques, la protection de la propriété intellectuelle est entièrement sauvegardée.

Il n'est même pas nécessaire alors de conclure par analogie.

Nous rentrons dans le domaine du droit commun.

Toute audition d'une œuvre assurée en lieu public par réception d'une émission radiophonique donne lieu à l'exercice des droits d'auteurs au même titre que pour les reproductions assurées par tous autres moyens mécaniques : gramophone, phonographe, piano mécanique, etc...

La perception ne fait aucune difficulté et nous ne croyons pas au surplus que dans aucun pays une contestation quelconque ait été élevée contre l'exercice de ce droit d'auteur.

Pour les auditions ayant un caractère privé, on ne peut prétendre, comme nous l'avons indiqué tout à l'heure, que le fait de l'interven-

⁽¹⁾ Voir *L'Onde Électrique*, mars 1925.

tion de la radiophonie crée un droit que les auteurs n'ont jamais prétendu exercer vis-à-vis des particuliers et qu'en fait ils seraient dans l'impossibilité d'exercer sans nuire au respect de la liberté individuelle et du principe d'inviolabilité du domicile.

L'impossibilité pour les auteurs d'exercer ce droit est au surplus une raison que l'on pourrait invoquer à l'encontre de la prétention des auteurs de percevoir des exploitants d'émissions radiophoniques, une redevance qui n'est justifiée, lors d'une émission assurée en studio privé, que comme un forfait pour les réceptions particulières qui échappent en droit et en fait à l'exercice des droits d'auteurs.

Reprenant toutefois l'argument de M. Jacques Chartier, on nous répondra que le droit de l'auteur sur le réceptionnaire privé existe ! Tout particulier qui achète un livre, une œuvre musicale pour l'exécuter dans l'intimité, paie un droit à l'auteur, droit incorporé par l'éditeur, le libraire, dans le prix de vente. Si l'éditeur ne pouvait pas connaître son acheteur, s'il ne pouvait exiger de lui ce paiement, le droit de l'auteur s'exercerait-il ?

Il est incontestable que non !

Un artiste dans son appartement privé joue un morceau de musique, déclame une œuvre littéraire.

Tous ses voisins peuvent l'entendre, peuvent même, s'ils ont l'oreille musicale ou la mémoire exercée, transcrire et reproduire l'œuvre par la suite.

Paient-ils des droits à l'auteur ?

L'auteur réclame-t-il à l'artiste exécutant qui a émis les ondes sonores un droit pour la réception de ces ondes sonores par les voisins ?

Et alors, pourquoi les ondes radioélectriques connaîtraient-elles un régime plus rigoureux que les ondes sonores ou visuelles ?

Il nous semble donc inutile d'insister plus longuement sur ce point ; la protection de la propriété intellectuelle est bien assurée vis-à-vis de la radiophonie par la stricte application des règles du droit commun, telles qu'elles sont établies par les législations nationales, les conventions internationales, et les possibilités de fait pour l'exercice de ces droits.

*
* *

Mais la radiophonie n'a-t-elle pas créé, en ce qui concerne les auditions en lieux publics, des droits nouveaux qu'il y a lieu de sanctionner ?

Nous voudrions, à cet égard, étudier la situation faite d'une part aux exploitants des postes radiophoniques, d'autre part, aux artistes qui sont un des éléments indispensables de ces émissions.

*
* *

Les exploitants de postes d'émissions radiophoniques engagent pour leurs émissions des dépenses considérables (capital de premier établissement, frais d'entretien du poste, paiement de taxes à l'État, de redevances aux Sociétés d'Auteurs, aux agences d'informations, de cachets aux artistes, conférenciers, etc...).

Ces émissions, des commerçants les utilisent dans un but commercial pour attirer ou retenir leur clientèle.

Laisser ces commerçants utiliser dans ce but, sans avoir à payer des redevances aux exploitants des postes d'émission, les ondes par eux émises à grands frais, serait consacrer à leur profit un enrichissement aux dépens d'autrui; il ne peut être nié que si un commerçant utilise telles ou telles ondes d'un poste d'émission, c'est soit pour augmenter la valeur d'achalandage de l'établissement (café, hôtel, casino, restaurant, etc...), soit pour augmenter l'importance du programme artistique (cinémas, concerts, etc...).

Lorsqu'il s'agit même d'industriels ou commerçants en T. S. F., le fait de pouvoir utiliser les émissions constitue un élément indispensable de leur commerce ou de leur industrie.

Or, il est admis aujourd'hui par la doctrine et la jurisprudence que le principe « Nul ne peut s'enrichir sans cause aux dépens d'autrui » n'est pas un simple précepte de morale, mais bien une règle juridique obligatoire sanctionnée par une action en justice.

En France, le décret du 24 novembre 1923 qui astreint les postes d'émission à une autorisation administrative et à des taxes élevées ne peut se comprendre que si les exploitants de ces postes ont la possibilité de récupérer, tout au moins partiellement, leurs dépenses vis-à-vis des usagers publics.

Ceux-ci ne sont pas fondés à prétendre qu'ils n'ont pas chargé ni donné mandat à qui que ce soit de procéder à des émissions dans leur intérêt; qu'ils se bornent sans aucune manœuvre dolosive ou répréhensible, à recevoir des ondes qui, dans leur émission, sont « du domaine public », qu'ils profitent de ces émissions comme ils profiteraient d'un concert donné dans une salle publique, ou même sur une place publique, et qu'ils entendraient de chez eux, les fenêtres ouvertes.

Pour les émissions radiophoniques, il ne suffit pas d'entendre, il faut écouter; ce qui, en l'occurrence, se traduit par le réglage de l'appareil récepteur sur une longueur d'onde bien déterminée, qui est celle de la station dont les émissions intéressent.

Ce n'est donc plus une situation passive, mais active, dans laquelle se trouve la personne qui utilise telle ou telle émission radiophonique.

Le commerçant ne peut dire qu'il ignore la provenance des émissions qu'il utilise, puisque l'exploitant rappelle généralement l'origine des ondes qu'il émet au début et au cours de ses émissions dont, au surplus, les programmes sont donnés dans la presse.

Il ne semble pas possible non plus d'admettre que les informations dont un exploitant se serait réservé l'exclusivité de transmission radiophonique, moyennant le paiement de redevances importantes, puissent être librement utilisées dans un but commercial du seul fait que ces informations sont reçues radiophoniquement, alors que des abonnements sont souscrits par les usagers publics pour l'utilisation de ces informations quand elles sont fournies télégraphiquement ou par tout autre procédé.

Mais, aucune législation nationale, aucune convention internationale ne sanctionne encore un principe de droit et d'équité en faveur de l'exploitant d'un poste d'émission radiophonique.

*
* *

Il est regrettable, d'ailleurs, que les Auteurs et Compositeurs n'aient pas cru, en contre-partie de la redevance forfaitaire qui leur était en somme accordée bénévolement par les exploitants de postes d'émissions radiophoniques, devoir reconnaître ce droit aux exploitants et ne leur en aient pas facilité l'exercice sans attendre l'intervention de textes législatifs.

La radiophonie a créé un champ nouveau pour l'exercice des droits d'auteurs et par là même a accru les possibilités de rendement de leurs œuvres. Si le fait peut paraître à peine sensible encore, il ne faut pas oublier que la radiophonie en est à ses débuts et qu'elle promet encore bien plus qu'elle n'a tenu.

Demain, elle sera certainement un besoin social nouveau qui s'imposera partout et du fait même de ses possibilités indéfinies en matière d'information, de vulgarisation, entraînera une plus large diffusion des productions intellectuelles.

Il semblerait donc juste que les auteurs ne tuent pas la poule aux

Nous avons vu qu'il s'agissait d'un retour d'énergie dans le circuit de grille donnant l'analogie du fonctionnement en dynatron ou du fonctionnement à caractéristique tombante de l'arc. Pour régler le point d'accrochage il est tout naturel d'utiliser un amortissement positif, une simple résistance variable.

C'est ainsi que se trouve constitué le montage amplificateur de la fig. 2. Les trois circuits résonants A, B et C comportent une résistance variable R_1 , R_2 et R_3 . La liaison d'un circuit oscillant au circuit suivant s'effectue par un condensateur et une inductance de choc.

Pour régler cet amplificateur, il suffit d'obtenir l'accord sur chaque circuit. Si les résistances R_1 , R_2 et R_3 sont assez grandes (plusieurs centaines d'ohms), cet accord est extrêmement facile. Par contre, l'amplification est peu considérable. Si l'on veut faire la recherche en position accrochée, il suffit, au contraire, de réduire les résistances jusqu'à ce que l'accrochage soit franc. Le réglage est toujours facile, car dans des limites très grandes, il n'y a qu'une seule onde entretenue dont la longueur varie en ne faisant varier qu'un seul circuit.

Le réglage obtenu, le point d'amplification optimum sera facilement réglé par les résistances.

En principes, les trois circuits doivent avoir des points de réglages identiques en tant que self-induction, capacité et résistance. Mais on constate, en pratique, que cet amplificateur forme un tout solidaire et le réglage d'un seul circuit modifie l'ensemble entier, l'amortissement d'un seul circuit se répercute sur l'ensemble. C'est pourquoi il est tout indiqué de manœuvrer les trois circuits A, B et C par une commande unique: un bouton pour les trois inductances, un pour les trois condensateurs, un pour les trois résistances, les différences même sensibles d'un circuit à l'autre n'ayant pas grand effet sur le résultat.

Dans l'amplificateur réalisé aux Établissements G. M. R., la commande multiple a été réalisée par un dispositif aussi nouveau qu'original.

Les trois condensateurs sont montés, à l'arrière, sur une roue à friction. Les trois roues sont commandées par un arbre avec trois vis sans fin, et un pignon d'angle ramène la commande sur le panneau avant. En tournant le bouton démultiplié, les trois condensateurs tournent simultanément. Mais on peut retoucher le réglage de chaque condensateur individuellement sur son propre bouton, sans entraîner les deux autres.

Les manettes des trois inductances variables par plot sont montées sur une crémaillère avec entraînement par pignon.

Les deux premiers rhéostats d'amortissement sont montés en tandem, commande douce et simple. Le troisième a été conservé indépendant. Il y a léger intérêt, en effet, au point de vue anti-brouillage que l'accrochage, pour la réception des entretenues, ne soit réalisé que sur le dernier étage.

Aux essais, le réglage s'est montré assez facile pour permettre la recherche des émissions sans étalonnage préalable, c'est tout dire.

ROUGE.

N. B. — Nous avons déposé une demande de brevet couvrant l'usage des résistances d'amortissement variable dans l'amplificateur à résonances multiples.

CHRONIQUE DU MOIS

SOCIÉTÉ DES AMIS DE LA T. S. F.

Réunion du 16 avril 1925

Liste des nouveaux membres.

- Mme Pinon, 1, chemin de Versailles, Rueil (Seine-et-Oise).
MM. Chirez (Antoine), employé au Métropolitain, 27, rue Myrha, Paris-18°. Simon (Hubert), professeur, 6, rue Villebois-Mareuil, Paris-17°. Grangier (Émile), conducteur de Travaux, à Eguzon (Indre). Hébert (Georges), étudiant, 88, rue Bobillot Paris-13°. de Kegel (Robert), industriel, 72, rue Meleschette, Alost (Belgique). Dotin (Paul), 18 rue Nicolo, Paris-16°. Klotz (Henri), 9, rue de Tilsitt, Paris 8°. Duplessis-Fourcaud (René), propriétaire, château Guibeau, à Puisseguin (Gironde). Bressot-Perrin, officier, 18 bis, rue Magenta, Versailles. Dreyfuss (Marcel), ancien élève de l'École Polytechnique, ingénieur civil des Mines, 2, rue Villebois-Mareuil, Paris-17°. Lonsdale (Arnold-Hugues), ingénieur, 29, rue des Batignolles, Paris-17°. Khouri (Joseph C.), agent commissionnaire, Boîte postale n° 87, à Bevrouth (Syrie). Archen (Fernand), lieutenant du génie, Service Télégraphique Interallié Secteur postal 77. Chancereul (Jean), officier du génie, 44° bataillon du génie, Armée du Rhin, Secteur postal 77. Swyngedauw (René), professeur à la Faculté des Sciences de Lille, 14, boulevard Louis XIV, à Lille. Commandant Martin (René), Inspection des Chars, Hôtel des Invalides, Paris.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE

La séance est ouverte à 21 heures sous la présidence de M. de Valbreuze.

Le trésorier, M. Atthalin, empêché, s'était fait excuser et son rapport est lu par le secrétaire général.

Rapport du trésorier.

Messieurs,

Nous avons l'honneur de vous présenter la situation financière de notre Société pendant l'exercice écoulé.

L'état des recettes et dépenses de l'année 1924 s'établit comme suit :

RECETTES

Versements des membres bienfaiteurs	2.000	»
Versements des membres à vie.	375	»
Soit pour l'ensemble des membres bienfaiteurs et à vie	2.375	»
Cotisations annuelles.	23.920	»
Dons	1.636	»
Recettes diverses.	19 226	07
Soit au total.	47.157	07

DÉPENSES

Onde Electrique	19 768	75
Frais de réunion	2.660	»
Subvention pour le Cours de radiotélégraphie organisé au Conservatoire des Arts et Métiers	2.000	»
Frais généraux et divers	11.890	15
Soit au total	36.318	90

En vertu de l'article 12 des statuts, le fonds de réserve correspondant aux versements des membres bienfaiteurs et à vie doit être placé au nom de la Société en rentes nominatives sur l'État ou en valeurs nominatives dont le revenu comporte la garantie de l'État ou des Chambres de Commerce des Départements, des Colonies et Protectorats français.

En conséquence, nous avons prélevé 2.375 francs qui ont servi à l'achat de 170 francs de Rente 5 % amortissable.

La mise au nominatif a été demandée.

L'excédent des recettes sur les dépenses après ce prélèvement ressort à 8.463 fr. 17.

$$|X_q|^2 = \frac{16p^2 E_0^2}{(q^2 - p^2)^2} \sin^2 \pi m \frac{q}{p} \cdot \cos^2 2\pi m \frac{q}{p} \quad (\text{fig. 12}).$$

$$|X_p|^2 = \frac{4\pi^2 m^2}{p^2} \cdot E_0^2$$

13. Deux points « antiphasés » en ondes entretenues :

$$E = E_0 \sin pt, \text{ zéro, } -E_0 \sin pt,$$

aux mêmes temps qu'au (12)

$$|X_q|^2 = \frac{16p^2 \cdot E_0^2}{(q^2 - p^2)^2} \cdot \sin^2 \pi m \frac{q}{p} \cdot \sin^2 2\pi m \frac{q}{p}.$$

$$|X_p|^2 = 0.$$

14. Une succession indéfinie de points « synphasés », en ondes entretenues : $E = E_0 \sin pt$ ou zéro, alternativement Nous appellerons $Z = \frac{p}{4m}$ la pulsation à basse fréquence, ce qui revient à dire qu'il y aura $2m$ oscillations complètes dans un point.

$$|X_{KZ}|^2 = \frac{4p^2 E_0^2 \cdot \sin^2 K \frac{\pi}{2}}{(p^2 - K^2 Z^2)^2}.$$

Ici K représente un nombre entier positif. On a réduit l'énergie, qui serait infinie, à celle d'un point pour pouvoir comparer.

15. Une succession indéfinie de points « antiphasés »

$$E = E_0 \sin pt, \text{ zéro, } -E \sin pt, \text{ zéro}$$

alternativement.

Pulsation basse fréquence $Z = \frac{p}{4m}$ $2m$ oscillations complètes dans un point.

$$|X_{KZ}|^2 = \frac{16p^2 E_0^2}{(p^2 - K^2 Z^2)^2} \cdot \sin^2 K \frac{\pi}{2} \cdot \sin K \frac{\pi}{4}.$$

Ici K est un nombre entier positif, l'énergie est réduite à celle d'un point. Dans ce cas, et le précédent, $|X_q|^2$ est égal à zéro, pour toute valeur de $q \neq Kz$. Dans tous ces cas $|X_q|^2$ diminue comme q^{-4} pour les grandes valeurs de q .

c) **Sur la répétition d'une excitation.** — Supposons que l'excitation agisse n fois de suite sur un circuit de réception, à intervalles égaux. On appellera Z la pulsation basse fréquence.

Désignons par ${}_1X_q$ le périodogramme de $E = f(t)$. S'il agit une fois; par ${}_nX_q$ le périodogramme de l'excitation répétée n fois; ${}_nX_q$ est alors le périodogramme de la fonction :

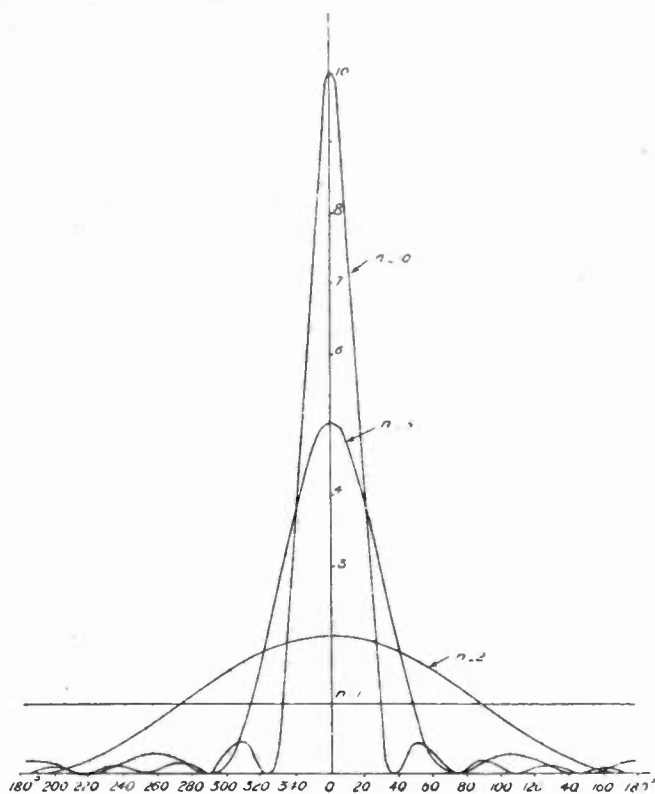


Fig. 1.

$$\frac{|X_q|}{|X_1|} = \frac{\sin^2 n \frac{\tau q}{2}}{n \sin \frac{\tau q}{2}} \text{ en fonction de } \frac{q}{q_0} \times 360.$$

Famille de courbes pour $n = 1, 2, 5, 10$.

$$E_n = f(t) + f\left(t - \frac{2\pi}{Z}\right) + \dots + f\left(t - \frac{2\pi n}{Z}\right)$$

$$\text{de } t=0 \quad t=\frac{2\pi}{Z} \quad t=\frac{2\pi n}{Z}$$

$$\text{à } t=\infty \quad t=\infty \quad t=\infty.$$

et nX_q est donné rigoureusement par :

$$nX_q = X_q \left[1 + e^{i \frac{2\pi n q}{Z}} + e^{i \frac{4\pi n q}{Z}} + \dots + e^{i \frac{2\pi n^2 q}{Z}} \right].$$

il s'ensuit que

$$|{}_n X_q|^2 = |{}_1 X_q|^2 \cdot \frac{\sin^2 n \pi \frac{q}{Z}}{\sin^2 \pi \frac{q}{Z}}$$

La courbe périodique
$$F = \frac{\sin^2 n \pi \frac{q}{Z}}{n \sin^2 \pi \frac{q}{Z}}$$

a été construite pour des valeurs différentes de n dans la figure 10. Ces courbes, considérées comme multiplicateurs, agissant sur $|{}_1 X_q|^2$ montrent l'effet de la répétition régulière d'une excitation en concentrant la densité d'énergie autour des valeurs de la pulsation qui sont harmoniques de la pulsation basse fréquence.

d) Sur les relations entre le périodogramme d'une excitation et celui de sa courbe enveloppe.

Si une excitation peut être représentée par

$$E = \Phi(t) \sin p t$$

ou

$$E = \Phi(t) \cos p t$$

nous appellerons $\Phi(t)$ l'enveloppe de l'excitation. Il y a une relation simple entre le périodogramme de E et celui de Φ

Nous les appellerons respectivement :

$$X_q \text{ et } \lambda_q$$

Si

$$X_q = a_q + i b_q \text{ et } \lambda_q = \alpha_q + i \beta_q$$

on a pour le cas

$$E = \Phi(t) \sin p t,$$

$$a_q = \frac{1}{2} (\alpha_{p+q} + \alpha_{p-q}), \quad b_q = \frac{1}{2} (\beta_{p+q} + \beta_{p-q}).$$

et pour le cas

$$E = \Phi(t) \cos p t :$$

$$a_q = \frac{1}{2} (\beta_{p+q} + \beta_{p-q}) \text{ et } b_q = \frac{1}{2} (\alpha_{p-q} - \alpha_{p+q})$$

Dans les signaux Morse habituels, comme par exemple le point en ondes entretenues, l'onde sinusoidale amortie exponentiellement ou linéairement, pour des valeurs de q voisines de p

$$\alpha_{p+q} \ll \alpha_{p-q}$$

$$\beta_{p+q} \ll \beta_{p-q}.$$

On a alors approximativement :

$$|X_{p+\Delta p}| = \frac{1}{2} |\lambda_{\Delta p}|.$$

Donc le périodogramme de l'enveloppe détermine la forme de la partie principale de celui de l'excitation. Il donne une généralisation de ce qu'on appelle les bandes latérales d'une transmission. Si nous appliquons ceci à l'excitation du type (7) nous obtenons (voir type 1).

$$\frac{|X_{p+\Delta p}|^2}{|X_p|^2} = \frac{|L\Delta p|^2}{|L\alpha|^2} = \frac{\alpha^2}{\alpha^2 + (\Delta p)^2} = \frac{\left(\frac{\delta}{2\pi}\right)^2}{\left(\frac{\Delta p}{p}\right)^2 + \left(\frac{\delta}{2\pi}\right)^2}$$

c'est une façon élégante de retrouver la formule de Bjerknes (5).

e) **Le cas le plus général.** — Nous ne ferons aucune hypothèse maintenant sur la forme de $E=f(t)$. Elle devra seulement satisfaire aux conditions énumérées au début, c'est-à-dire elle doit permettre le traitement par l'analyse suivant la méthode indiquée par Fourier.

Considérons l'intégrale générale :

$$Z = \int f(t) \cdot \epsilon^{iqt} \cdot dt.$$

Intégrons par parties :

$$Z = \epsilon^{iqt} \cdot \left(\frac{i}{q}\right) \left[f + \left(\frac{i}{q}\right) f' + \left(\frac{i}{q}\right)^2 f'' + \dots + \left(\frac{i}{q}\right)^n f^{(n)} \right] (t) + \\ + \left(\frac{i}{q}\right)^{n+1} \int \epsilon^{iqt} f^{(n+1)}(t) dt.$$

$$Z = \epsilon^{iqt} \left[\frac{f}{D + iq} \right] (t) + \left(\frac{i}{q}\right)^{n+1} \cdot \int \epsilon^{iqt} f^{(n+1)}(t) dt.$$

Nous avons employé ici la représentation symbolique, introduite par Heaviside :

$$D = \frac{d}{dt}, \quad D^n = \frac{d^n}{dt^n}.$$

L'interprétation qu'il faut donner à la fraction est simplement celle-ci. On la développera selon les puissances de D , et on fera opérer D sur $f(t)$.

En introduisant les limites 0 et ∞ on trouve :

$$X_q = \left[\frac{-f}{D + iq} \right] (0).$$

Quand la fonction ou une de ses dérivées présente une discontinuité pour $t = t_1$, ceci devient :

$$X_q = \left[\frac{-f}{D + iq} \right] (0) + \left[\frac{-f}{D + iq} \right] (t_1 + 0) - \left[\frac{-f}{D + iq} \right] (t_1 - 0).$$

Ainsi, si une fonction et toutes ses dérivées sont continues de $t = 0$ à $t = \infty$, le périodogramme est déterminé entièrement par les valeurs de la fonction et de ses dérivées pour $t = 0$.

En effet :

$$X_q = \frac{i}{q} \left[f(0) + \frac{i}{q} f'(0) + \frac{i^2}{q^2} f''(0) + \dots \right]$$

Cette série est, en général, rapidement convergente, avec les grandes valeurs de q qui sont surtout intéressantes. Il est évident que la puissance de q^{-1} proportionnellement à laquelle X_q diminue quand q croît vers l'infini est plus grande si le nombre de dérivées successives de f égales à zéro est plus grand pour $t = 0$.

Oscillogrammes d'atmosphériques. — De tout ce qui précède, il est bien évident qu'on ne pourra pas se baser sur un oscillogramme, comme par exemple Appleton et Watson Watt⁽¹⁾ les ont obtenus, pour en déduire les phénomènes dans le récepteur, aux grandes pulsations. Nous avons vu combien X_q peut être différent aux grandes valeurs de q pour des oscillogrammes très peu différents. On comparera, par exemple, les figures 5 et 6. Puis, dans les oscillogrammes, on remarque bien une certaine vibration du faisceau cathodique, mais on ne peut pas la reproduire dans le tracé graphique de la courbe lumineuse. Nous avons vu que ces vibrations extrêmement rapides se retrouvent inatténuées aux grandes pulsations. Ayant calculé dans une annexe la valeur de X_q en partant de certaines données qu'on trouve par exemple dans le travail de Watson Watt et Appleton, il ne faut pas être étonné que nous trouvions des valeurs qui sont très inférieures aux valeurs rencontrées en pratique courante. On pouvait s'y attendre a priori. Si Moullin, dans le travail mentionné plus haut, arrive à des conclusions trop optimistes, c'est parce qu'il a pensé pouvoir se baser sur les oscillogrammes obtenus par l'oscillographe cathodique. Notre table aura tout de même l'intérêt de rendre plus concrètes les idées exposées.

(1) Watson Watt et E. V. Appleton. *On the Nature of Atmospheric*, Proc. Roy. Soc. A., vol. 103, p. 4. (Voir *O. E.*, 1923, p. 547)

TABLE I

Excitation N_0	$E = f(t)$	$ X_q ^2, q = 3 \times 10^4$ $\lambda = 10 \text{ km}$	$ X_q ^2, q = 3 \times 10^5$ $\lambda = 1 \text{ km}$
		unités : $\left(\frac{\text{volt} \cdot \text{seconde}}{\text{mètre}} 10^{-10} \right)^2$	

(1)	$E = E_0 e^{-\alpha t}$ $t = 0, \text{ à } t = \infty$ $\alpha = 0$ $E_0 = 1 \frac{\text{volt}}{\text{mètre}}$ discontinuité simple en E	$2,8145 \times 10^9$	$2,8145 \times 10^7$
(4)	$E = E_0 \sin pt$ $t = 0, \text{ à } t = \frac{\pi}{p}$ $E_0 = 1 \frac{\text{volt}}{\text{mètre}}$ demi-sinusoïde	$\frac{p}{2\pi} = \frac{500}{\text{sec}}$ $p^2 = 10^7$ $1,2854 \times 10^6$	$1,2854 \times 10^2$
(5)	$E = E_0 \left(\sin pt - \frac{1}{3} \sin 3pt \right)$ $t = 0, \text{ à } t = \frac{\pi}{p}$ $E_0 = 1 \frac{\text{volt}}{\text{mètre}}$ disparition des premières dérivées	$p^2 = 10^7$ $6,5506$	$6,5142 \times 10^{-1}$
(7)	$E = E_0 e^{-\frac{1}{2}pt} \sin pt$ $t = 0, \text{ à } t = \infty$ $E_0 = 1 \frac{\text{volt}}{\text{mètre}}$ sinusoïde amortie	$p^2 = 10^7$ $3,9625 \times 10^5$	$3,9615 \times 10$
(11)	$E = E_0 \sin pt$ $t = 0, \text{ à } t = \frac{800\pi}{p}$ $E_0 = 1 \frac{\text{microvolt}}{\text{mètre}}$		

point à ondes entretenues. 400 oscillations. $p = 2\pi \times 3 \times 10^4$

$\lambda = 10 \text{ km } 4,444 \times 10^3$ $1,1487 \times 10^{-6}$

— $p = 2\pi \times 3 \times 10^5$ $\lambda = 1 \text{ km } 1,1487 \times 10^{-4}$ $4,44 \times 10^1$

La sinusoïde complète $E = E_0 \sin pt, t = 0 \text{ à } t = \frac{2\pi}{p}$ donne des chiffres identiques avec la demi-sinusoïde.

Dans les cas où $|X_q|^2 = 0$ à $\lambda = 10 \text{ km}$ ou $\lambda = 1 \text{ km}$, on a donné la valeur moyenne autour de ces valeurs de λ .

Dans la troisième partie, nous aurons l'occasion de démontrer que l'ordre de X_i avec $q = \infty$ n'est pas important pour la discussion des phénomènes à la réception.

Nous avons représenté graphiquement $|X_q|^2$ pour différents types d'excitations dans les figures 1, 6, 9, 11, 12. Ces figures, dans la proportion où elles représentent des atmosphériques, ne donnent que la valeur de $|X_q|^2$ pour des valeurs relativement basses de q . Dans le tableau I on trouvera certaines valeurs de $|X_q|^2$ pour des valeurs plus grandes de q . On a pris comme base de comparaison $\int_0^\infty E dt$ constant et égal à C. On a admis $\alpha = \frac{p}{2} = \beta$ en concordance avec les mesures faites par Appleton et Watson Watt. En considérant ces représentations, on remarquera que les périodogrammes d'atmosphériques ont leurs maxima principaux à des longueurs d'onde beaucoup plus

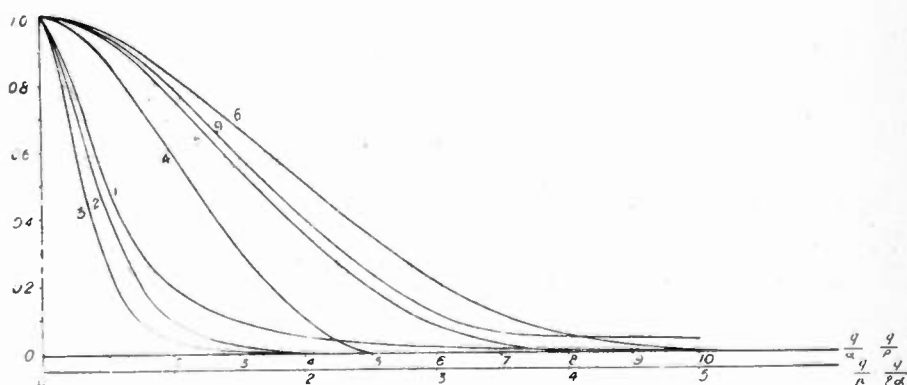


Fig. 11

$\frac{|X_q|^2}{C}$, pour différentes excitations (1, 2, 3, 4, 5, 6, 9), basé sur $\int_0^\infty E dt = C = \text{Constante}$.

grandes que les périodogrammes de signaux Morse. De plus, les premiers périodogrammes n'ont pas des maxima très précis, tandis que les seconds, puisque les signaux Morse sont presque périodiques, ont des maxima très nettement prononcés.

On peut donc dire que les atmosphériques gênent sur toutes les longueurs d'onde, quoique principalement sur les très longues, et que les signaux « sur » une certaine longueur d'onde ont presque toute leur énergie concentrée à cette longueur d'onde.

Note. — Ici, il peut être utile de rattacher les idées exposées, à

celles qui sont déjà plus répandues. On notera que l'effet dans le récepteur est donné par X_1, Y_1 .

Généralement, on distingue dans le récepteur des oscillations libres et forcées. Dans un cas particulier, ces deux notions s'identifient facilement.

Nous avons trouvé pour X_q des expressions de forme (VII) :

$$\frac{A + Bq}{\alpha^2 + q^2 - p^2 + 2i\alpha q}$$

pour Y_q dans un circuit RLC :

$$\frac{C + Dq}{\beta^2 + q^2 - q_0^2 + 2i\beta q}$$

Le produit de ces deux facteurs peut être décomposé en une somme de deux termes :

$$\frac{M + Nq}{\alpha^2 + q^2 - p^2 + 2i\alpha q} + \frac{P + Qq}{\beta^2 + q^2 - q_0^2 + 2i\beta q}$$

le premier représente l'oscillation forcée, le deuxième l'oscillation libre.

Nous procéderons maintenant à la considération de X_q corrélativement avec Y_q .

(A suivre.)

C. R. BURCH, B. A. Ir. J. BLOEMSMA.

OPTIQUE ET RADIOÉLECTRICITÉ

Par Léon BOUTHILLON

Ingenieur en chef des Telegraphes.

I. — SOLUTIONS OPTIQUES DE QUELQUES VIEUX PROBLÈMES DE RADIOÉLECTRICITÉ

10. C'est énoncer une vérité devenue banale de dire que phénomènes électriques et phénomènes lumineux constituent une seule et même classe de faits physiques, ont la même origine et sont soumis aux mêmes lois; que la perturbation électromagnétique et la perturbation lumineuse se propagent par ondes identiques, caractérisées par les mêmes éléments, une intensité de champ électrique et une intensité de champ magnétique; que la seule différence est celle des longueurs d'ondes, qui sont, pour l'optique, y compris ses prolongements dans l'ultra-rouge et l'ultra-violet, $0,022$ à 10^{-6} centimètre et, pour la radio-électricité, de quelques dixièmes de millimètre à quelques dizaines de milliers de mètres.

Il semble toutefois, peut-être parce que les radiocommunications ont été étudiées et développées plutôt par des électriciens que par des spécialistes de la vieille physique, dont l'optique est un chapitre si considérable, que les différences entre les deux catégories de phénomènes, conséquences de l'inégalité des longueurs d'ondes, aient frappé les esprits plutôt que les propriétés communes qui les rapprochaient. Et cet état d'esprit devait se généraliser progressivement, comme conséquence de l'évolution de la radioélectricité qui se faisait, jusque tout récemment, d'un mouvement continu, vers des longueurs d'onde sans cesse croissantes, depuis les 100 mètres des premières expériences de Marconi jusqu'aux 23 000 mètres de Croix d'Hins, en 1923, en passant par les 2 000 mètres de la tour Eiffel et les 4 000 mètres de Clifden.

Mais quelles que soient les insuffisances des hommes, la logique prend un jour sa revanche, et il s'est naturellement trouvé que les radioélectriciens, en pensant faire de la pure radio, se sont trouvés parfois résoudre à nouveau, sans le savoir ni le vouloir, de vieux problèmes d'optique. Les exemples en seraient nombreux.

Nous nous contenterons, pour étayer cette affirmation, d'examiner quelques questions bien connues et étudiées depuis longtemps.

11. Cadres dirigés et miroirs de Fresnel. — Considérons d'abord

un cadre auquel je donne, pour la simplicité de l'explication, la forme rectangulaire, composé de deux branches verticales et de deux branches horizontales, et parcouru par un courant de haute fréquence

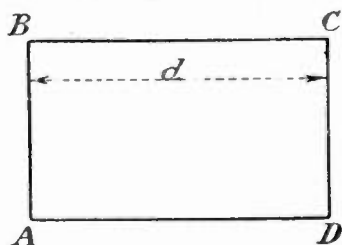


Fig. 11-1.

(fig. 11-1). L'effet d'un tel système, à grande distance, est assez connu pour qu'il suffise de rappeler que le diagramme du champ électromagnétique, ou courbe qui représente l'amplitude de celui-ci en fonction de l'azimut du poste de réception, se compose de deux circonférences superposées tangentes à l'origine, et ayant leurs centres dans le plan

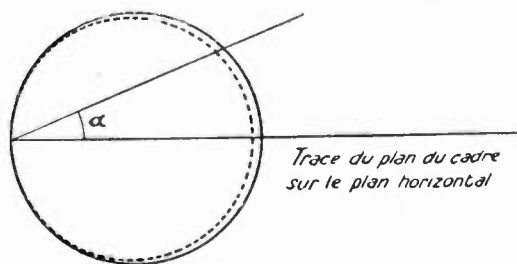


Fig. 11-2

du cadre (fig. 11-2) ⁽¹⁾. La courbe en traits pleins correspond aux valeurs de α comprises entre 0 et 90° et 270° et 360°; la courbe en traits pointillés, aux valeurs de α comprises entre 90° et 270°. Si E_1 est l'amplitude maxima, l'amplitude dans une direction qui fait l'angle α avec le plan du cadre est

$$E_x = E \cos \alpha.$$

L'effet d'un tel cadre se réduit, d'ailleurs, à celui des deux parties

(¹) On donne ordinairement au diagramme de la figure 11-2 la forme d'une courbe en huit, les deux circonférences n'étant pas superposées mais tangentes l'une à l'autre. Tel qu'il est tracé figure 11-2, le diagramme tient compte du champ électromagnétique : deux champs électromagnétiques correspondant à deux directions différentes de 180° sont égaux et de signes contraires. Les points qui leur correspondent sur un diagramme polaire sont donc superposés. Dans les figures suivantes, nous avons, suivant l'habitude générale, fait abstraction du signe —.

verticales AB, DC, les branches horizontales BC, AD n'exerçant, en première approximation, qu'une action négligeable.

On trouve dans tous les manuels de radioélectricité la description du système et l'explication de ses propriétés; mais a-t-on jamais fait remarquer qu'il n'y avait là, en somme, que la répétition d'une expérience classique, exposée, elle, dans tous les cours d'optique, et réalisée jadis par Fresnel?

Soit (fig. 11-3) M un miroir, A_1 une source lumineuse voisine,

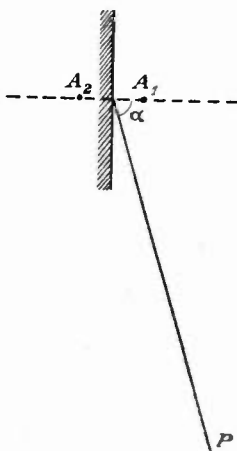


Fig. 11-3.

A_2 son image. L'ensemble du miroir et de la source est équivalent à deux sources A_1 et A_2 identiques, mais déphasées de 180° , comme le sont nos deux antennes verticales AB, DC, et séparées par une petite distance.

Cherchons l'action d'un tel système sur un point P éloigné, situé dans une direction qui fait l'angle α avec $A_2 A_1$. La différence des chemins $A_2 P$ et $A_1 P$ est

$$d \cos \alpha.$$

Si

$$A \cos \omega t$$

représente l'amplitude de la vibration en P due à la source A_1 , celle due à la source A_2 , déphasée de 180° , sera

$$A \cos \left(\omega t + \pi - 2 \pi \frac{d}{\lambda} \cos \alpha \right)$$

et l'intensité résultante, calculée par la règle de Fresnel, est

$$\begin{aligned} A^2 \left[1 + 1 + 2 \cos \left(\pi - 2 \pi \frac{d}{\lambda} \cos \alpha \right) \right] &= \\ &= 2 A^2 \left[1 + \cos \pi - 2 \pi \frac{d}{\lambda} \cos \alpha \right] \\ &= 2 A^2 \left[1 - \cos 2 \pi \frac{d}{\lambda} \cos \alpha \right] \\ &= 4 A^2 \sin^2 \left(\pi \frac{d}{\lambda} \cos \alpha \right). \end{aligned}$$

L'amplitude de la vibration est :

$$2 A \sin \left(\pi \frac{d}{\lambda} \cos \alpha \right)$$

L'intensité est nulle chaque fois que l'amplitude est nulle, c'est-à-dire chaque fois que :

$$\pi \frac{d}{\lambda} \cos \alpha = k \pi$$

ou

$$\cos \alpha = k \frac{\lambda}{d}. \quad (1)$$

Elle est maxima et égale à $4 A^2$ chaque fois que

$$\pi \frac{d}{\lambda} \cos \alpha = (2k + 1) \frac{\pi}{2}, \quad \cos \alpha = \frac{2k + 1}{2} \frac{\lambda}{d} \quad (2)$$

L'amplitude de la vibration en P peut être représentée par la courbe polaire qui donne sa valeur en fonction de l'angle α . Cette courbe passe par l'origine pour les valeurs (1) de α et a des maxima, égaux à 2, pour les valeurs (2) de α .

La figure 11-4 (première ligne de courbes) représente les diagrammes correspondant à

$$d = 10 \lambda, 2 \lambda, \lambda, \frac{\lambda}{2}, \frac{\lambda}{6}$$

Tous ces diagrammes ont comme caractéristique commune que l'intensité dans les directions perpendiculaires au plan du cadre est nulle.

En optique, d est généralement grand par rapport à λ ; la courbe présente un grand nombre de boucles. L'intensité est nulle dans la direction perpendiculaire au plan du cadre. Elle passe ensuite par un certain nombre de maxima et de zéros à mesure qu'on s'écarte de cette direction.

Quand le rapport $\frac{d}{\lambda}$ diminue, on voit sur les figures que le nombre

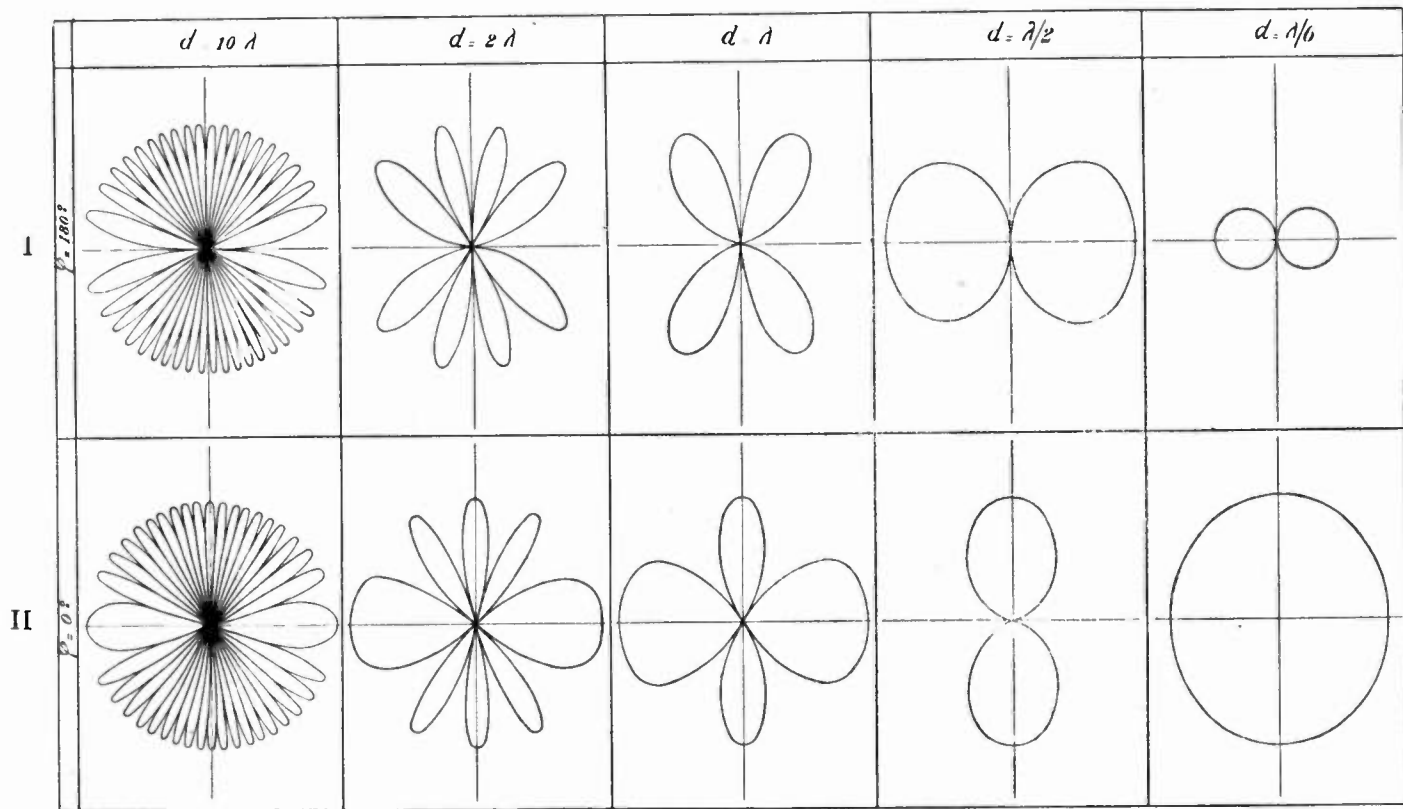


Fig. 11-4. — Diagrammes d'émission d'un système de deux sources.

Signe I. — Expérience du miroir de M. Fresnel ou système de deux sources déphasées de 180° .
 Signe II. — Expérience des deux miroirs de Fresnel ou système de deux sources en phase

de boucles de la courbe diminue également. Enfin, quand $\frac{d}{\lambda}$ est petit par rapport à l'unité (fig. 11-4) comme dans les cadres radioélectriques, on retrouve le diagramme en huit bien connu des radioélectriciens.

Un autre système dirigé, connu depuis longtemps et qui a été étudié en particulier par M. André Blondel, se compose de deux antennes identiques et parcourues par des courants en phase. Si les antennes sont distantes d'une demi-longueur d'onde, le champ électromagnétique est

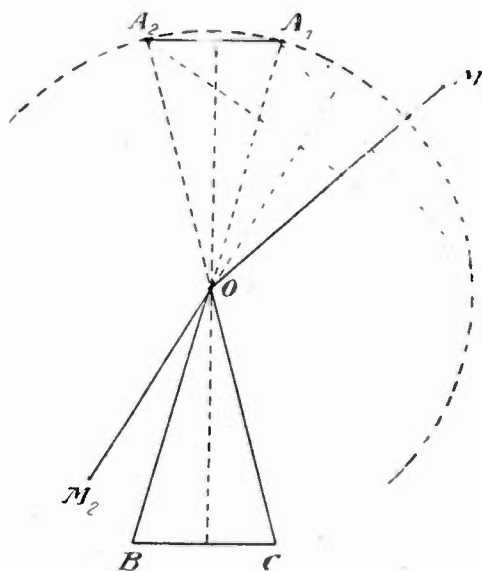


Fig. 11-5.

alors nul dans les directions parallèles au plan des antennes, maximum dans les directions perpendiculaires. Ce dispositif a, lui aussi, son correspondant dans une expérience optique, celle des deux miroirs de Fresnel. Dans celle-ci, deux miroirs M_1, M_2 , faisant en O un angle presque égal à 180° , donnent d'une source lumineuse A deux images A_1 et A_2 . Ces deux images A_1 et A_2 agissent comme deux sources lumineuses et les rayons qui en émanent interfèrent dans la région BOC commune aux deux faisceaux émanés des points A_1 et A_2 (fig. 11-5). La théorie est identique à celle de l'expérience précédente, à cela près, que les deux sources sont maintenant en phase.

Si la vibration en P due à la source A_1 est

$$A \cos \omega t$$

celle qui est due à la source A_2 est

$$A \cos \left(\omega t - 2 \pi \frac{d}{\lambda} \cos \alpha \right)$$

et l'intensité résultante, calculée par la règle de Fresnel, est

$$A^2 \left(1 + 1 + 2 \cos 2 \pi \frac{d}{\lambda} \cos \alpha \right) = 2 A^2 \left(1 + \cos 2 \pi \frac{d}{\lambda} \cos \alpha \right) = 4 A^2 \cos^2 \left(\pi \frac{d}{\lambda} \cos \alpha \right)$$

L'amplitude de la vibration est

$$2 A \cos \left(\pi \frac{d}{\lambda} \cos \alpha \right).$$

Elle est maxima ou minima chaque fois que

$$\pi \frac{d}{\lambda} \cos \alpha = k \pi, \quad \cos \alpha = k \frac{\lambda}{d}$$

et nulle chaque fois que

$$\pi \frac{d}{\lambda} \cos \alpha = \left(\frac{2k+1}{2} \right) \pi, \quad \cos \alpha = \frac{2k+1}{2} \frac{\lambda}{d}$$

Les zéros de l'expérience du miroir unique sont remplacés par des maxima et inversement.

Les diagrammes correspondant à

$$d = 10 \lambda, 2 \lambda, \lambda, \frac{\lambda}{2}, \frac{\lambda}{6}$$

sont représentés par la figure 11-4 (Ligne II).

Ils ont tous comme caractéristique que l'intensité dans les directions perpendiculaires au plan du cadre est maxima.

Ici, encore, les diagrammes se composent de boucles nombreuses quand $\frac{d}{\lambda}$ est grand par rapport à l'unité, comme en optique. Nous retrouvons encore, comme cas particulier, le diagramme de Blondel correspondant à $d = \frac{\lambda}{2}$.

12. Antennes en rideau et fentes éclairées. — Si, quittant le domaine des interférences, nous abordons celui de la diffraction, nous pouvons trouver également des exemples de problèmes qui, traités par les radioélectriciens indépendamment de l'optique, n'en sont pas moins de vieilles questions bien connues des physiciens.

J'ai étudié, en 1913⁽¹⁾, et la Compagnie Marconi utilise pour la

(1) Léon Bouthillon. Calcul du champ électromagnétique produit à grande distance par des antennes en rideau. *Lumière électrique*, vol. 24, p. 333, 13 décembre 1922.

concentration des ondes courtes dans une direction privilégiée, l'effet directif d'antennes en rideau, constituées de fils verticaux (ou inclinés), parallèles et parcourus par des courants identiques. Dans le calcul, on suppose le nombre de fils très grand de telle sorte qu'on puisse considérer le rideau comme un plan conducteur traversé par des courants uniformément distribués dans une section horizontale.

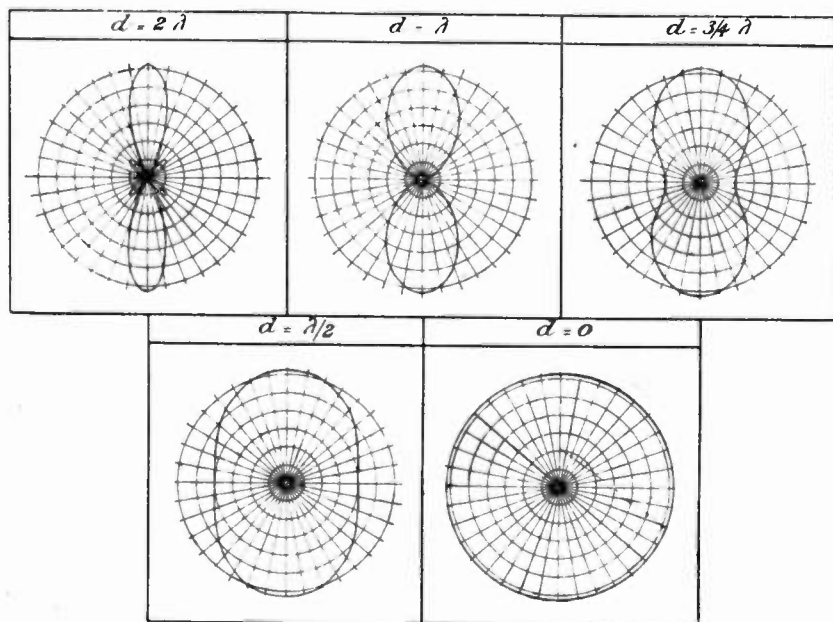


Fig 12-1. — Diffraction par une fente ou par une antenne.

Les diagrammes correspondants sont donnés par la figure 12-1. Ils sont caractérisés par des boucles d'amplitude maxima perpendiculairement au plan de l'antenne. Les boucles sont d'autant plus nombreuses que le rapport $\frac{d}{\lambda}$ de la largeur du rideau à la longueur d'onde est plus grande. Un rideau de largeur nulle se confond avec une antenne verticale. Le diagramme est une circonférence.

Au lieu d'une antenne en rideau, considérons une fente de largeur éclairée par un faisceau de lumière parallèle normale à son plan, et cherchons l'intensité lumineuse en un point A très éloigné. Nous considérons chaque élément de la fente comme émettant de la lumière; toutes les petites sources ainsi considérées sont en phase comme, dans l'antenne en rideau, les différents éléments de celle-ci. Le problème est résolu depuis bien longtemps; il est traité dans tous

les cours d'optique, et le calcul donne immédiatement les diagrammes de la figure 12-1.

13. Onde de Zenneck et onde de Brewster. — Passons au domaine de la propagation des ondes. Là aussi les radioélectriciens font souvent de l'optique sans le savoir.

Cherchons, par exemple, quelles caractéristiques doit posséder une onde plane pour se propager à la surface de deux milieux comme le font les ondes électromagnétiques à la surface de la terre. Ce problème a été résolu par J. Zenneck, en 1907. Le résultat est le suivant : la seule onde qui puisse se propager dans ces conditions est telle que le vecteur intensité du champ électrique soit dans le plan de propagation et que le plan de l'onde fasse avec le sol un angle i tel que

$$\operatorname{tg} i = \frac{n_2}{n_1}$$

avec

$$n_2^2 = \frac{\varepsilon_2 \mu_2 + j \frac{4 \pi \mu_2 c_2}{\omega}}{\varepsilon_1 \mu_1}$$

$$n_1^2 = \frac{\varepsilon_1 \mu_1 + j \frac{4 \pi \mu_1 c_1}{\omega}}{\varepsilon_1 \mu_1}$$

$\mu_1, \varepsilon_1, c_1; \mu_2, \varepsilon_2, c_2$ étant respectivement la perméabilité magnétique, la perméabilité diélectrique, et la conductibilité pour chacun des milieux 1 et 2, et μ, ε étant les perméabilités magnétique et diélectrique du vide.

Or, cette onde est bien connue des physiciens. Un opticien qui se fût posé la même question que J. Zenneck eût immédiatement donné la réponse. L'onde radioélectrique est en effet polarisée; elle est telle que la force électrique soit dans le plan vertical de propagation; elle est, dans le langage de l'optique, polarisée perpendiculairement au plan d'incidence. Considérons donc ce plan, et cherchons comment vont se comporter, en optique, des ondes de diverses incidences polarisées perpendiculairement. Une onde tombant sous une incidence quelconque donne, comme on le sait, une onde réfractée et une onde réfléchie. Mais l'intensité de cette dernière varie avec l'incidence. Partant d'une certaine valeur pour l'incidence normale, elle diminue, passe par zéro pour une valeur de l'angle i telle que

$$\operatorname{tg} i = \frac{n_2}{n_1}$$

n_2 et n_1 étant les deux indices de réfraction, puis augmente à nouveau et devient, sous l'incidence rasante, égale à celle de l'onde incidente.

Examinons à nouveau l'incidence, à laquelle les opticiens donnent le nom d'incidence brewsterienne, pour laquelle la relation ci-dessus est vérifiée. Il n'y a pas, dans ce cas, d'onde réfléchie; l'onde satisfait donc à la condition de J. Zenneck; elle n'est pas modifiée par la présence du deuxième milieu.

L'onde de Zenneck, qui joue un grand rôle en radioélectricité, dans la théorie de la propagation, n'est donc autre que l'onde de Brewster des opticiens.

Ainsi, les radioélectriciens ont bien souvent, sans le savoir et sans le vouloir, refait le chemin qu'avaient, bien avant eux, suivi les créateurs de l'optique. Et la facilité avec laquelle l'optique eût immédiatement donné la solution des problèmes étudiés amène naturellement à se poser cette question: si nous, radioélectriciens, nous essayions de faire de l'optique, en le sachant et en le voulant!

Justement la différence entre les ondes électriques et les ondes lumineuses semble devoir diminuer. Les grandes longueurs d'onde qu'on estimait nécessaires aux communications à grandes distances perdent leur monopole. Pour la première fois dans l'histoire des radiocommunications, un grand poste, celui de Croix-d'Hins, a, l'an dernier, diminué sa longueur d'onde et s'en est bien trouvé. Bien mieux, les courtes ondes ne sont plus une curiosité de laboratoire ou un passe-temps d'amateurs, elles sont, dès maintenant, utilisées pour des radiocommunications à grande distance. Ce n'est plus 10000 mètres, c'est 100 mètres, c'est 10 mètres, c'est 1 mètre qui sont les longueurs d'onde de la technique nouvelle. C'est 100 fois, 1000 fois moins, 10000 fois moins que les longueurs d'onde des grands postes. Et le rapport entre les plus grandes longueurs d'ondes optiques (infra rouge $\frac{1}{10}$ mm.) et les longueurs d'ondes radioélectriques qui était 10^{-5} pour l'onde de 10000 mètres, n'est plus que de 10^{-4} pour les longueurs d'onde d'un mètre.

L. BOUTHILLON.

LES PHÉNOMÈNES DE RÉSISTANCE NÉGATIVE DANS LES LAMPES A DEUX GRILLES. PRODUCTION & UTILISATION DU PHÉNOMÈNE⁽¹⁾

Par P. AMYE

1 — Usages courants de la lampe à deux grilles. Pliodynatron.

Les lampes à deux grilles se répartissent en deux types généraux, différant l'un de l'autre par la position relative des électrodes à l'intérieur de la lampe. Dans le premier type, dont nous avons un exemplaire dans la lampe Bigril, les électrodes sont sensiblement à égales distances les unes des autres et les deux grilles ont une grandeur de maille à peu près égale.

Cette catégorie de lampes permet de reproduire plusieurs phénomènes simultanés dont, entre autres, amplification haute fréquence et détection, détection et amplification basse fréquence.

Des essais ont été faits pour l'utilisation de ces lampes sans batterie plaque. Le point de retour de la première grille et du circuit de plaque se fait au + 6 volts de la batterie de chauffage du filament. On règle, avec un rhéostat, la tension aux bornes du filament et on utilise comme tension-plaque la chute de tension produite par le courant de chauffage dans le rhéostat. Le rôle de la première grille est de diminuer la résistance spatiale filament-plaque sous faibles voltages.

Ces derniers montages ont reçu les noms de « Solodyne » en Angleterre et de « Monodyne » en Amérique.

Le deuxième type de lampe est le Pliodynatron de Hull.

Dans cette lampe, la première grille est très près du filament⁽²⁾ ; la deuxième, de grand diamètre, est à mailles serrées et la plaque située à très faible distance de cette grille.

Cette lampe est dérivée du Dynatron, du même auteur, qui se composait seulement du filament d'une grille placée comme la deuxième grille du Pliodynatron et la plaque.

Pour des tensions-grilles élevées, de l'ordre de 450 volts, on obtient, en faisant varier la tension de la plaque de 0 à 300 volts, des courbes

(1) Communication faite à la séance du 18 mars 1925.

(2) Voir *Onde Électrique*, décembre 1922. Le Dynatron détecteur. Bibliographie

donnant le courant-plaque en fonction de cette tension, analogues à la courbe (a) de la figure 1.

On remarque que dans la partie de la courbe A-B, le courant diminue quand la tension augmente. La résistance intérieure ρ d'une lampe pouvant se définir par l'inverse du coefficient angulaire de la tangente au point de la courbe $ip = f(up)$ considéré, soit $\rho = \frac{dvp}{dip}$ on voit que dans la portion de courbe A-B, ce coefficient est négatif.

Le Dynatron possède donc, pour des valeurs de tension-plaque

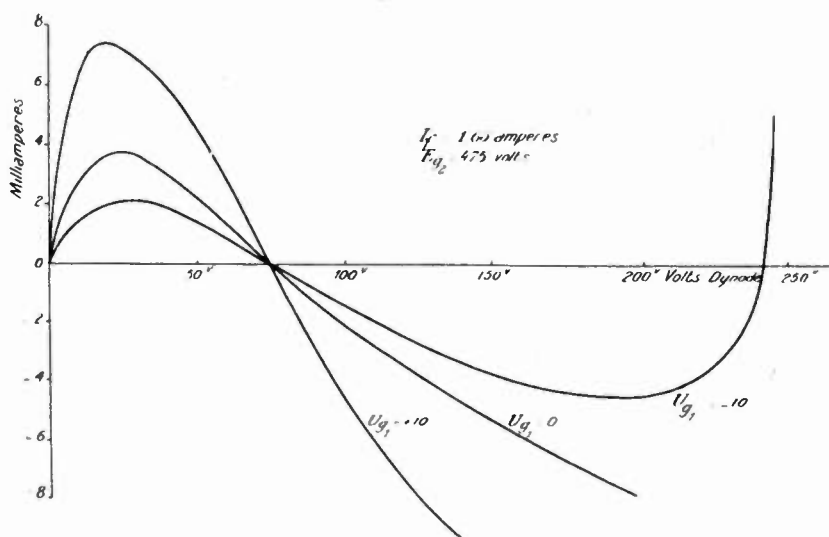


Fig. 1.

provoquant ce phénomène, un effet de résistance négative que l'on peut utiliser pour l'entretien d'oscillations, amplification, etc.

Dans le Pliodynatron, la grille très rapprochée du filament permet de moduler, par la variation de son potentiel par rapport au filament, le débit électronique de celui-ci et de provoquer ainsi des variations d'amplitude des caractéristiques (fig. 1 bc).

2. — Effet de résistance négative dans la lampe Bigril.

Nous avons pensé qu'il serait très intéressant de pouvoir reproduire le phénomène du Dynatron avec des lampes que l'on peut se procurer aisément en France, et nous avons essayé avec la lampe Bigril de la Compagnie française Radiotechnique le montage habituel du Pliodynatron. Nous n'avons obtenu aucun résultat pour des

tensions anodiques dépassant 80 volts; il apparaît d'ailleurs des lueurs bleues dans l'ampoule.

Nous avons alors examiné les caractéristiques ordinaires de la lampe Bigril ⁽¹⁾. Ces caractéristiques, tracées pour des potentiels de première grille et de plaque égaux, sont de la forme représentée sur la figure 2.

On voit que l'intensité ig_1 dans le circuit de première grille décroît lorsque V_{g_2} potentiel de deuxième grille croît.

On ne peut pas, cependant, dire qu'il y a phénomène de résistance

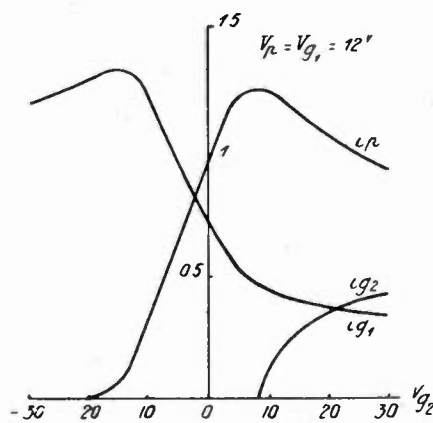


Fig. 2.

négative dans le circuit de première grille, car la courbe ci-contre donne l'intensité ig_1 de la première grille en fonction d'un potentiel qui n'est pas celui du circuit considéré et l'inverse du coefficient angulaire de la tangente à la courbe $\frac{dV_{g_2}}{dig_1}$ ne peut représenter la résistance intérieure de la lampe.

Nous avons pensé qu'il serait possible d'obtenir un effet de résistance négative en réunissant les deux grilles de façon à tracer au lieu de la courbe ig_1 en fonction de V_{g_2} , la courbe $ig_1 + ig_2$ en fonction de V_{g_1} ou de V_{g_2} , ces deux potentiels étant maintenus égaux ou différant d'une quantité $V_{g_1} - V_{g_2}$ constante.

Nous savons, d'autre part, que l'on peut provoquer une variation

⁽¹⁾ Voir *Onde Électrique*. La lampe à deux grilles, décembre 1924.

de ig_1 en faisant varier le potentiel de première grille V_{g_1} et on appelle précisément facteur d'amplification K' le rapport $\frac{dV_{g_1}}{dV_{g_2}}$ de la variation de potentiel de la première grille dV_{g_1} à la variation de potentiel dV_{g_2} qu'il faudrait donner à la deuxième grille pour produire la même variation de courant dig_1 .

Dans les lampes Bigril ce coefficient K' est négatif et sa valeur absolue est comprise, pour des tensions de première grille et de plaque variant de 8 à 12 volts, entre 2 et 4.

Ceci posé, considérons une variation simultanée, de même sens et de même valeur, positive par exemple, des potentiels des deux grilles.

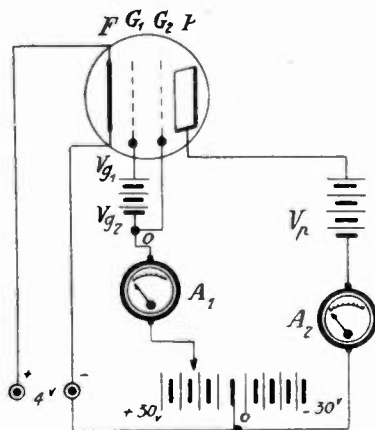


Fig. 3.

Cette variation dVg tend à produire dans le circuit de première grille une augmentation de courant proportionnelle à dVg . Cette même variation dVg appliquée à la seconde grille tend à produire dans le circuit de première grille une diminution de courant proportionnelle à $|K'| dVg$. L'effet résultant sera une variation dig_1 proportionnelle à $(1 - |K'|) dVg$.

Le fonctionnement sera évidemment obtenu pour $|K'| > 1$, ce qui nous impose des tensions minima de première grille et de plaque pour obtenir le phénomène de résistance négative cherché.

En présence de cette hypothèse, nous avons réalisé un montage d'expérience représenté par la figure 3, et nous avons fait varier les tensions $V_{g_1} - V_{g_2}$ et V_p de 4 à 12 volts.

Nous avons ainsi obtenu une série de courbes dont l'allure générale ($V_{g_1} - V_{g_2} = 12^v = V_p = 12^v$) est mise en évidence dans la figure 4

De ces courbes, nous avons tiré les remarques suivantes :

a) Il est nécessaire, si $V_{g_1} - V_{g_2} = V_p$, que cette valeur soit de 8 volts au moins;

b) Si les valeurs $V_{g_1} - V_{g_2}$ et V_p ne doivent pas être égales, il suffit de 4 volts pour la tension plaque V_p , mais il faut au moins 12 volts pour la différence de tension $V_{g_1} - V_{g_2}$.

Ces valeurs sont données pour la tension filament 3,8 volts.

3. — Analyse du phénomène.

Nous voyons par l'examen de cette courbe que pour une tension des grilles très négative aucun courant ne passe dans les électrodes

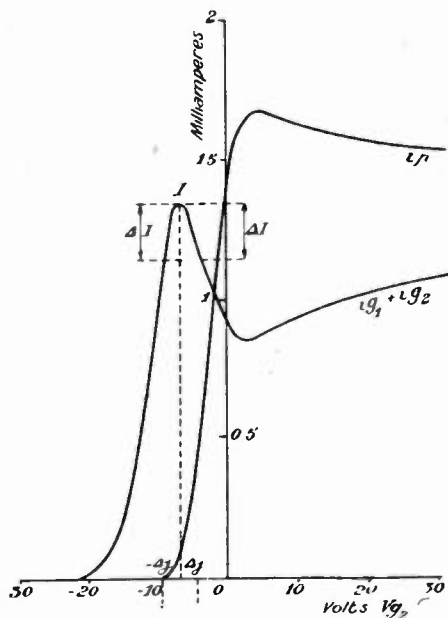


Fig 4.

Lorsque la tension des grilles augmente, le potentiel de la première grille peut être tel que celle-ci puisse absorber une partie des électrons émis par le filament : $i_{g_1} + i_{g_2}$ croît.

A partir d'une certaine valeur du potentiel commun des grilles, les lignes de forces émanant de la plaque peuvent atteindre le filament et le courant filament plaque croît.

Par la suite, le flux électronique étant arrivé au maximum, le courant-plaque continue à croître au détriment du courant grilles qui diminue. Nous sommes alors dans la partie A-B de la caractéristique de grilles à effet de résistance négative.

En augmentant encore la tension grilles, leur influence redevient prépondérante et $ig_1 + ig_2$ recommence à croître tandis que ip décroît.

4. — Utilisation du phénomène.

En principe, on peut utiliser, pour l'amplification ou la production d'oscillations entretenues, tout montage, reproduisant pour de petites

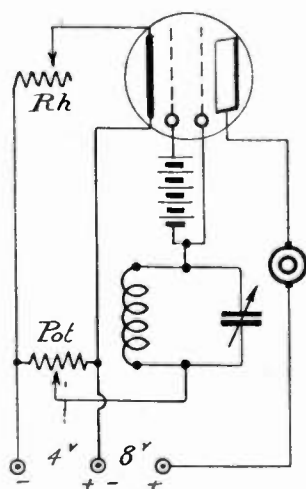


Fig. 5 a.

variations de tension et de courant, le schéma d'expérience précédemment désigné (fig. 3).

On obtient un générateur d'oscillations entretenues (fig. 5 a) en intercalant dans le circuit des grilles un circuit oscillant. Il est facile de voir que, pour de faibles variations, la condition d'entretien s'énonce par

$$\frac{1}{\rho} < -\frac{RC}{L}.$$

Le montage (a) a le grave inconvénient de nécessiter deux batteries anodiques. La figure 5 b montre comment, par une modification de montage, on peut n'en utiliser qu'une seule. Le condensateur Cf sert à permettre le passage des variations de ig_1 et Vg_1 au point O, réunion des deux grilles. La première grille est alimentée en haute tension

par un emprunt fait sur la batterie plaque à l'aide d'une self-inductance de choc de valeur suffisante pour arrêter ces mêmes variations. Ce deuxième montage donne exactement les mêmes résultats que le premier.

On peut n'utiliser le phénomène que pour la détection : à cet effet, on utilise la pointe supérieure de la caractéristique de grilles et le circuit oscillant de réception et le circuit d'écoute sont en série dans le circuit de grilles. On obtient des variations de courant de même sens pour des variations de tension grilles alternatives autour de M

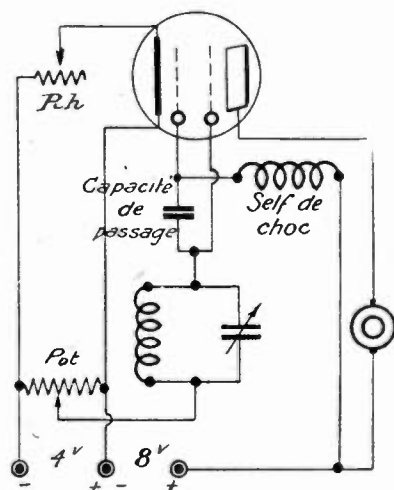


Fig. 5 b

abscisse de la pointe utilisée, ce qui assure une rectification plus complète que par les systèmes ordinaires de détection.

On peut obtenir aux bornes d'une résistance R intercalée dans le circuit des grilles une différence de potentiel supérieure à la force électro-motrice qui agit. Si, en effet, nous désignons par E cette force électro-motrice, $R + \rho$ étant la résistance totale du circuit, l'intensité i est donnée par la relation :

$$i = \frac{E}{R + \rho}.$$

La différence de potentiel aux bornes de la résistance R sera :

$$E_1 = R_1 = \frac{ER}{R + \rho} \quad \text{d'où} \quad \frac{E_1}{E} = \frac{R}{R + \rho}.$$

On peut donc en prenant pour R une valeur égale à $|p|$ obtenir, théoriquement, une amplification infinie.

Deux montages, particuliers à la basse fréquence, sont représentés figure 6. Le premier de ces montages est dérivé de celui mis en évidence dans la figure 5 *a* et utilise donc deux batteries anodiques.

Le deuxième n'emploie qu'une seule batterie haute tension; sa caractéristique particulière est de séparer le fonctionnement des deux grilles en courant continu, tout en les rendant solidaires des variations du point de réunion de ces grilles en courant alternatif.

Le condensateur C_f (fig. 6 *b*) laisse passer les variations venant du

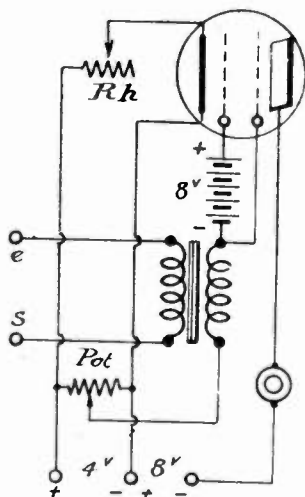


Fig. 6 *a*.

secondaire du transformateur et la résistance R , ou une self-inductance d'impédance égale, sert à empêcher ces variations de passer autrement que par les grilles.

Ce montage donne, par choix du chauffage et du point de la caractéristique, les mêmes effets que le montage précédent (fig. 6 *a*).

5. — Conclusion.

En définitive, ces montages nous ont donné des résultats probants en ce qui concerne la sensibilité et la sélection obtenue contre les parasites. La réception des postes lointains est assurée en dépit de mauvaises conditions locales. Il a d'ailleurs été impossible de recevoir ces mêmes postes dans les mêmes conditions avec des montages à

nombre équivalent de lampes ordinaires. Nous devons toutefois avertir le lecteur que ces montages ne peuvent donner de puissance, étant donnée le peu d'énergie disponible dans les lampes à deux grilles fonctionnant normalement.

Ces quelques résultats nous laissent penser que les recherches sur les lampes à deux grilles ne sont pas closes. Nous remarquons

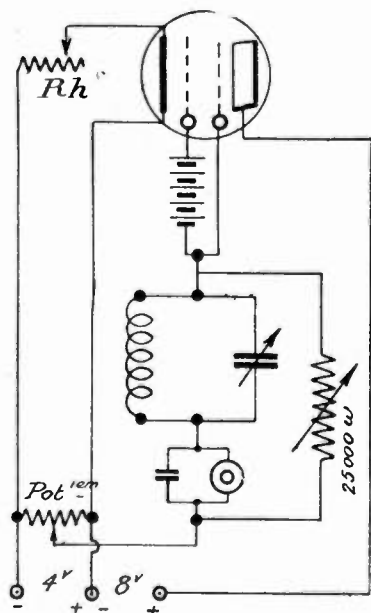


Fig. 6 b.

d'ailleurs que, parmi les amateurs, la lampe Bigril, après avoir été presque abandonnée, revient en faveur.

Des résultats très intéressants ont été déjà obtenus avec des montages relativement simples.

Nous nous mettons à la disposition des amateurs que cette étude intéresserait pour leur faciliter leurs recherches.

P. AMYE.

3^e CONFÉRENCE NATIONALE DE T. S. F.

Tenue à Washington du 6 au 10 octobre 1924 ⁽¹⁾

Cette conférence était présidée par M. Hoover, ministre du Commerce des États-Unis. Le compte rendu officiel comprend trois parties principales :

- 1^o Un discours inaugural de M. Hoover;
- 2^o Un rapport d'ensemble résumant les travaux de la conférence;
- 3^o Une série de rapports établis par chacune des sept sous-commissions chargées d'étudier les diverses questions soulevées.

a) **Discours de M. Hoover.** — M. Hoover montre d'abord la nécessité d'une collaboration entre les industriels, les amateurs, les organisateurs des postes de radiodiffusion et les milieux officiels pour aboutir à une réglementation qui satisfasse tout le monde. Il insiste avec force sur la nécessité de laisser la radio entièrement libre, il repousse également le monopole d'état et le monopole privé. Il signale l'importance prise par la T. S. F. et notamment la radiodiffusion. A la date d'octobre 1924, il existait aux États-Unis 530 stations émettrices de radiodiffusion, 20 millions d'auditeurs, 200 000 ouvriers travaillant chez les constructeurs de T. S. F. et la radiotélégraphie représentait un chiffre d'affaires d'un million de dollars par jour.

M. Hoover passe ensuite en revue les principales questions à l'ordre du jour. Ce sont les suivantes :

1^o *Amélioration des programmes des postes de radiodiffusion.* — Par une intercommunication entre postes réalisée soit à l'aide de liaisons par fil, soit à l'aide d'émissions radio à courtes longueurs d'ondes, on pourra diffuser sur tout le territoire des États-Unis les discours des hommes d'État ou toute autre émission d'un intérêt général. M. Hoover est opposé à faire de la publicité autrement que sous une forme très discrète. Il ne pense pas qu'il soit possible de faire payer les auditeurs.

2^o *Brouillages.* — Il y a lieu de refondre entièrement la gamme des longueurs d'ondes allouées aux divers émetteurs et surtout aux postes de radiodiffusion.

3^o *Puissances des postes de radiodiffusion.* — La puissance maximum autorisée était de 1 000 watts. M. Hoover pense qu'il serait bon d'augmenter cette puissance limite pour améliorer les

(1) Nous avons dû différer longtemps la publication de ce résumé en raison de l'abondance des articles à passer : mais nous pensons que, malgré le retard imposé, il n'a rien perdu de son intérêt.

réceptions faites en été. Il est hostile par contre à la création de postes de radiodiffusion extrapuissants (50 kilowatts) qui donneraient vraisemblablement à leur organisateur un monopole d'émission dans une région d'assez grande étendue.

M. Hoover signale à ce propos que les postes d'émission tendent à diminuer en nombre et à augmenter en puissance. Les frais d'exploitation des 530 postes existants se montent à 10 millions de dollars par an. Un tiers de ces postes a été installé par des maisons de construction qui se couvrent de leurs frais par la vente de récepteurs, 80 postes ont été installés par des maisons de commerce ou par des éditeurs et vivent grâce à la publicité, les postes restants ont été installés par des écoles, des clubs, des églises, des organismes d'État et n'ont aucune recette qui compense les dépenses.

4^o *Marine*. — Il faut multiplier les longueurs d'ondes réglementaires. L'idéal serait d'avoir une longueur d'onde par poste émetteur comme pour la radiodiffusion. Ce sera impossible tant que ces émetteurs seront amortis.

5^o *Causes extérieures de brouillages*. — Il faut supprimer les harmoniques des postes émetteurs et s'entendre avec les centrales et les usagers qui troublent les réceptions par la façon dont ils produisent ou emploient l'électricité industrielle.

6^o *Amateurs*. — Il faut étendre la gamme de longueurs d'ondes dont ils disposent.

M. Hoover conclut en spécifiant qu'il n'a en vue que l'intérêt public. Il faut arriver à une réglementation consentie par tous et qui n'ait pour conséquence ni de léser l'intérêt général ni de brider les initiatives individuelles.

b) Rapport d'ensemble résumant les travaux de la Conférence. — Ce rapport reprend les questions soulevées par M. Hoover et indique la façon dont elles ont été traitées par les Sous-Commissions. Les questions les plus importantes sont les suivantes :

1^o *Brouillages et plus spécialement brouillages de la réception des postes de radiodiffusion*. — La Commission pense avoir réduit ces brouillages en augmentant d'une part la gamme des longueurs d'ondes réservée aux stations de radiodiffusion (cette gamme va désormais de 200 à 545 mètres et permettra de donner à ces postes cent longueurs d'ondes différentes); en enlevant, d'autre part, à la Marine les longueurs d'ondes 300 et 450 et en spécialisant l'onde 600 pour les appels de secours. Les brouillages par l'électricité industrielle pourraient sans doute être réduits par entente mutuelle entre radiotélégraphistes et usagers de cette électricité.

2° *Communications de la Marine.* — Elles pourront être améliorées en permettant à la Marine d'user de cinq longueurs d'ondes (600, 660, 706, 731, 834).

3° *Amateurs.* — La gamme réservée aux amateurs a été étendue.

4° *Intercommunications entre stations de radiodiffusion permettant de diffuser sur tout le territoire des États-Unis des discours ou des concerts particulièrement importants.* — Cette question est de toute première importance. L'intercommunication entre postes constitue un progrès capital récemment réalisé en radiotéléphonie. La Commission conseille au Département du Commerce de créer une Commission permanente pour la mise au point définitive de la liaison entre stations de radiodiffusion, soit par fil, soit par ondes courtes.

5° *Poste extra-puissant de la radiodiffusion.* — La Commission est hostile à la création d'un tel poste. Elle propose de faire simplement des essais pour voir la nature des perturbations qu'une station de grande puissance apporterait aux réceptions. Par contre une légère augmentation de la puissance maximum tolérée pour la radiodiffusion est souhaitable.

Enfin, la Commission se prononce nettement contre l'institution d'une censure quelconque en radiotéléphonie. Elle demande, par contre, que les stations soient surveillées de très près par les organismes officiels en ce qui concerne leurs caractéristiques techniques et la façon dont elles émettent.

c) **Rapport des Sous-Commissions.** — En dehors d'une Sous-Commission de coordination qui n'a pas fait de rapport spécial, il avait été créé sept Sous-Commissions qui s'occupaient des questions suivantes :

- 1° Répartition générale des longueurs d'ondes;
- 2° Longueurs d'ondes des postes de radiodiffusion;
- 3° Problèmes généraux intéressant la radiodiffusion;
- 4° Communications de la Marine;
- 5° Amateurs;
- 6° Brouillages;
- 7° Intercommunications entre stations de radiodiffusion.

Les travaux les plus importants de ces Sous-Commissions ont été résumés dans le rapport d'ensemble analysé ci-dessus.

Les gammes arrêtées pour les longueurs d'ondes à employer dans le service intérieur des États-Unis sont données dans le tableau ci-contre.

Résumé de la gamme des longueurs d'onde allouées aux divers services.

KILO CYCLES	METRES	SERVICES
95-120 . . .	3 150-2 400	Communications officielles. Entretienues et modulées. Exclusivement.
120-157 . . .	2 400-1 910	Communications de la Marine. Entretienues et modulées. Exclusivement.
157-165 . . .	1 910-1 817	Communications d'un point à un autre. / Entretienues et modulées — de la Marine. / Exclusivement.
165-190 . . .	1 817-1 578	Communications d'un point à un autre. Entretienues et modulées. Amorties.
160	1 874	Communications officielles. Non exclusivement
175	1 713	Communications officielles. Non exclusivement.
185	1 621	Communications officielles. Radiodiffusion pour patrouilleurs d'icebergs et pour messages maritimes de secours non exclusivement.
190-230 . . .	1 578-1 304	Communications officielles. Entretienues et modulées exclusivement.
230-235 . . .	1 304-1 276	Communications pour Universités, colleges stations d'expériences. Entretienues et modulées. Exclusivement.
235-250 . . .	1 276-1 199	Communications de la Marine, radiotéléphonie. Non exclusivement.
250	1 199	Communications officielles. entretienues et modulées. Non exclusivement.
250-275 . . .	1 199-1 090	Communications de la Marine, radiotéléphonie. Non exclusivement.
275	1 090	Communications officielles, entretienues et modulées. Non exclusivement
275-285 . . .	1 090-1 052	Communications de la Marine, radiotéléphonie Non exclusivement.
285-500 . . .	1 052-600	Communications de la Marine et côtière y compris phares hertziens et goniométrie.
300	1 000	Phares hertziens.
315	952	Communications officielles en entretienues, entretienues modulées, amorties
343	874	Communications de bateau à bateau et de bateau à postes côtiers en entretienues et entretienues modulées.
375	800	Emissions pour goniométrie.
410	731	Communications de bateau à bateau et de bateau à postes côtiers en entretienues, entretienues modulées et amorties. Exclusivement
425	705	Communications de bateau à bateau et de bateau à postes côtiers en entretienues, entretienues modulées et amorties. Exclusivement
445	674	Communications officielles pour l'Aviation et les sous-marins en entretienues ou entretienues modulées.
454	660	Communications de bateau à bateau et de bateau à postes côtiers en entretienues, entretienues modulées et amorties. Exclusivement.
500	600	Appels et signaux de détresse. Exclusivement
500-550 . . .	600-545	Communications de l'Aviation. Entretienues et modulées radiotéléphonie. Stations pour assurer la sécurité de la vie humaine Exclusivement
550-1 500 . .	545-200	Stations de diffusion, radiotéléphonie. Exclusivement.

KILOCYCLES	MÈTRES	SERVICES
550-1 070	545-280	Classe 1
1 090-1 400	275-214	Classe 2.
1 420-1 460	211-205	Classe 3
1 500-2 000	200-150	Amateurs. Exclusivement.
1 500-1 670	200-180	Amateurs, entretenues et entretenues modulées
1 670-1 760	180-170	Amateurs, entretenues modulées et radiotéléphonie.
1 760-2 000	170-150	Amateurs, entretenues et entretenues modulées.
2 000-2 250	150-133	Communications d'un point à un autre. Non exclusive- ment.
2 250-2 500	133-120	Communications de l'Aviation. Exclusivement.
2 500-2 750	120-100	Postes mobiles.
2 750-2 850	109-105	Réservé aux stations de radiodiffusion par relais
2 850-3 500	105-85,7	Service public.
3 500-4 000	85,7-75,0	Stations d'amateurs et postes militaires mobiles.
4 000-4 500	75,0 66,6	Services publics et postes mobiles
4 500-5 000	66,6-60,0	Réservé exclusivement aux stations de radiodiffusion par relais.
5 000-5 500	60,0-54,5	Services publics.
5 500-5 700	54,5 52,6	Réservé exclusivement aux stations de radiodiffusion par relais.
5 700-7 000	52,6-42,8	Services publics.
7 000-8 000	42 8-37,5	Stations d'amateurs et postes militaires mobiles
8 000 9 000	37,5-33,3	Services publics et postes mobiles.
9 000-10 000	33,3-30,0	Réservé exclusivement aux stations de radiodiffusion par relais.
10 000-11 000	30,0-27,3	Services publics
11 000-11 400	27,3-26,3	Réservé exclusivement aux stations de radiodiffusion par relais.
11 000-14 000	26,3-21,4	Services publics.
14 000-16 000	21,4 18,7	Stations d'amateurs.
16 000 18 000	18,7-16,7	Services publics et postes mobiles
18 000 50 000	16,7 5,35	Transmissions dirigées.
50 000-64 000	5,35 4,69	Postes d'amateurs.
64 000 à l'infini	4,69 0	Transmissions dirigées.

CHRONIQUE DU MOIS

SOCIÉTÉ DES AMIS DE LA T. S. F.

Liste des nouveaux sociétaires.

- MM. Dupuis (Georges), fabricant d'articles pour fumeurs, 190, rue de Rivoli, Paris.
Citron (Marcel), sous-chef de station de 1^{re} classe de la T. S. F. à Madagascar en congé, 109, Grande-Rue, Nogent sur Maine (Seine).
Crova (Benjamin), capitaine de frégate en retraite, 27, rue Asselin, Cherbourg (Manche).
Legrand (Henrique), président du Montevideo Radio-Club, Larrañaga, 140, Montevideo (Uruguay).
Copié (J.), chef de poste de T. S. F. à Papeete (Tahiti).
Le Goff (Henri), radiotélégraphiste aux colonies, Valence-d'Agen (Lot-et-Garonne).
Bois (Roger), étudiant, 129, avenue d'Argenteuil, Colombes (Seine).
Nahoum (Maurice), 3, rue Saint-Senoche, Paris-17^e.
-

COMITÉ INTERSOCIÉTAIRE DE T. S. F.

Le Comité intersociétaire de T. S. F. formé par la Société française d'Études de T. S. F., le Radio-Club de France et la Société des Amis de la T. S. F. a organisé les deux conférences suivantes :

Jeu-di 25 juin. — *Le problème de l'Heure*, par le général FERRIÉ, membre de l'Académie des Sciences.

Vendredi 3 juillet. — *Explorations récentes dans le domaine des ondes électromagnétiques. Liaison entre les ondes hertziennes et l'infra-rouge, l'ultra-violet et les rayons X*, par M. HOLWECK, docteur ès sciences, chef de travaux à l'Institut du Radium.

INFORMATIONS & CORRESPONDANCE

A propos du montage Bourne

— Nous recevons la lettre suivante :

« On a souvent remarqué que les inventions faites par des Français n'avaient de succès en France qu'après avoir été adoptées par l'étranger et baptisées d'un nom anglais ou américain. Le fait s'est souvent produit en matière de T. S. F. Le fameux montage « Bourne », universellement connu maintenant, en est un des exemples les plus récents. Dans le n° 17 de *l'Onde Electrique* (avril 1923), je décrivais ce montage que j'employais déjà depuis près d'un an. La lettre que j'avais envoyée à *l'Onde Electrique* datait de janvier ou février de la même année. Je ne croyais pas d'ailleurs avoir fait une véritable invention en réalisant ce montage, car je l'avais trouvé en étudiant le montage Reinartz, et en ne gardant que le principe de ce dernier. Le principe en question est celui-ci : Si l'on couple assez fortement deux circuits dont l'un a un amortissement considérable et l'autre est peu amorti, c'est le circuit le moins amorti qui impose sa longueur d'onde, et l'amortissement de l'ensemble est voisin de celui du circuit le moins amorti. Ceci n'est qu'une approximation assez grossière, mais les conséquences en sont nombreuses.

« Ce principe, applicable aussi bien à l'émission qu'à la réception, était connu bien avant Reinartz, on pouvait y rapporter, par exemple, l'émission avec excitation par choc des postes à étincelles. Une des conséquences intéressantes du principe cité plus haut, c'est que le montage « Bourne » ne fonctionnera bien que si le circuit antenne-terre a un amortissement suffisant, et cette conséquence est vérifiée par l'expérience.

« A la suite de nombreuses lettres d'amateurs, je fis paraître dans le n° 20 de *l'Onde Electrique* un second article détaillé avec des indications pratiques pour réaliser les montages décrits. J'y

indiquais, entre autres choses, la façon de réaliser des bobines nids d'abeilles adaptées à la gamme 250 à 600 m ; à ce moment-là on était encore aux nids d'abeilles à 30 tours par couche.

« Un fait analogue à celui que je signale pour le montage « Bourne » s'est aussi passé pour les bobines dites en « fond de panier », mais cette fois on n'a pas osé les démarquer. Je les avais trouvées en 1916, alors que j'étais soldat à Dinan. Feuvent amateur de T. S. F. je cherchais à réaliser un poste qui puisse se dissimuler facilement et qui me permit de recevoir depuis les cotiers jusqu'à Clitden. Il ne fallait pas songer aux bobines cylindriques. En passant devant l'étalage d'un marchand de paniers, j'eus l'idée qui me permit de faire un poste tenant dans deux de mes poches. Je donnai aux bobines ainsi réalisées le nom de bobines en fond de panier, et n'ayant personne pour me conseiller, je ne pris pas de brevet.

Dans la suite, je montrai ces bobines à différentes personnes, et au début de 1917, alors que j'étais à Brest, je les présentai à M. le lieutenant de vaisseau Bion, qui dirigeait à ce moment là le service de T. S. F. à Brest.

Pendant mon séjour à l'E. C. M. R., en 1917 et 1918, M. Jouaust, M. Poirson, le général Ferrié et bien d'autres virent ces bobines. Je ne songeais point à m'en faire gloire, d'autant plus que ce moment-là j'apprenais que les Allemands employaient pour leurs postes d'émission des bobines analogues dites en toile d'araignée.

« Veuillez m'excuser de cette longue lettre trop personnelle, mais il me semble que cette mise au point était utile en ce moment où la T. S. F. paraît un peu stationnaire et où les revues de vulgarisation rééditent comme nouveaux de nombreux montages déjà connus depuis longtemps.

« Veuillez agréer, etc.

« F. LEMAIRE »