

L'ONDE ÉLECTRIQUE

PUBLICATION

DE LA

SOCIÉTÉ DES AMIS

DE LA

T.S.F.



SOMMAIRE

Assemblée générale des Amis de la T. S. F.

Marius LATOUR

Multiplicateurs de fréquence et amplificateurs
magnétiques

A. CLAVIER

Procédés de réception par changement de fréquence
(interférence, modulation)

L. BOUTHILLON

Exposé critique des théories de la propagation

Léon DELOY

Un récepteur pour ondes courtes
Pour recevoir « OC45 »

Ch. LANGE

Au sujet du téléphone shunté

Essais transatlantiques

Liste des postes radio-émetteurs privés — Bibliographie

Etienne CHIRON, Éditeur

L'ONDE ÉLECTRIQUE

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

ABONNEMENT D'UN AN

France 30 fr.

Étranger 35 fr.

Étienne CHIRON

ÉDITEUR

40, RUE DE SEINE, PARIS

CHÈQUES POSTAUX: PARIS 53-35

PRIX

DU NUMÉRO : 3 francs

SOCIÉTÉ DES AMIS DE LA T. S. F.

Adresser la correspondance administrative
et technique à

M. MESNY, secrétaire général

21, rue Jacob, Paris-6^e

Paiement des cotisations à

M. ATTHALIN, trésorier

Banque de Paris et des Pays-Bas

3, rue d'Antin, Paris-2^e

COMITÉ DE PATRONAGE

MM.

Georges LEMOINE, président de l'Académie des Sciences.

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

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

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

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

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

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

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

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

MM.

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

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

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

Société des Ingénieurs Coloniaux.

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

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

A. MESSIMY, ancien ministre.

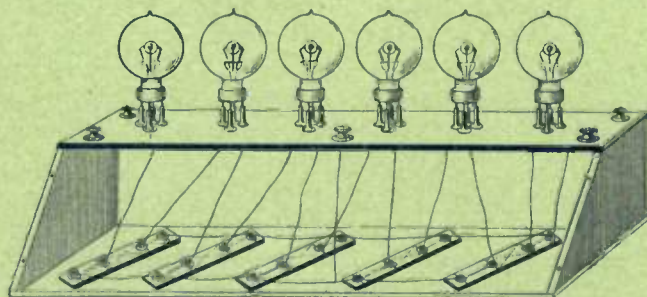
Denis PÉROUSE, président du Syndicat des Armateurs de France.

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

La Téléphonie sans fil en haut-parleur

CONSTRUCTION D'UN POSTE TRÈS SIMPLIFIÉ A HAUT RENDEMENT

par le D^r Paul HUSNOT



Voici l'appareil dans toute sa simplicité

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

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

SOCIÉTÉ DES AMIS DE LA T. S. F.

Assemblée générale du 29 Mai 1923

La séance est ouverte à 21 heures, sous la présidence de M. le duc de Broglie. En attendant le résultat du vote des sociétaires, la parole est donnée au Secrétaire général, M. le colonel Cornu.

Rapport du Secrétaire général sur le fonctionnement de la Société des Amis de la T. S. F. pendant l'année 1922-1923.

La Société des Amis de la T. S. F. a été officiellement constituée le 22 mai 1922, mais ses débuts datent du mois de juillet précédent. Aucun rapport moral n'ayant encore été établi jusqu'à ce jour, nous avons pensé qu'il n'était pas inutile, dans le premier compte rendu soumis à l'Assemblée générale, de rappeler sommairement les événements survenus depuis l'origine de la Société, au lieu de nous limiter à l'exercice en cours.

Création de la Société.

L'idée de réunir en une association amicale les adeptes, de jour en jour plus nombreux, de la T. S. F. et de contribuer au maintien sur le terrain scientifique de l'union réalisée avec tant de cœur pendant la guerre, remonte au milieu de l'année 1921. La réalisation ne devait pas se faire attendre, et le 11 juillet de la même année, la Société était régulièrement constituée par ses fondateurs qui déposaient à la Préfecture de police la déclaration d'association prévue par l'article 5 de la loi du 1^{er} juillet 1901.

L'idée des créateurs, dont je n'ai pas besoin de vous rappeler les noms, trouva dès la première heure l'accueil le plus sympathique chez les amateurs, les encouragements les plus précieux parmi les hautes personnalités de la science et de l'industrie. La liste de notre Comité de patronage en est une preuve manifeste.

Le Comité, d'ailleurs, s'efforça dès le début, par une énergique propagande, de grossir le nombre des adhérents, et 30.000 circulaires, lettres d'invitation et extraits des statuts étaient adressés à toutes les personnes jugées susceptibles de s'intéresser à notre jeune Société; un résultat des plus satisfaisants récompensa les efforts de nos premiers représentants.

L'Onde Électrique.

Dès le mois de décembre 1921, le bureau se préoccupa de réaliser la création du Bulletin, prévu par les statuts, dans le but de permettre, entre les ingénieurs, les savants et aussi les amateurs, un constant échange d'idées si profitable à la science. D'actives tractations furent aussitôt engagées par votre secrétaire général : elles se terminèrent à notre entière satisfaction, par un accord avantageux avec M. Chiron, éditeur.

Ces résultats permirent à l'organe naissant de la Société de voir le jour dès le mois suivant. Le premier numéro de *l'Onde Electrique* parut en janvier 1922 et, depuis cette époque, la publication s'en poursuit régulièrement. Des efforts ont été faits, des améliorations sont en cours, en vue de réaliser une parfaite régularité dans le service du Bulletin.

Un perfectionnement important fut apporté, dans le courant de la première année, à l'organisation du début, par la création, sous la présidence du général Ferrié, d'un comité de rédaction, répondant au triple but d'étudier les questions relatives à la contexture du Bulletin, de prendre toutes mesures utiles en vue du développement de l'organe de la Société et d'apporter une opinion autorisée dans les examens critiques des articles proposés à l'insertion.

Ce comité est entré en fonction le 24 octobre 1922.

Grâce au concours actif et dévoué de M. Chiron, éditeur de *l'Onde Électrique* et secrétaire de notre Société, notre revue a pu se développer d'une façon régulière. Partie sur la base de 48 pages au numéro, elle en contient actuellement 64, sans qu'il en résulte aucune charge nouvelle pour la Société.

Nous avons apporté toute notre attention à adapter la rédaction aux desiderata de l'ensemble des sociétaires; la partie intéressant spécialement les amateurs y a pris une place chaque jour plus importante, sans nuire au développement des articles purement scientifiques ou techniques.

Le mérite de ces améliorations revient au Comité de rédaction et plus spécialement à M. Clavier, secrétaire de la rédaction, qui a fourni un effort considérable dans l'accomplissement d'une tâche souvent lourde.

Nous ne considérons pas d'ailleurs que le but poursuivi soit atteint et nous nous préoccupons sans trêve de la mise au point de notre revue.

Assemblée constitutive.

C'est le 22 mai 1922 que la Société des Amis de la T. S. F. reçut sa consécration définitive par la réunion de sa première Assemblée générale, son assemblée constitutive, sous la présidence de l'un de ses éminents fondateurs, M. le professeur Pérot.

Les statuts unanimement approuvés, la jeune Association avait, dorénavant, une existence légale et le devoir de poursuivre sa destinée, pour le plus grand bien de la science et l'intérêt particulier de ses adhérents.

Les résultats du premier exercice montrent qu'elle ne faillira pas à sa tâche.

Progression de la Société.

Nous en avons la première preuve dans la constatation du nombre chaque jour grandissant de nos adhérents, qui atteignait :

Au 1 ^{er} janvier 1922	le chiffre de	190
Au 22 mai	— celui de	528
Au 1 ^{er} janvier 1923	—	810
Et à la date de ce jour		970

La vitalité de notre Société ne saurait donc être mise en doute.

Les travaux de la Société.

A) Nous en trouvons la première manifestation dans la remarquable conférence que fit, le 26 janvier 1922, l'un de nos éminents fondateurs, M. le général Ferrié, dans l'amphithéâtre de physique de l'Ecole polytechnique, sur les développements récents et les applications de la T. S. F.

Cette séance d'inauguration, présidée par M. Paul Laffont, sous-secrétaire d'Etat des Postes et Télégraphes, ouvrait la voie aux plus beaux espoirs d'activité utile : ces espoirs ne se sont pas démentis.

B) Les réunions mensuelles destinées à l'exposition et à la discussion des questions touchant de près ou de loin la radiotélégraphie nous ont permis d'entendre des communications du plus haut intérêt, qu'il me semble utile de rappeler ici :

Nouvelle méthode d'exploitation doublant le rendement des grands postes de T. S. F., par M. Abraham.

Variations en direction et en intensité du champ électromagnétique d'une émission, par M. Mesny.

Les merveilles de la T. S. F., par M. Le Mée.

La super-réaction, par M. Armstrong, et la pratique de la super-réaction, par M. David.

Les nouvelles pompes à vide et les lampes d'émission démontables à grande puissance, par M. Holweck.

La mesure des résistances en H. F. au moyen du pyromètre, par M. Jouaust.

L'étalonnage des capacités en valeur absolue, au moyen des circuits à ondes entretenues, par M. Bedeau.

Les essais transatlantiques, par M. le Dr Corret.

La réception des ondes courtes, par M. Clavier.

L'exposé critique des théories de la propagation, par M. Bouthillon, et observations sur cet exposé, par M. Mesny.

Les transmissions dans l'air, par induction, par M. Pérot.

Les particularités de l'emploi de la T. S. F. à bord des avions, par le commandant Franck.

La structure électronique de l'électricité, par M. de Broglie.

Pour honorer la science américaine, la Société a offert à l'un de ses éminents savants, M. Armstrong, un banquet auquel assistait un grand nombre de nos sociétaires.

M. Armstrong a bien voulu accepter de développer dans une conférence remarquable, devant un auditoire attentif, ses procédés de super-réaction.

C). La Société a pris part à l'exposition de T. S. F. organisée par le Syndicat des petits fabricants et inventeurs français (Concours Épine), où elle occupa un stand. Cette mesure compléta la propagande antérieure et nous valut un nombre respectable de nouveaux adhérents recrutés parmi les visiteurs.

D'autre part, quatre de nos membres les plus actifs : MM. Mesny, Metz, Jouaust et Clavier, firent d'intéressantes conférences dans la salle de l'exposition.

D). Je dois signaler également la participation de notre Société aux essais transatlantiques.

Un comité mixte fut constitué sous la présidence de notre collègue, M. le Dr Corret, où des représentants de la S. A. T. S. F. collaborèrent avec des membres du Radio-Club et de la Société d'études de T. S. F. de Juvisy. Il me paraît intéressant de rappeler les brillants résultats de ces essais, dus pour une très large part à l'activité inlassable du président de ce comité, grâce auquel les amateurs purent recevoir toutes les indications utiles en vue de la réception des émissions de l'Amérique.

Un grand nombre de sociétaires ont entendu, dans d'excellentes conditions, les transmissions américaines sur ondes courtes et sur faible puissance.

Par ailleurs, un poste français, celui de notre sympathique collègue M. Deloy, que les lecteurs de *l'Onde Électrique* connaissent bien, fut entendu en Amérique.

E). Il me reste enfin à relater l'œuvre si importante et si utile, préparée par la Société au cours de l'année 1922, la création et l'organisation au Conservatoire national des Arts et Métiers d'un cours public et gratuit d'enseignement élémentaire de la radiotélégraphie.

L'inauguration a eu lieu le 18 avril dernier.

L'enseignement, placé sous la haute direction de M. Chaumat, professeur au Conservatoire, comporte non seulement des conférences, qui ont lieu deux fois par semaine, mais encore des travaux pratiques.

Les cours théoriques, au nombre de vingt-cinq, sont professés par MM. Chaumat, Clavier, Jouaust, Mesny et Metz; les travaux pratiques et démonstrations expérimentales consécutifs aux conférences sont exécutés sous la direction de M. Lefrand, préparateur de M. Chaumat. Ajoutons que ces conférences auront comme sanction un brevet de radiotélégraphiste délivré par le Conservatoire des Arts et Métiers.

Les cours sont suivis par 700 auditeurs, dont 350, répartis en quatre groupes, prennent part aux travaux pratiques.

Faute de place, il n'a pas été possible d'admettre un plus grand nombre d'élèves.

La Société remercie particulièrement M. Chaumat, et se félicite d'avoir rencontré auprès des dirigeants du Conservatoire les appuis qui ont permis la réalisation de ce projet éminemment utile.

Conclusion.

Il me reste à conclure :

De l'exposé qui précède, il ressort nettement que notre Société, arrivée au terme de sa première année d'existence, se trouve dans une situation satisfaisante :

Le nombre de ses adhérents s'est régulièrement accru.

L'Onde Électrique est très appréciée par de nombreux lecteurs.

Les conférences mensuelles remportent un très grand succès, et la salle est trop petite pour le nombre des auditeurs qui y affluent.

Les cours de radiotélégraphie, organisés au Conservatoire national des Arts et Métiers, ont remporté un succès dépassant toutes nos espérances.

Mais il importe avant tout, que les plus grands efforts soient faits en vue d'accroître le nombre de nos adhérents.

L'argent restant toujours le nerf de la guerre, l'augmentation de ce nombre améliorera progressivement notre situation de trésorerie et nous assurera, au fur et à mesure de l'accroissement de nos ressources, une existence chaque jour plus intense et plus fructueuse.

Nous faisons donc appel à l'activité et à la bonne volonté de nos sociétaires, en les priant de répandre autour d'eux la bonne parole et de nous recruter le plus grand nombre possible de nouveaux adhérents.

La parole est ensuite donnée à M. Atthalin, trésorier.

Rapport du trésorier

Messieurs,

Nous avons examiné les comptes tenus par votre secrétaire général et qui nous ont été communiqués au début de l'année.

C'est en se basant sur ces comptes que nous avons l'honneur de vous présenter la situation financière de votre Société pendant l'exercice écoulé.

Cet exercice a été exceptionnellement de dix-neuf mois, et de ce fait votre Société a dû supporter des charges assez lourdes, les cotisations recouvrées ne s'appliquant qu'à l'année 1922.

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

RECETTES.

Cotisations membres bienfaiteurs.	2.000
Cotisations membres à vie	9.095
Soit pour l'ensemble des membres bienfaiteurs	
et à vie.	11.095
Cotisations membres donateurs.	1.200
Cotisations annuelles.	20.572
Dons divers	2.000
Publicité.	4.251 30
Recettes diverses.	880 20
Soit au total :	<u>39.998 50</u>

DÉPENSES.

<i>Onde Electrique</i>	15.412 10
Frais de réunion	5.571 20
Frais généraux et divers	5.558 97
Soit au total :	<u>26.542 27</u>

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

En conséquence, les titres et valeurs ci-après ont été acquis par la Société :

10 Bons 6 % Crédit National,	
10 Bons décennaux 6 % Crédit National,	
70 fr. Rente 5 % Amortissable,	
Qui représentent au prix de revient	Frs. <u>11.054 20</u>

La mise au nominatif de ces titres a été demandée.

L'excédent des recettes sur les dépenses après ce prélèvement ressort à Frs. 2.361,23 qui, d'après les propositions de votre Conseil d'administration, seraient employés à l'amortissement partiel des frais de constitution.

Aucune observation n'est présentée, M. Brylinski, commissaire aux comptes, présente alors son rapport.

Rapport des commissaires des comptes sur l'exercice 1922.

Messieurs,

Nous avons l'honneur de vous rendre compte de la mission que vous avez bien voulu nous confier dans votre Assemblée générale du 22 mai 1922.

Dans le silence des statuts, votre Conseil d'administration a décidé que le premier exercice de votre Société comprendrait la période écoulée du jour de sa constitution au 31 décembre 1922 et nous vous proposons de vous associer, par l'approbation des comptes de l'exercice ainsi défini, à cette décision. Il serait néanmoins utile de compléter vos statuts en régularisant après coup cette situation et en spécifiant que l'exercice annuel coïncide avec l'année civile.

La situation de votre Société au 31 décembre 1922 résulte des comptes ci-après :

**

RECETTES ET DÉPENSES DE L'EXERCICE

<i>Dépenses</i>		<i>Recettes</i>	
Versement à la réserve statutaire	11.095 »	Cotisations des membres bienfaiteurs	2.000 »
<i>Onde Électrique</i>	15.412 10	— à vie	9.095 »
Frais de réunions	5.571 20	— donateurs	1.200 »
Frais généraux et divers .	5.558 97	Cotisations annuelles . .	20.572 »
Amortissement partiel des frais de constitu- tion	2.361 23	Dons divers	2.000 »
Total	<u>39.998 50</u>	Publicité	4 251 30
		Recettes diverses	880 20
		Total	<u>39.998 50</u>

BILAN

<i>Actif</i>		<i>Passif</i>	
Frais de constitution . . .	5.651 37	Réserve statutaire	11.095 »
Titres en portefeuille . . .	11.054 20	Créanciers divers	8.254 77
Débiteurs divers	2.644 20	Total	<u>19.349 77</u>
Total	<u>19.349 77</u>		

L'exercice se solde en définitive par 2.361 fr. 23 en faveur de la Société. Il importe, d'ailleurs, de ne pas perdre de vue que ce résultat favorable n'a été obtenu que par l'incorporation aux « Frais de constitution » des dépenses de propagande effectuées avant la constitution définitive de la Société, et qui se montent à 7.959 fr. 85. Cette incorporation est normale et nous l'approuvons; mais ces frais de constitution forment un actif dont la valeur réelle est nulle, de sorte qu'il conviendra de les amortir aussitôt que la situation de la Société le permettra; c'est cet amortissement qui a été commencé par votre Conseil d'administration.

Le montant des cotisations des membres bienfaiteurs et à vie a été porté à un fonds de réserve, ainsi que le prescrivent les statuts de votre Société; des titres ont été achetés en représentation pour une valeur de 11.054 fr. 20. Les autres éléments des comptes ci-dessus ne paraissent de nature à motiver aucune observation spéciale de notre part.

La comptabilité de votre Société ne saurait soulever la plus petite suspicion; il serait néanmoins désirable qu'elle fût établie selon des formes plus usuelles que celles qui ont été employées jusqu'à présent.

D'autre part, il nous paraîtrait nécessaire qu'il fût nommé désormais chaque année trois commissaires des comptes, ainsi que le prévoient les statuts, et que la résolution annuelle par laquelle sont nommés les commissaires précisât qu'ils pourront agir ensemble ou

séparément, le rapport d'un seul d'entre eux pouvant même suffire au cas d'empêchement des deux autres.

Sous le bénéfice de ces diverses observations, nous avons l'honneur de vous proposer l'approbation des comptes qui vous sont soumis par votre Conseil d'administration tels qu'ils sont résumés ci-dessus.

Aucune observation n'étant encore présentée, les comptes de l'exercice 1922 sont approuvés à l'unanimité.

Le Président met aux voix la modification aux statuts qui résulte de la comparaison des textes suivants :

Ancien texte

L'assemblée générale entend le rapport du conseil sur sa gestion : elle approuve les comptes de l'exercice clos, sur le rapport des 3 membres élus au scrutin, étrangers au conseil, elle délibère sur les questions...

Nouveau texte

L'assemblée générale entend le rapport du conseil sur sa gestion : elle examine les comptes de l'exercice clos au 31 décembre de l'année précédente, sur le rapport de 3 commissaires élus au scrutin chaque année.

Ces trois commissaires doivent être étrangers au conseil, ils peuvent agir ensemble ou séparément, le rapport d'un seul d'entre eux pouvant même suffire en cas d'empêchement des deux autres.

L'assemblée délibère sur les questions...

La nouvelle rédaction, adoptée à l'unanimité des membres présents, devra faire l'objet d'un nouveau vote, le quorum prévu par les statuts n'ayant pas été atteint.

On procède ensuite à l'élection des commissaires aux comptes pour l'exercice 1923 : MM. Brylinski, Guillaume et le général Jullien sont élus à l'unanimité.

Le dépouillement des bulletins de vote donne alors le résultat suivant : sont élus :

Membres d'honneur : MM. A. Blondel, le général Ferrié, Janet.

Président pour l'exercice 1924-1925 : M. de Valbreuze.

EXERCICES 1923-1926.

Vice-Président : M. Abraham.

Secrétaire général : M. Mesny.

Secrétaire : M. David.

Commissaire aux Comptes : M. le général Jullien.

Membres du Conseil : MM. Belin, le commandant Brenot, le colonel Cornu, Dufour, le commandant Jullien, le colonel Maillard, Pérot, Waddington.

Le Président, avant de remettre ses pouvoirs au Président élu pour 1923, tient à rendre hommage aux fondateurs de la Société.

M. Bousquet prononce alors une courte allocution où, après avoir rendu hommage au dévouement de son prédécesseur, il insiste pour qu'une active propagande soit faite dans tous les milieux par les sociétaires eux-mêmes.

La parole est ensuite donnée à M. Reynaud-Bonin, ingénieur des P. T. T., qui présente une communication sur : la modulation en radiotéléphonie.

M. de Valbreuze, vice-président, expose enfin à l'assemblée ce que sera l'Exposition de Physique et de T. S. F., le but poursuivi, et énumère les concours qui sont d'ores et déjà acquis. Il demande l'appui de tous pour que cette exposition obtienne le plus grand succès.

La séance est levée à 22 h. 30.

MULTIPLICATEURS DE FRÉQUENCE ET AMPLIFICATEURS MAGNÉTIQUES

Par Marius LATOUR

La production directe des courants à haute fréquence par des alternateurs exige des vitesses périphériques assez élevées. En faisant même usage de la réduction de la polarité du stator par rapport à celle du rotor, c'est-à-dire de la réduction du nombre de dents sur le stator comme suggéré par nous en 1915, et comme il est fait aujourd'hui dans les alternateurs de la Société française Radio-électrique, on ne peut guère obtenir avantageusement plus de 40 000 périodes p/s ($\lambda = 7\,500\text{ m}$) avec 150 mètres de vitesse périphérique et 6 à 8/10 d'entrefer. Ce sont des conditions mécaniques admissibles, mais que l'on ne dépasserait pas volontiers.

Il faut cependant pouvoir produire des fréquences plus élevées. C'est cette nécessité qui fait encore l'intérêt essentiel des multiplicateurs de fréquence basés sur la saturation des substances ferro-magnétiques. Il faut reconnaître d'ailleurs que les multiplicateurs de fréquence ont déjà permis aux Allemands de réaliser les fréquences de 20 000 à 40 000 périodes pour les antennes des grands postes de télégraphie sans fil, avec des alternateurs homopolaires ordinaires ne comportant aucune particularité dans leur construction.

Il se trouve, en outre, que l'étude des multiplicateurs est absolument connexe de celle des appareils appelés amplificateurs magnétiques et qui peuvent servir à la manipulation ou à la modulation dans le circuit d'antenne, non seulement pour les postes d'émission à alternateurs, mais pour les postes d'émission à arc ou à tubes à vide.

L'idée d'obtenir, par voie statique, une fréquence multiple de celle d'un courant donné en provoquant l'apparition d'harmoniques par la saturation remonte à Epstein. Cette idée a été développée ensuite avec précision par Léonard et Wéber, ce dernier ayant eu plus particulièrement en vue la production de courants à haute fréquence (1906) et par Maurice Joly (1911). MM. Léonard et Wéber ont d'ailleurs proposé, les premiers, de réaliser pour courant alternatif une self variable avec circuit magnétique en fer, en agissant sur la saturation du circuit magnétique par un courant continu auxiliaire (1). Cette suggestion est à la base de la conception de l'amplificateur magnétique proposé par Osnos de la Société Telefunken et ensuite par Alexanderson en Amérique.

(1) Voir *Éclairage électrique*, tome XLVIII, p. 81.

Doubleurs de fréquence et amplificateurs magnétiques.

Le schéma du doublage de la fréquence avec deux transformateurs a été imaginé par MM. Léonard et Wéber ⁽¹⁾ et nous allons le rappeler.

On dispose de deux transformateurs semblables T_1 et T_2 , comportant trois enroulements E , E_1 , E_2 (voir figure 1).

Les enroulements E sont traversés par du courant continu (provenant d'une source e avec bobine de protection L). Les ampères-tours

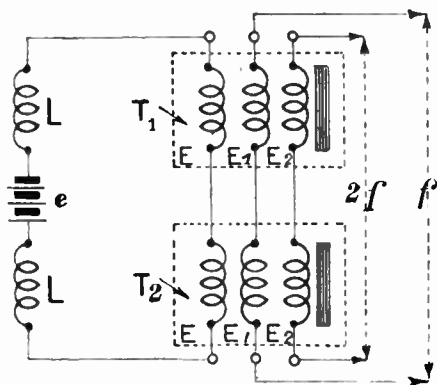


Fig. 1.

fournis par le courant continu sont tels que le circuit magnétique de chaque transformateur est saturé, c'est-à-dire soumis à une induction à partir de laquelle la perméabilité magnétique du fer diminue notablement. Les enroulements E_1 sont traversés par le courant alternatif de fréquence primaire f .

Si l'enroulement E_1 est de même sens que l'enroulement E dans le transformateur T_1 , il est de sens contraire à celui de l'enroulement E_1 dans le transformateur T_2 ou inversement. En ce qui concerne les enroulements E_2 , ils sont dans chaque transformateur T_1 et T_2 , de même sens que les enroulements E ou chaque fois de sens contraire à ces derniers; il en résulte que si l'enroulement E_2 est de même sens que l'enroulement E_1 dans un transformateur, il est de sens opposé à l'enroulement E_1 dans l'autre transformateur. En d'autres termes, les circuits secondaires E_2 des transformateurs T_1 et T_2 sont montés en opposition par rapport aux circuits primaires E_1 .

(1) Voir *Éclairage électrique*, tome XLVIII, loc. cit.

Supposons les secondaires E_2 à circuit ouvert et imaginons qu'un courant sinusoïdal de fréquence f traverse les enroulements E_1 .

Dans chaque transformateur, chaque fois que les ampères-tours produits par le courant de fréquence f s'ajoutent aux ampères-tours continus, ils sont relativement impuissants à accroître le flux de façon notable, mais chaque fois, au contraire, qu'ils se soustraient des ampères-tours continus, ils diminuent le flux d'une façon relativement importante. Le flux dans chaque transformateur oscille alors très peu au-dessus et beaucoup au-dessous de la valeur du flux donné par les ampères-tours continus supposés seuls existants. A noter que par suite du sens relatif défini plus haut des enroulements E_1 par rapport aux enroulements E , lorsque les ampères-tours alternatifs s'ajoutent aux ampères-tours continus dans un transformateur, ils s'en retranchent dans l'autre au même moment et inversement.

Cherchons à déterminer les flux embrassés par les enroulements E_2 des transformateurs T_1 , T_2 et prenons chaque fois comme sens positif celui des flux continus qui traverse ces enroulements dans chaque transformateur. On vérifie alors sans peine que si la courbe de la

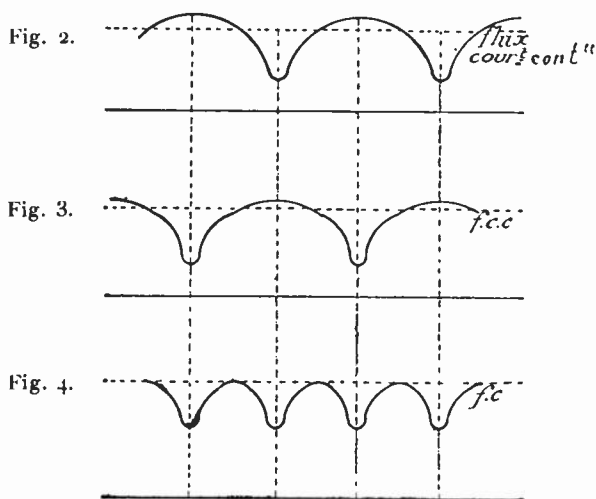


figure 2 représente la variation de flux dans l'enroulement E_2 du transformateur T_1 , c'est la courbe de la figure 3 qui représente la variation de flux dans l'enroulement E_2 du transformateur T_2 . La valeur du flux total embrassé par les deux enroulements E_2 est finalement représentée par la somme des courbes des figures 2 et 3, telle que représentée par la courbe de la figure 4. On remarque aussitôt que la fréquence de variation de ce flux total est $2f$ et par conséquent la tension

résultante induite dans les enroulements E_2 est bien de fréquence $2f$.

En se reportant à la figure 5, on se rend compte immédiatement de l'intensité de l'harmonique 2.

La courbe i représente la courbe de l'induction B en fonction des

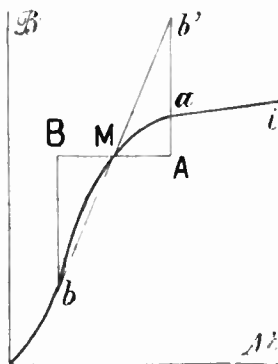


Fig. 5.

ampères-tours par cm. Si on travaille autour du point M déterminé par les ampères-tours à courant continu, on trouve que, pour des variations d'ampères-tours équivalentes de part et d'autre du point M telles que $MA = MB$, l'induction varie entre les points a et b et que la variation d'induction ou induction alternative maximum qui intervient pour l'harmonique 2 est égale à $\frac{Bb - Aa}{2} = \frac{ab'}{2}$.

Tel est le procédé de doublage habituel.

Nous avons cherché plus récemment à faire coïncider et à pouvoir

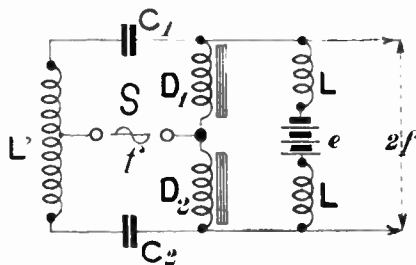


Fig. 6.

confondre les enroulements E_1 , E_2 des deux transformateurs de la figure 1, de façon à convertir ces transformateurs en deux simples bobines de self. Il devait en résulter une économie de cuivre et indirectement une économie dans le volume même du circuit magnétique,

se traduisant par un meilleur rendement et par une plus grande simplicité dans la construction.

Nous y sommes arrivés de façons variées.

Un premier mode d'exécution est le suivant :

On dispose (voir figure 6) deux bobines de self D_1 et D_2 à circuit ferro-magnétique. Ces deux bobines D_1 et D_2 sont alimentées, d'une part, en série et dans un même sens par la batterie e à travers les bobines de self de protection L . Ces deux bobines D_1 et D_2 sont alimentées, d'autre part, en dérivation et dans un sens opposé l'un à

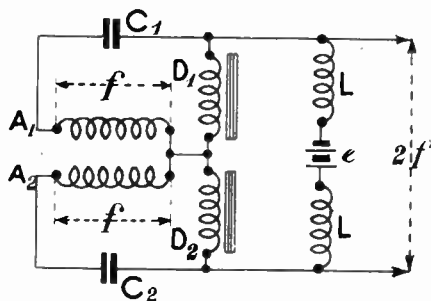


Fig. 7.

l'autre par la source S , de fréquence f avec interposition des deux moitiés de la self L' qui se trouvent montées magnétiquement en opposition pour les débits dans les deux selfs D_1 et D_2 . On dispose, en outre, des condensateurs semblables C_1 et C_2 . Le courant continu ne peut pas passer à travers les capacités C_1 et C_2 , et pas davantage le courant de

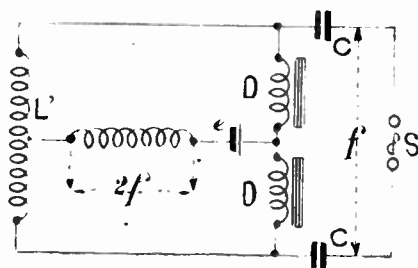


Fig. 8.

fréquence $2f$ à travers la bobine L' qui peut être de grande impédance. La bobine L' pourrait d'ailleurs être shuntée par une capacité C' accordée à la résonance pour faire « bouchon » pour la fréquence $2f$.

On peut supprimer la bobine L lorsque le circuit de la source de

fréquence f est décomposable en deux circuits distincts A_1 et A_2 . On obtient alors la disposition de la figure 7.

En réalité, on peut intervertir les situations respectives de la source à courant continu e et de la source de courant de fréquence primaire S et aboutir au deuxième mode d'exécution représenté sur la figure 8.

De toutes façons, on obtient bien le doublage avec deux bobines de self seulement à circuit ferro-magnétique, au lieu de deux transformateurs.

Nous avons dit plus haut que le schéma du doublage correspondait à celui d'un amplificateur magnétique. Malgré toutes les propo-

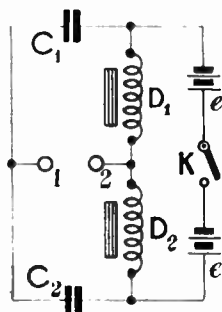


Fig. 9.

sitions faites par Osnos, Alexanderson et nous-même, il en est, en effet, finalement, à notre sens, la forme la plus rationnelle et nous l'avons réalisé également sous la forme de deux bobines de self à circuit ferro-magnétique comme le doublage.

Les figures 9 et 10 représentent, à cet égard, la transposition des schémas des figures 6 et 8, au cas des amplificateurs magnétiques.

Les bornes de l'amplificateur magnétique, au point de vue du circuit à haute fréquence, sont figurées par 1 et 2. Si on amène un courant haute fréquence entre ces bornes 1 et 2, l'appareil représente dans son ensemble une certaine réactance qui est fonction de l'état de saturation des bobines à circuit ferro-magnétique D_1 et D_2 , mais cet état de saturation peut justement être réglé en faisant débiter dans les bobines D_1 et D_2 un courant continu approprié par la batterie e . La réactance sera, comme on peut s'en rendre compte, de valeur égale pour les deux demi-ondes du courant à haute fréquence, puisqu'il y a deux bobines de réactance à circuit ferro-magnétique qui travaillent alternativement dans des conditions semblables.

Sur les figures 9 et 10, on a représenté simplement une clé de manipulation K . La fermeture de cette clé K , en introduisant le courant

continu qui produit la saturation des bobines B_1 et B_2 , a pour résultat de réduire considérablement la réactance de ces bobines, de court-circuiter en quelque sorte les bornes 1 et 2 entre elles. La puissance mise en jeu par la fermeture et l'ouverture de l'interrupteur sur courant continu, étant donné le faible volume des bobines, est incomparablement plus faible que la puissance à haute fréquence qui se trouve commandée par cette manœuvre dans le circuit aboutissant aux bornes 1 et 2. C'est là le principe même de l'amplificateur magnétique.

Les procédés de manipulation par amplificateurs magnétiques se

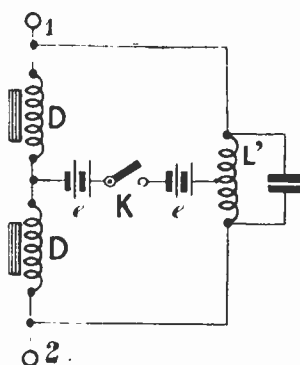


Fig. 10.

répandent de plus en plus dans les grands postes alternateurs, et ils deviendront bientôt d'un usage général.

Au lieu d'un interrupteur pour la manipulation, on peut imaginer que l'on dispose le secondaire d'un transformateur pour la modulation à basse fréquence ou à fréquence musicale, en vue d'effectuer la modulation en téléphonie sans fil. Nous croyons que les dispositifs représentés par les figures 9 et 10 pourront alors être avantageusement introduits dans les postes à valves et être substitués aux procédés de modulation par des valves déjà connus, et que nous avons antérieurement préconisés. Nous espérons pouvoir le démontrer prochainement.

Tripleurs de fréquence.

En réalité, on peut réaliser des multiplicateurs sans avoir recours à la saturation par courant continu auxiliaire et en utilisant des bobines de réactance comme nous l'avons décrit précédemment pour le doublage. On sait, en effet, que la saturation directe par courant alternatif introduit les harmoniques impairs de la fréquence fondamentale. L'apparition des harmoniques 3 et 5 est déjà malheureuse-

ment courante dans les transformateurs industriels que, pour des raisons d'économie, on a pris l'habitude de réaliser avec des circuits magnétiques trop saturés.

Pour mettre les harmoniques impairs en évidence dans de bonnes conditions de stabilité et de rendement, nous avons eu recours à des montages particuliers. Nous avons utilisé différents schémas.

Suivant la figure 11, l'alternateur 1 de fréquence f débite à travers sa capacité de compoundage 2 sur l'ensemble comprenant : le multiplicateur 3 constitué par une simple bobine de self-induction à noyau magnétique, la capacité 4 équilibrant sensiblement la réactance du multiplicateur pour la fréquence f , le bouchon 5 fermant le passage au courant de la fréquence multiple de f recherchée, la capacité réglable 6.

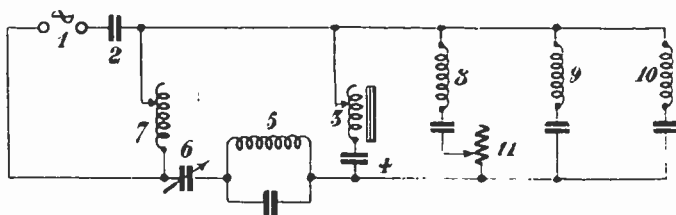


Fig. 11.

En dérivation sur le multiplicateur 3 et sa capacité de compoundage 4, sont disposés des shunts résonants 8, 9, 10 pour les fréquences multiples développées dans le multiplicateur. Le circuit de la fréquence multiple sur laquelle on entend prélever l'énergie, comprend une résistance d'utilisation telle que 11 représentée sur la figure sur la première fréquence harmonique ou harmonique 3, et la self inductance auxiliaire peut au besoin y être supprimée. Les shunts résonants des autres fréquences successives peuvent être de véritables court-circuits pour les courants de ces fréquences harmoniques.

En vue d'accélérer la mise en marche du système, c'est-à-dire pour obtenir rapidement le régime à courant fort du système à ferro-résonance représenté par l'ensemble qui vient d'être décrit ⁽¹⁾, on prévoit de réduire, pour le démarrage, le nombre de spires du multiplicateur 3 et de le porter progressivement à sa valeur de régime. En réalité, la stabilité du régime à courant fort demande que la capacité 8 soit inférieure à celle qui donnerait véritablement la résonance. Dans ces con-

(1) Pour les deux régimes possibles à courant faible et à courant fort en ferro-résonance, voir Béthenod, *La Lumière électrique*, 30 novembre 1907; Boucherot, *R. G. E.*, 11 décembre 1920.

ue le nickel qui présentent une courbe de magnétisme correspondant la courbe de magnétisme du fer tracée à une échelle réduite suivant axe des inductions. Ces substances, dans lesquelles le phénomène de saturation apparaît pour des inductions plus faibles que dans le fer, offrent, en effet, la possibilité d'exploiter ce phénomène de la saturation en ayant recours à des variations d'induction beaucoup moindres qu'avec le fer. Ces variations d'induction deviennent alors plus compatibles, au point de vue des pertes, avec la haute fréquence considérée. Nous avons fait depuis des recherches pour déterminer, dans la série des aciers au nickel, une substance de cette sorte ayant en même temps un faible coefficient hystérétique et une grande résistivité,

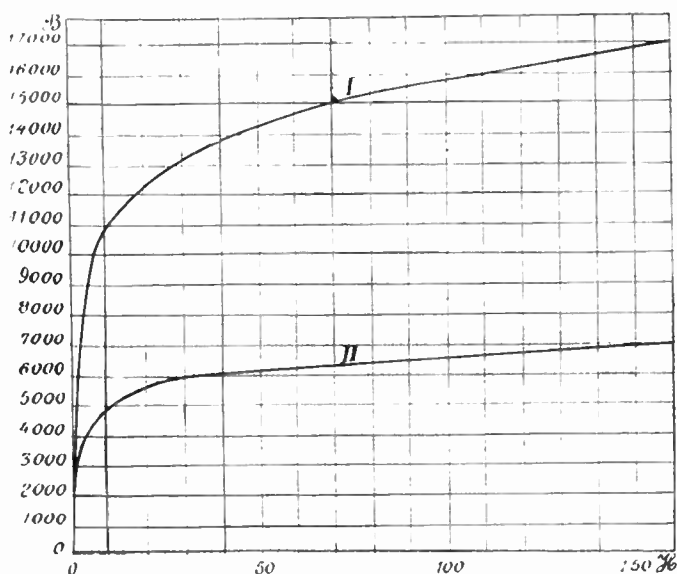


Fig. 13.

tant bien entendu que la substance visée devait être assez malléable pour pouvoir être mise sous la forme de tôles de 0,05 à 0,06 mm d'épaisseur.

Nous avons, avec le concours des aciéries d'Imphy, abouti finalement à un alliage très intéressant que nous désignerons sous le nom d'alliage γ .

Les tôles de 0,05 à 0,06 mm de cet alliage ont été comparées aux meilleures tôles de même épaisseur qui pourraient être produites aujourd'hui pour multiplicateurs en fer au silicium. Les mesures ont été faites au Laboratoire central sous la direction de M. Jouaust :

ditions, l'ensemble qui vient d'être décrit absorbera du courant déphasé en avant. Pour compenser cet effet, on dispose en dér sur cet ensemble la self inductance variable 7 qui absorbe du c réactif déphasé en arrière. Il arrive ainsi que le courant déb l'alternateur est inférieur au courant qui traverse le multipli On peut, dans tous les cas, régler la capacité 2, et la valeur d capacité peut différer de celle qui correspond au compoundage de l'alternateur pour la fréquence f .

La figure 12 représente un autre montage. L'alternateur cette fois, sur le multiplicateur 3 et le bouchon 5 sans intercala capacité d'aucune sorte, de façon à éviter toute indéterminat

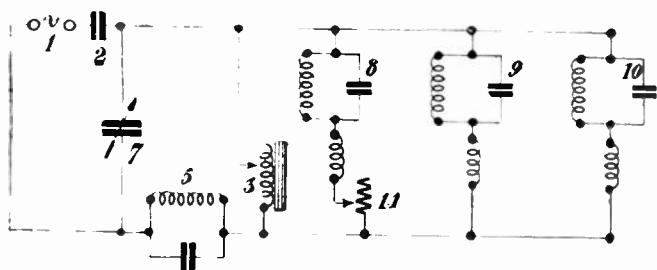


Fig. 12.

régime. En dérivation sur le multiplicateur, sont montés une s bouchons pour la fréquence principale accordée avec des bob self-induction en série pour les fréquences harmoniques multi circuit de la fréquence multiple utilisée comporte la résistance self inductance auxiliaire peut au besoin y être supprimée.

L'ensemble prenant, dans ces conditions, du courant 1 déphasé en arrière, on dispose une capacité réglable 7 pour comp ce courant par un courant réactif déphasé en avant.

On peut supprimer la capacité de compoundage 2 et prév compoundage de l'alternateur par un ajustement approprié de la cité 7.

Tôles spéciales pour multiplicateurs et amplificateur magnétiques.

Les multiplicateurs de fréquence et amplificateurs magnét doivent être construits avec des tôles permettant d'obtenir les faibles pertes possibles.

Nous avons d'abord attiré l'attention en 1915 sur l'utilisation, la construction des multiplicateurs, de substances magnétiques 1

l'alliage a été considéré à la température de 100°C et les résultats de la comparaison sont les suivants :

Courbe de magnétisme. — La figure 13 représente à la fois la courbe de magnétisme de l'échantillon de tôles au silicium (courbe I) et la courbe de magnétisme des tôles de l'alliage γ (courbe II). On remarque immédiatement que la courbe des tôles de l'alliage est sensiblement celle de l'échantillon des tôles de fer au silicium ramenée à l'échelle réduite de 0,4 suivant l'axe des inductions. L'échantillon des tôles au silicium considéré présente cependant la particularité d'être relativement peu perméable aux fortes inductions.

Hystérésis. — Nous avons déjà signalé (voir *Radio Review*, août 1921), que le laminage sous les faibles épaisseurs de 0,05 à 0,06 mm augmente notablement l'hystérésis des tôles. Le coefficient d'hystérésis de l'échantillon de tôles de fer au silicium de 0,05 à 0,06 mm dont la courbe de magnétisme est représentée sur la figure 13, n'est néanmoins que de 0,0014 pour l'induction de 2.600 gauss et de 0,0026 pour l'induction de 17.000 gauss; ces nombres, vu la faible épaisseur des tôles, doivent être considérés comme très faibles. Il arrive cependant que le coefficient d'hystérésis des tôles de 0,05 à 0,06 mm de l'alliage γ est plutôt plus avantageux, puisqu'il est de 0,0014 pour l'induction de 7.000 gauss correspondant à la saturation de l'alliage.

Résistivité. — On connaît les difficultés qu'il y a à laminier sous faible épaisseur des tôles ayant une forte teneur en silicium. La résistivité des tôles de fer au silicium pour l'échantillon considéré est cependant de 45 microhms-centimètre (soit de 50 pour 100 supérieure à celle des meilleures tôles actuellement sur le marché). Or, la résistivité des tôles de l'alliage γ est encore plus élevée : 85 microhms-centimètre.

Aussi, la supériorité des tôles de l'alliage sur les meilleures tôles de fer au silicium pour multiplicateurs est considérable. Ces tôles d'alliage γ permettent d'obtenir un bien meilleur rendement aux fréquences très élevées; comme conséquence, elles permettent d'éviter les complications introduites dans la construction des multiplicateurs, en vue de l'évacuation d'une quantité de chaleur excessive.

Les pertes par centimètre cube peuvent se calculer d'après les formules que nous avons déjà établies (voir *R. G. E.*, 13 avril 1918). Ce n'est, en réalité, que vers 100.000 p : s que les pertes par courants de Foucault atteignent la valeur des pertes par hystérésis, et ceci pour une induction correspondant à la saturation.

L'obtention des tôles dont nous venons de donner les caractéris-

tiques augmente considérablement le domaine d'utilisation des multiplicateurs de fréquence et des amplificateurs magnétiques.

On peut dire qu'il n'y a plus de limite à l'utilisation des substances ferro-magnétiques pour la génération, la manipulation et la modulation des courants à haute fréquence. Quoi qu'il en soit des succès annoncés dans le domaine des tubes à trois électrodes de grande puissance, il est bien vrai aujourd'hui que ces succès, quoique toujours à souhaiter, ne seraient pas indispensables pour le développement des grands postes d'émission de télégraphie sans fil, quelles que soient les fréquences et les longueurs d'onde adoptées.

Marius LATOUR.

PROCÉDÉS DE RÉCEPTION PAR CHANGEMENT DE FRÉQUENCE (interférence, modulation)

Par A. CLAVIER

A. — *Réception des ondes entretenues par interférence avec une oscillation locale.* — Lorsque l'on reçoit des ondes amorties ou de la téléphonie sans fil, le courant moyen détecté par un système récepteur à lampes ordinaire varie à une fréquence comprise dans la gamme des fréquences audibles, et la membrane du téléphone se déplace de façon à donner le son de hauteur caractéristique de l'émission amortie, ou de façon à reproduire l'émission téléphonique.

A la réception des signaux par ondes entretenues, le courant moyen détecté varie d'intensité à la fin et au début de chaque signal, mais reste constant pendant toute la durée de celui-ci. Le téléphone ne rend aucun son.

On a d'abord reçu les ondes entretenues des postes à arc en coupant périodiquement le courant à la réception à l'aide d'un vibreur connu sous le nom de tikker. Mais on enlevait ainsi beaucoup de sensibilité au récepteur, du fait que l'énergie reçue par l'antenne durant les coupures était mal utilisée.

La lampe a permis de nouveaux moyens de réception de beaucoup supérieurs. Le premier est la réception par interférence. A côté du

circuit oscillant de réception, on dispose un petit hétérodyne réglé sur une longueur d'onde voisine de celle qu'on veut recevoir.

Ainsi, on superpose dans le circuit oscillant de réception deux oscillations de fréquences un peu différentes. L'oscillation résultante peut être considérée comme gardant la même fréquence fondamentale que l'oscillation incidente, mais une amplitude périodiquement variable à une fréquence égale à la différence des fréquences incidente et locale (fig. 1).

Le phénomène d'interférence ainsi obtenu est identique à celui qu'on obtient en acoustique, en faisant vibrer côte à côte deux diapasons de fréquences voisines (phénomène des battements).

Si la différence de fréquence entre les ondes incidente et locale est comprise dans la gamme des fréquences audibles, les signaux émis en ondes entretenues deviennent audibles après détection. La hauteur du son entendu ne dépend que du réglage de l'hétérodyne à la réception, et, en aucune façon, de l'émetteur. On règle donc l'émission locale de

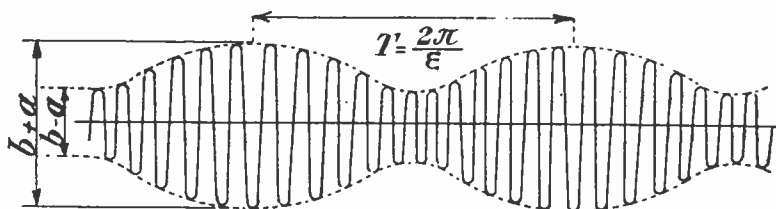


Fig. 1. — Interférences de deux ondes de fréquence voisine.
 ϵ est la différence des pulsations des deux ondes.

telle sorte qu'on obtienne la hauteur de son pour laquelle le récepteur téléphonique est le plus sensible, et il est aussi avantageux, en retour, de pouvoir régler ce récepteur par un dispositif faisant varier la distance de la membrane vibrante aux pôles de l'électro-aimant.

Mais on se heurte à de grosses difficultés pour la réception des ondes courtes par hétérodyne. Pour obtenir que l'effet dû à l'interférence soit audible, il faut que la fréquence des battements soit inférieure à 3000, limite pratique d'audibilité. Pour recevoir une onde de 100 mètres, il faut donc que l'écart avec l'onde locale soit inférieur à 10 centimètres. Ce réglage est difficile à obtenir. Si l'onde incidente ou l'onde locale change tant soit peu de fréquence, on n'entend plus rien. Pour éviter des réglages aussi délicats, il vaut mieux recevoir en faisant osciller le récepteur lui-même, en serrant un peu la réaction, comme chacun sait, et dérégulant légèrement le récepteur de façon à ce qu'il n'oscille pas tout à fait sur la même

fréquence que la fréquence incidente. Tous les montages ordinairement indiqués pour l'emploi de la réaction peuvent servir avec avantage (fig. 2). Sur ondes courtes, on peut recommander l'emploi de la lampe en schéma genre hétérodyne, avec alimentation en dérivation. Le désavantage dû à ce que le circuit de réception n'est pas tout à fait accordé n'est pas très grave sur les ondes courtes. La

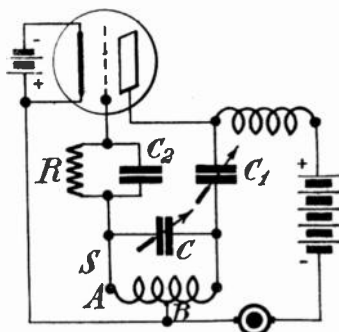


Fig. 2. — Montage genre hétérodyne avec alimentation en dérivation.

réception se fait aisément, et avec une grande sélection, car toute émission différant de plus de 5 centimètres de l'onde reçue peut être éliminée.

La réception par interférence a d'autre part le très gros avantage de donner une amplification considérable due à la mise en œuvre de l'énergie dépensée localement.

B. — *Réception de la téléphonie par méthode « homodyne »*. — C'est pour profiter de cette amplification qu'on reçoit parfois les émissions téléphoniques sur un récepteur qui oscille juste à la fréquence porteuse des ondes reçues. Mais ce procédé, acceptable pour des ondes un peu longues, est mauvais pour les ondes courtes ; le moindre dérèglement fait naître des hurlements ; il y a toujours à craindre une grave déformation à la réception.

C. — *Réception par double hétérodyne*. — Mais une méthode très ingénieuse, dont l'idée d'origine est due à M. Lévy, consiste dans l'emploi d'une méthode d'interférence dans laquelle la différence de fréquences, entre l'onde incidente et l'onde locale, au lieu d'être dans la gamme des fréquences audibles, est à une fréquence beaucoup plus basse que l'onde incidente, mais néanmoins hors de la gamme audible.

Supposons que l'on veuille, par exemple, recevoir une onde d'environ 200 mètres de longueur. On fera des battements à 100 000 périodes par seconde. On détectera et on obtiendra un courant transformé de

fréquence 100 000 qu'on pourra amplifier utilement avec les amplificateurs usuels, en particulier les amplificateurs à résistance à étages multiples. Après une nouvelle détection, on pourra amplifier à basse fréquence. Les signaux seront perçus très forts au téléphone.

On profite ainsi d'une amplification intermédiaire encore à haute fréquence (100 000), mais à fréquence cependant beaucoup plus basse que celle de l'onde reçue (de l'ordre de 1 000 000). Les amplificateurs à résistances restent très sensibles sur la fréquence 100 000, les capacités parasites étant alors peu nuisibles.

La figure 3 représente un récepteur superhétérodyne. La première lampe, détectrice, comporte un circuit oscillant analogue à celui déjà

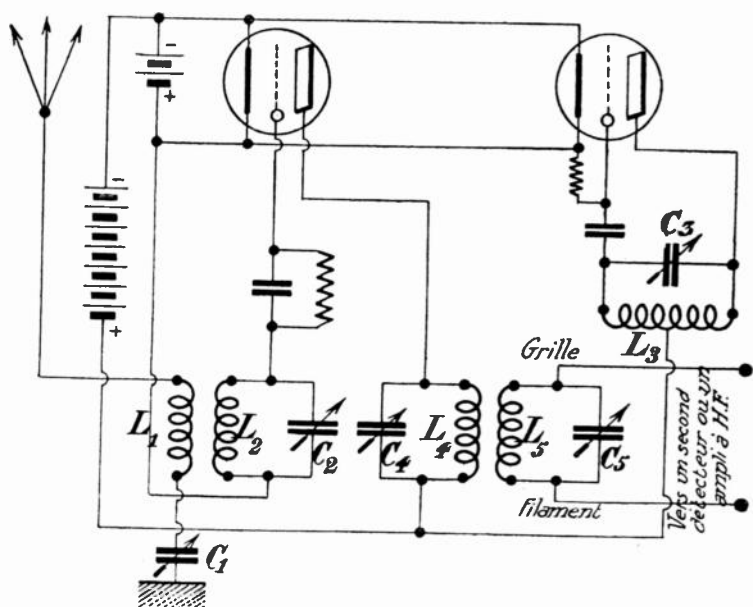


Fig. 3. — Réception par superhétérodyne.

décrit, sur lequel viennent aussi agir les oscillations à haute fréquence d'un oscillateur. Pour recevoir 200 mètres, cet oscillateur oscillera à 214 mètres, par exemple (circuit $L_3 C_3$).

Un circuit oscillant 4 est réglé à la fréquence 100 000 et agit par induction sur le circuit oscillant 5 de la première lampe d'un amplificateur à haute fréquence, résistance, ou transformateur, de fabrication usuelle, et réglé une fois pour toutes comme s'il s'agissait de recevoir la fréquence 100 000 (3 000 mètres).

Pour recevoir des ondes entretenues avec un tel système, il faut

un deuxième hétérodyne réglé près de 3000 mètres, de façon à donner des battements audibles. C'est de là qu'est dérivé le nom de double hétérodyne.

D. — *Réception autodyne-hétérodyne.* — Pour recevoir les ondes entretenues, on pourra utilement se servir de la méthode suivante :

Un circuit oscillant récepteur est accordé sur la fréquence incidente. L'accouplement plaque-grille est réglé de telle sorte que la lampe soit très proche d'osciller, mais n'oscille pas spontanément. Sur le même circuit oscillant vient agir l'émission d'un hétérodyne voisin dont la longueur d'onde est voisine de celle à recevoir.

On constate que sous l'action des signaux incidents, la lampe autodyne se met à osciller fortement et aussitôt des battements se produisent avec l'émission hétérodyne locale. Ces signaux, si l'on

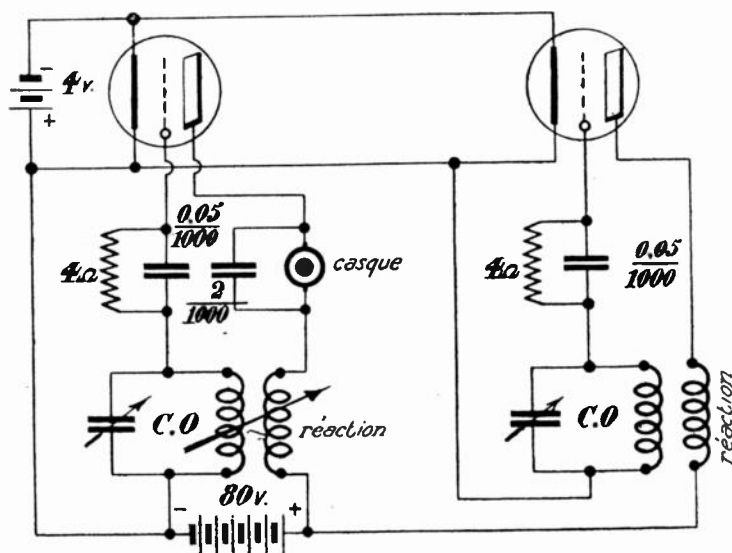


Fig. 4. — Montage autodyne-hétérodyne.

soigne le réglage, sont perçus très intenses et sans déformation. La réception peut se faire, soit sur la lampe réceptrice, soit sur la lampe hétérodyne (fig. 4).

E. — *Réception des ondes entretenues par modulation* (M. Jouaust). — Au lieu d'établir entre la plaque et le filament une différence de potentiel constante à l'aide d'une batterie de piles ou d'accumulateurs, on peut utiliser une différence de potentiel alternative haute fréquence obtenue en réunissant le filament d'une part, la plaque d'autre part,

aux deux armatures du condensateur d'un hétérodyne. La fréquence de ce dernier est réglée à une valeur très voisine de celle des oscillations à recevoir.

Les courants électroniques ne pouvant passer que lorsque la plaque est positive par rapport au filament, le courant ne circule dans le circuit de plaque que lors des alternances positives de la tension de plaque.

C'est un courant redressé, périodique haute fréquence, d'intensité moyenne constante. Le téléphone reste silencieux.

Mais si le circuit récepteur reçoit une onde incidente, le courant plaque va passer avec plus d'intensité quand la grille sera positive, moins d'intensité quand la grille sera négative.

Comme les deux oscillations des potentiels grille et plaque se font

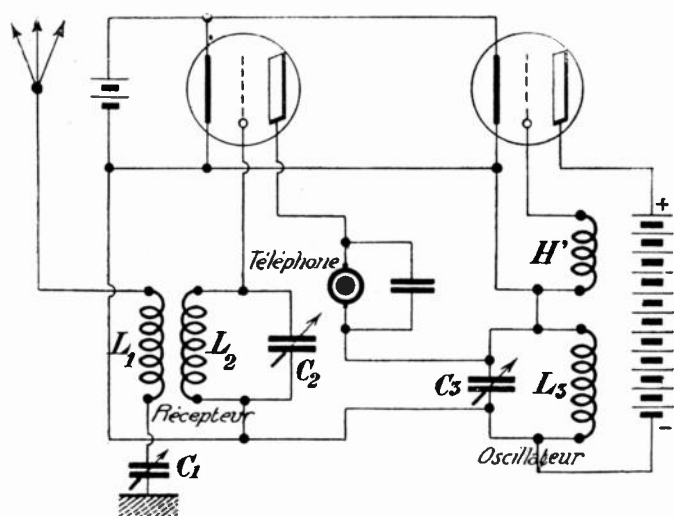


Fig. 5. — Réception par modulation.

à des fréquences voisines, les coïncidences favorables vont se produire périodiquement à basse fréquence. Le courant dans le circuit de plaque va devenir un courant d'amplitude variable à basse fréquence. Le téléphone va rendre un son dont la hauteur sera égale à la différence des fréquences incidente et locale.

On obtient ainsi un redressement total et par suite une excellente détection (fig. 5) ⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Jouaust, *Onde Électrique*, n° 1; Gutton, Cours de l'École supérieure d'électricité.

EXPOSÉ CRITIQUE DES THÉORIES DE LA PROPAGATION

Par L. BOUTHILLON

Ingénieur en chef des Télégraphes

(Suite)

2° *L'influence de la courbure de la terre.*

L'étude de l'influence sur la propagation des ondes de la courbure de la terre a tenté les plus illustres mathématiciens du vingtième siècle. C'était le type du beau problème de physique mathématique. Il s'imposait naturellement à l'esprit des savants, principalement des écoles anglaise et française qui, développant la théorie de Fresnel, ont, sous l'influence de maîtres éminents, comme Lord Rayleigh et Henri Poincaré, mené à une si grande perfection les études sur la propagation des ondes. La question était d'ailleurs si délicate que les plus illustres hésitèrent, chacun remettant sur le chantier, sans se lasser, ses propres travaux et ceux des autres. Toutefois, après des corrections successives, des conclusions d'ensemble s'imposèrent; la forme du facteur de correction à appliquer à la formule de Hertz, trouvée par Henri Poincaré, fut confirmée par les mathématiciens anglais, qui reprirent le problème et aboutirent à des résultats complets et concordants.

La méthode employée par tous les auteurs, sauf March et von Rybczinski, consiste à écrire d'abord les expressions du champ électromagnétique sous forme de séries dont le terme d'ordre n est le coefficient de Legendre d'ordre n , et dont le coefficient correspondant est une combinaison des fonctions de Bessel d'ordre $n + \frac{1}{2}$.

Poincaré et Nicholson remplacent ensuite la série par une intégrale dont ils obtiennent la valeur par le calcul des résidus. Leur analyse, valable au fond, paraît manquer de rigueur en quelques points de détail, et ne s'applique plus aux antipodes du transmetteur.

Macdonald remplace les termes de la série par des expressions approximatives, et substitue ensuite à la série modifiée une intégrale. Au point de vue purement mathématique, la méthode semble prêter à des objections, la somme de la série étant beaucoup plus petite que les différences entre les termes les plus importants de la série originale et de la série modifiée. Cependant, la somme des diffé-

rences est du même ordre que la somme de la série, et, comme dans la plupart des problèmes physiques, la fin justifie les moyens.

G.-N.J Watson transforme, à l'aide du calcul des résidus, la série originale en une série rapidement convergente, bien adaptée au calcul numérique. La méthode de calcul est plus rapide que celle des auteurs précédents.

Love a traité le problème d'une manière purement arithmétique, pour un cas particulier.

March et Rybczinski ont suivi une marche complètement différente de celle des autres auteurs. Ils partent d'une intégrale au lieu d'une série, mais Love a montré que leur analyse pêche dès le le point de départ, l'expression qu'ils prennent pour la force électrique étant incorrecte.

Les résultats de tous ces travaux sont les suivants : les deux formules données par Macdonald et Watson donnent le même résultat dans le domaine de validité qui leur est commun, celui des petites valeurs de θ . La formule de Nicholson peut facilement être ramenée aux précédentes, en corrigeant une erreur de calcul évidente. Love, qui a fait le calcul pour un cas particulier, retrouve des résultats concordants.

Le problème de la propagation des ondes électromagnétiques le long de la surface de la terre peut donc être considéré comme résolu.

Les derniers résultats sont ceux de Watson : nous allons les résumer ci-dessous :

1° Aux points pour lesquels θ n'est voisin ni de zéro ni de π , on a sensiblement :

$$M = 211 \cdot (2\pi)^{\frac{10}{6}} \frac{a^{-\frac{5}{6}} \lambda^{-\frac{7}{6}}}{\sqrt{\sin \theta}} \frac{1}{0.8033} e^{-0.700 \left(2\pi \frac{a}{\lambda}\right)^{\frac{1}{3}} \theta}$$

Cette formule est susceptible de l'interprétation suivante :

Le premier facteur $\frac{A}{\sqrt{\sin \theta}}$ montre que les ondes suivent exactement la surface de la terre, l'énergie par unité de surface d'onde, proportionnelle au carré de l'amplitude, variant comme l'inverse de la distance à l'oscillateur, laquelle est proportionnelle à $\sin \theta$ ou, autrement dit, l'énergie étant constante sur toutes les circonférences tracées à la surface de la terre et qui ont leurs centres sur l'axe de l'oscillateur. Il y a, en outre, une décroissance d'amplitude, pendant la propagation, suivant une formule exponentielle, d'exposant $-\pi \theta$.

2° Au voisinage des antipodes, on a :

$$M = k J_1(\pi - \theta)$$

Il se produit donc autour des antipodes des anneaux d'interférences :

Dans le but de rechercher dans quelle mesure les résultats trouvés ci-dessous permettent de rendre compte des phénomènes observés, il est intéressant de comparer la formule déduite de l'étude de G. V. Watson à la formule expérimentale d'Austin. Le tableau 3 donne les résultats des calculs pour :

$\lambda = 4\ 000$	$8\ 000$	$12\ 000$	$16\ 000$	mètres
$r = 1\ 000$	$2\ 000$	$3\ 000$	$4\ 000$	$5\ 000$ $6\ 000$ km.

La théorie de la diffraction conclut, quelle que soit la longueur d'onde, à une diminution de l'intensité du champ magnétique beaucoup plus rapide que ne l'indique la formule d'Austin. Elle ne suffit donc pas, à elle seule, à rendre compte des résultats obtenus, dans la pratique des radiocommunications.

3° Le rôle de l'atmosphère dans la propagation.

Ni la forme, ni la constitution du globe terrestre, ne permettent d'expliquer complètement les lois expérimentales de la propagation. L'atmosphère est le facteur le plus important dont l'influence puisse être ensuite envisagée.

Même si l'on supposait l'air parfaitement diélectrique, la variation de sa constitution physique et sa raréfaction avec l'altitude provoqueraient des changements dans la perméabilité diélectrique et, par conséquent, dans la propagation des ondes, et les rayons électromagnétiques issus des antennes ne seraient pas des lignes droites. Mais l'atmosphère n'est pas le diélectrique parfait auquel on l'assimile en électrostatique, il est parsemé de corpuscules électrisés ; il est ionisé ; et l'on conçoit qu'un tel milieu réagisse sur les ondes électromagnétiques tout autrement qu'un diélectrique ; d'autre part, il est le siège de phénomènes particuliers, il contient des nuages, sur lesquels les rayons peuvent se réfléchir et se réfracter.

A. Les phénomènes météorologiques. — La complexité des phénomènes météorologiques a, jusqu'ici, empêché de les aborder par le calcul. Je ne connais à ce sujet qu'une étude de J. A. Fleming qui, cherchant l'influence de la vapeur d'eau de l'atmosphère sur la courbure des rayons, trouve qu'elle doit avoir pour effet de redresser ceux-ci vers le haut, et, par conséquent, serait défavorable à la propagation.

TABLEAU N° 3.

*Champ électromagnétique à grande distance de l'oscillateur
(d'après Austin et Watson).*

		λ (mètres)							
		4 000		8 000		12 000		16 000	
		Austin	Watson	Austin	Watson	Austin	Watson	Austin	Watson
Distance r (kilomètres)	1 000	$7,43 \cdot 10^{-14}$	$1,08 \cdot 10^{-14}$	$4,62 \cdot 10^{-14}$	$9,13 \cdot 10^{-15}$	$3,40 \cdot 10^{-14}$	$7,61 \cdot 10^{-15}$	$2,70 \cdot 10^{-14}$	$5,98 \cdot 10^{-15}$
	2 000	$1,75 \cdot 10^{-14}$	$6,27 \cdot 10^{-16}$	$1,36 \cdot 10^{-14}$	$9,90 \cdot 10^{-16}$	$1,12 \cdot 10^{-14}$	$1,04 \cdot 10^{-15}$	$9,27 \cdot 10^{-15}$	$9,56 \cdot 10^{-16}$
	3 000	$5,54 \cdot 10^{-14}$	$4,12 \cdot 10^{-17}$	$5,36 \cdot 10^{-15}$	$1,25 \cdot 10^{-16}$	$4,76 \cdot 10^{-15}$	$1,67 \cdot 10^{-16}$	$4,26 \cdot 10^{-15}$	$1,78 \cdot 10^{-16}$
	4 000	$1,96 \cdot 10^{-15}$	$2,93 \cdot 10^{-18}$	$2,37 \cdot 10^{-15}$	$1,69 \cdot 10^{-17}$	$2,32 \cdot 10^{-15}$	$2,87 \cdot 10^{-17}$	$2,19 \cdot 10^{-15}$	$3,54 \cdot 10^{-17}$
	5 000	$7,42 \cdot 10^{-16}$	$2,19 \cdot 10^{-19}$	$1,11 \cdot 10^{-15}$	$2,34 \cdot 10^{-18}$	$1,20 \cdot 10^{-15}$	$5,03 \cdot 10^{-18}$	$1,21 \cdot 10^{-15}$	$7,20 \cdot 10^{-18}$
	6 000	$2,92 \cdot 10^{-16}$	$1,66 \cdot 10^{-20}$	$5,48 \cdot 10^{-16}$	$3,39 \cdot 10^{-19}$	$6,50 \cdot 10^{-16}$	$1,02 \cdot 10^{-18}$	$7,07 \cdot 10^{-16}$	$1,54 \cdot 10^{-18}$

B. Influence de la constitution de l'atmosphère. — L'influence de la constitution physique de l'atmosphère peut être étudiée d'une façon plus précise. L'expérience, faite avec des ballons, a montré, tout d'abord, que l'atmosphère peut être divisée en deux parties. Dans les couches inférieures, qui constituent la *troposphère* ou région des vents, des nuages de vapeur et de poussière, les courants traversent continuellement la masse gazeuse et empêchent les divers éléments de se séparer. Il en résulte qu'en première approximation, le mélange se comporte comme un gaz unique et que sa pression varie, suivant l'altitude, d'après la loi des gaz parfaits, sous l'action de la pesanteur et de la température; celle-ci, qui a été étudiée avec des ballons-sondes, en particulier par Teisserenc du Bort, décroît d'une façon continue de 6° environ par kilomètre d'altitude. L'épaisseur de la troposphère, plus grande à l'équateur qu'aux pôles, est comprise entre 10 et 20 km environ. Au-dessus de cette région agitée, se trouve la *stratosphère* où il n'y a plus de courants de convection, et où les gaz doivent se distribuer suivant la loi de Dalton et se superposer finalement par ordre de densité, les plus lourds, tels que l'oxygène et l'azote, disparaissant d'abord graduellement, et les plus légers, l'hydrogène et l'hélium, existant seuls à grande hauteur. Les expériences de Teisserenc du Bort ont, d'ailleurs, montré que le passage de la troposphère à la stratosphère est accompagné d'un changement dans la variation de la température : celle-ci semble, dans la stratosphère, rester constante aux environs de 35°, ou du moins diminuer beaucoup moins rapidement avec l'altitude que dans les couches inférieures.

Ces principes admis, il suffit d'appliquer les lois connues de la physique des gaz pour déduire de la composition de l'atmosphère à la surface du sol la distribution des gaz qui le constituent aux différents niveaux. Alors qu'à faible hauteur, l'oxygène et l'azote sont les principaux constituants, ils n'existent pratiquement plus à la hauteur de 100 km, l'atmosphère ne contenant plus alors que de l'hydrogène et de l'hélium.

L'indice de réfraction n d'un gaz, étant lié à sa densité δ par une relation de la forme

$$\frac{n-1}{A} = \delta$$

l'atmosphère se comporte, en raison de sa densité décroissante, quand l'altitude augmente, comme un milieu sphérique, d'indice croissant en sens inverse le rayon vecteur r qui joint le point considéré au centre de la terre, et, par conséquent, doit courber vers la terre des rayons électromagnétiques issus d'un point du sol, par un

processus analogue à celui du mirage. Cette incurvation sera suffisante pour ramener les rayons à la surface du sol si l'on a :

$$\frac{d(nr)}{r} < 0$$

Le calcul montre que cette condition n'est pas réalisée. Les rayons électromagnétiques, émis à la surface de la terre, ne reviendront donc pas toucher le sol : *l'effet étudié n'est pas suffisant, à lui seul, pour rendre compte de l'expérience.*

C. Influence de l'ionisation de l'atmosphère. — Au moment de la réussite des premières expériences de Marconi, en 1901, les esprits, à la recherche d'explications possibles, furent tout naturellement conduits du côté de l'atmosphère. Et, précisément, des expériences de J.-J. Thomson avaient montré, peu avant, que l'air raréfié, à la pression d'un centième de millimètre de mercure, a pour les courants alternatifs une conductibilité égale à celle d'une solution de 25 % d'acide sulfurique dans l'eau, soit 1 mho par centimètre cube, c'est-à-dire vingt fois plus grande que celle de l'eau de mer. S'il en était ainsi, on pouvait supposer conductrices les couches supérieures de l'atmosphère, et il n'est pas étonnant que l'idée ait été émise par plusieurs savants, que la propagation devait avoir lieu, non plus par ondes sphériques, mais par ondes cylindriques, entre une surface réfléchissante inférieure, formée par la surface du sol, et les couches supérieures de l'atmosphère. Le premier savant qui ait précisé l'idée est Kennelly, qui, dès 1902, fixait à 80 km environ la hauteur de la couche réfléchissante. Vers la même époque, O. Heaviside, Henri Poincaré, A. Blondel, Ch.-Ed. Guillaume, émettaient des hypothèses semblables.

L'hypothèse d'une couche conductrice réfléchissante, susceptible d'expliquer les transmissions à grande distance, était évidemment insuffisante pour rendre compte des particularités révélées par l'expérience : différence entre le régime de jour et le régime de nuit, phénomènes observés au lever et au coucher du soleil, etc. Pour en trouver l'explication, il était nécessaire d'approfondir la question des propriétés électromagnétiques de l'atmosphère.

1) L'ionisation atmosphérique. — Le présence d'ions dans l'atmosphère a été révélée expérimentalement par des observations faites à la surface de la terre ou en ballon, à quelques kilomètres au plus au-dessus du sol. Elle apparaît comme nécessaire pour l'explica-

tion d'un certain nombre de phénomènes : existence dans l'atmosphère d'une sorte d'aurore permanente, variations diurnes du magnétisme terrestre, existence et particularités des aurores boréales. L'expérience ayant montré que le nombre d'ions augmente rapidement avec l'altitude, que les ions existent même à la surface de la mer, l'ionisation de l'atmosphère ne peut venir entièrement de *substances radioactives* contenues dans le sol ou de leurs émanations : il faut trouver autre chose, et ce quelque chose est probablement *le soleil*. Le soleil, gigantesque corps incandescent, à la température de 6000 ou 7000°, émettrait des électrons négatifs, qui, dans leur passage à travers la chromosphère, entraîneraient et condenseraient autour d'eux des atomes chimiques, et formeraient ainsi des ions de différentes dimensions : ces ions seraient ensuite repoussés vers l'extérieur par la pression de radiation.

En partant des données connues relatives au soleil, J.-A. Fleming a calculé le temps nécessaire à une particule pour aller du soleil à la terre en partant du repos. Il trouve qu'il doit varier avec le diamètre des particules (25 heures par 1600 angströms, 55 h pour 5000 angströms, 112 h pour 10000 angströms). Il est possible que beaucoup de tonnes de cette poussière électrisée, ou même beaucoup de centaines de tonnes, atteignent la terre dans une année. Or, en vertu de la vitesse considérable acquise sous l'effet de la pression de radiation, chaque kilo de cette poussière solaire possède une force vive considérable (70000 chevaux-heures pour la plus petite dimension, 5500 ch-h pour la plus grande). Cette énergie se dissipe dans l'atmosphère, en partie, probablement en ionisant les hautes couches. Elle est, d'ailleurs, électrisée elle-même, surtout négativement.

Nous avons là une cause possible d'ionisation de l'atmosphère. Arrhénius a montré, d'ailleurs, que cette émission de corpuscules électrisés par le soleil rend compte d'autres phénomènes : aurores boréales, relation des orages magnétiques et des taches solaires : il a réuni un certain nombre d'exemples qui prouvent qu'il y a un intervalle de quarante-cinq heures environ entre le passage d'une tache par un méridien solaire central et l'apparition d'une perturbation magnétique terrestre. Or, cet intervalle est du même ordre que les chiffres donnés ci-dessus : il correspondrait à des ions dont le diamètre serait environ la longueur d'onde de la lumière jaune. Enfin, Carl Störmer a calculé les trajectoires de ces ions émis par le soleil et déviés par le champ magnétique terrestre : il a expliqué ainsi toutes les particularités des aurores boréales. Il a montré qu'ils doivent atteindre l'atmosphère terrestre même pendant la nuit. Nous avons ainsi, dans les ions

émis par le soleil et repoussés par la pression de radiation, une cause permanente d'ionisation de la haute atmosphère.

Le soleil émet, d'ailleurs, non seulement des corpuscules, mais des ondes électromagnétiques de toute longueur, en particulier des *rayons ultra-violets*, allant jusqu'aux longueurs d'onde de Lyman (moins de 1000 angströms). Ces rayons de courtes longueurs d'onde, entrent dans l'atmosphère s'il paraît certain qu'ils n'arrivent pas jusqu'à la terre, puisque le spectre des corps célestes s'arrête à 2950 angströms, ils doivent, néanmoins, pénétrer assez profondément (jusqu'à 10 ou 20 km de la surface du sol), et, chemin faisant, ioniser les gaz qu'ils rencontrent, à cause de leur faible longueur d'onde. Nous avons ainsi une deuxième cause d'ionisation, qui agit sur les régions de l'atmosphère exposées à la lumière du soleil.

2) Propagation entre deux couches conductrices. — Théorie de G.-N. Watson. — On obtiendra une première approximation en assimilant l'atmosphère à un milieu diélectrique compris entre deux milieux plans parfaitement conducteurs, dont l'un représentera la terre, et l'autre, la face inférieure des couches conductrices supérieures. La solution, très simple, dans ce cas, conduit à cette conclusion qu'à grande distance, l'énergie varie en raison inverse de la distance: les ondes se propagent dans un espace à deux dimensions, elles sont analogues aux ondes superficielles de la théorie et de Sommerfeld.

G.-N. Watson, en 1919, a étudié le cas, plus voisin de la réalité et plus difficile à traiter, où les milieux réfléchissants sont sphériques. Le problème se traite comme celui, que nous avons déjà envisagé, de la propagation des ondes à la surface de la terre, supposé sphérique, quand on considère l'atmosphère comme parfaitement diélectrique. Il envisage, d'abord, le cas où le sol et la couche atmosphérique supérieure sont tous deux parfaitement conducteurs, puis ceux où l'un des deux, puis tous les deux sont imparfaitement conducteurs. Le résultat est extrêmement intéressant. Le facteur d'atténuation avec la distance trouvée théoriquement est, dans le cas d'un sol imparfaitement conducteur, de même forme que celui de la formule expérimentale d'Austin, relative à la propagation de jour, et l'on retrouve même le facteur numérique de la formule d'Austin si l'on suppose, non seulement le sol, mais la couche supérieure imparfaitement conducteur, et si l'on attribue à la conductibilité de cette dernière la valeur très vraisemblable suivante, du même ordre de grandeur que celle d'un sol sec

$$c = 1,76 \cdot 10^7, \text{ C. G. S électrostatiques.}$$

La théorie de G.-N. Watson apporte donc, à l'hypothèse de couches supérieures réfléchissantes et absorbantes, une excellente confirmation.

3) **La théorie de W.-H. Eccles.** — La théorie d'Eccles est basée sur les *hypothèses* suivantes :

1° Il existe, dans l'atmosphère, à grande hauteur, une couche conductrice nettement définie, capable de réfléchir les rayons de toutes fréquences ;

2° Au-dessous, l'air est, pendant le jour seulement, ionisé d'autant moins fortement qu'on se rapproche de la surface de la terre. Cette ionisation disparaît au coucher du soleil et n'existe pas pendant la nuit. Nous avons examiné plus haut les raisons qui rendent vraisemblable une telle distribution des ions dans l'atmosphère.

Eccles commence par démontrer, en modifiant convenablement les équations de Maxell, que l'indice de réfraction d'un milieu ionisé pour les ondes électromagnétiques varie avec l'ionisation, et qu'il est d'autant moins grand que l'ionisation est plus prononcée, donc que l'on s'élève au-dessus de la surface du sol. Il en résulte que les rayons électromagnétiques émis par une antenne ne se propagent pas en ligne droite, mais que, par un phénomène analogue au mirage, ils s'incurvent vers la terre.

Le mécanisme de la propagation serait le suivant :

Régime de nuit : Pendant la nuit, le milieu atmosphérique, qui sépare le sol de la couche conductrice supérieure, se comporterait comme un diélectrique parfait et les ondes électromagnétiques se propageraient, comme nous l'avons vu plus haut, entre deux couches conductrices parallèles, la densité du flux d'énergie à travers une surface donnée parallèle à l'onde décroissant comme la distance à la source. Un rayon émis par l'oscillateur dans une direction quelconque éprouverait une série de réflexions successives alternativement à la surface de chacun des milieux conducteurs, sans absorption dans la couche interposée.

Régime de jour : Pendant le jour, la couche réfléchissante serait séparée du sol par un milieu atmosphérique d'ionisation croissante avec l'altitude, dans lequel, ainsi que nous l'avons vu, l'indice de réfraction diminue avec la hauteur. Les rayons électromagnétiques, émis obliquement par rapport à la surface de la terre, s'incurveraient dans les couches de moins en moins réfringentes à mesure qu'ils s'élèvent dans l'atmosphère, puis reviendraient frapper la surface de la terre où ils se réfléchiraient, puis recommenceraient une marche

analogue à la précédente: ils diminueraient, d'ailleurs, progressivement d'intensité, par suite d'absorption dans le milieu ionisé. Les couches moyennes formant écran par rapport à la surface conductrice supérieure interviendraient seules dans le mécanisme de la propagation.

La théorie d'Eccles rend compte d'une façon suffisante, au moins qualitativement, d'un certain nombre de phénomènes constatés par l'expérience.

1^{re} Elle explique que les *signaux reçus soient plus faibles le jour que la nuit*, car, dans ce dernier cas, les rayons émis par la source se réfléchissent sur la couche atmosphérique conductrice et se propagent sans absorption notable, tandis que, pendant le jour, les rayons sont absorbés par les couches ionisées intermédiaires en même temps qu'ils se propagent. L'absorption est surtout considérable pour les ondes courtes, ce qui explique la meilleure propagation des grandes longueurs d'ondes aux grandes distances.

2^{de} Elle explique que, pendant le jour, il existe une *longueur d'onde optima* pour la communication à une distance donnée; le rayonnement d'un oscillateur étant maximum dans le plan équatorial, la longueur d'onde la plus favorable pour le trafic entre deux stations données sera celle pour laquelle ce sont les rayons issus horizontalement de la source qui atteignent la station réceptrice après réfraction dans les couches ionisées.

3^{de} Enfin, deux stations séparées par une chaîne de montagnes communiquent difficilement le jour, et d'autant plus que la longueur d'onde est plus courte. Elles sont moins gênées la nuit. Eccles explique ces phénomènes en faisant remarquer que, le jour, les ondes courtes, qui sont les moins réfractées, doivent passer par-dessus la station réceptrice et atteindre le sol beaucoup plus loin, ou même s'échapper complètement. La nuit, les ondes, quelle que soit leur longueur, sont indistinctement réfléchies par la couche conductrice supérieure.

4) **Discussion.** — Les deux théories de W.-H. Eccles et de Watson, incomplètes toutes deux, apportent, cependant, à l'hypothèse des couches conductrices supérieures, réfléchissantes et absorbantes, une excellente confirmation.

Il est intéressant de comparer les deux théories, certains auteurs ayant représenté le travail de Watson comme une confirmation des idées d'Eccles. S'ils veulent dire par là qu'elles sont toutes deux une explication de la propagation de jour, qu'elles donnent une présomption nouvelle de l'existence de couches conductrices dans la

haute atmosphère, c'est exact; mais il est nécessaire de remarquer qu'elles y arrivent par des moyens bien différents. Ce qui semble appartenir en propre à l'écclès, c'est l'idée qu'en raison des propriétés particulières des milieux ionisés, les rayons électromagnétiques émis obliquement s'incurvent vers le bas dans les couches moyennes de l'atmosphère dont on suppose l'ionisation croissante avec l'altitude. Le point de départ de Watson est tout autre: il suppose que les couches moyennes de l'atmosphère sont parfaitement diélectriques, que le passage de cette région à la région conductrice est discontinu; enfin, que la conductibilité de cette région est du type métallique et non du type ionique comme dans la théorie d'écclès. Si le point d'arrivée est le même, on voit combien le point de départ est différent.

5) **Explication des phénomènes observés au lever et au coucher du soleil.** — Enfin, les phénomènes observés au lever et au coucher du soleil peuvent s'expliquer, dans l'ensemble, comme l'ont montré A.-E. Kennelly (1913) et H. Nagaoka (1915), par les propriétés réfléchissantes de la couche de séparation qui sépare les deux parties éclairées.

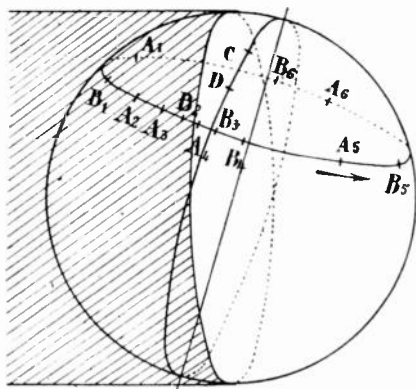


Fig. 4.

et obscure de l'atmosphère, la première pouvant être supposée ionisée, la deuxième diélectrique.

Considérons, d'abord, deux stations A et B situées sur le même parallèle et examinons ce qui se passe pendant une révolution de la terre autour de son axe.

1° Quand les deux régions sont dans l'ombre, dans une position telle que A_1, B_1 , les signaux ont l'intensité du régime normal de nuit.

2° Quand, peu avant le lever du soleil, la station B arrive près de la courbe limite de l'ombre et de la lumière, dans une position telle

que B_2 , les signaux réfléchis par la surface limite d'ionisation renforcent ceux qui se propagent sans réflexion entre les stations.

3° Quand la surface limite est entre les stations, elle agit comme un réflecteur placé entre elles, et les signaux sont affaiblis (positions A_3, B_3).

4° Quand la station A dépasse la surface limite (positions A_4, B_4), celle-ci agit comme un réflecteur placé derrière la station et renforce les signaux.

5° Quand les deux stations sont en pleine lumière (position A_5, B_5), la propagation est soumise à l'action de la lumière sur tout son parcours : c'est le régime de jour.

6° Quand, peu avant le coucher du soleil en B, la station B approche de la surface limite, celle-ci réfléchit les signaux et les renforce (positions A_6, B_6).

7° Quand le soleil est couché en B, mais pas encore en A (positions A_7, B_7), on doit s'attendre à un affaiblissement des signaux, la surface réfléchissante étant entre les deux postes.

8° Quand le soleil vient de se coucher en A, la surface limite réfléchit les signaux et les renforce.

9° Après ce renforcement, l'intensité reprend sa valeur normale de nuit.

En résumé, on doit observer, pendant une journée, la série de phénomènes suivants : régime normal de nuit, avec intensité plus forte la nuit que le jour, surtout pour les petites longueurs d'onde. Régime de jour : minima d'intensité quand il fait jour à l'une des stations, et nuit à l'autre ; maxima d'intensité avant et après les minima. La courbe de l'intensité doit avoir la forme de la figure 4. C'est également la forme générale qui résulte des nombreuses expériences faites de divers côtés.

Si les deux stations sont sur le même méridien, on ne doit attendre aucun minimum aux équinoxes, quand le lever et le coucher du soleil ont lieu à la même heure pour les deux postes.

4° Conclusions.

Après cette revue détaillée des efforts faits, dans divers sens, pour mettre les conclusions de l'expérience en harmonie avec les résultats obtenus dans d'autres domaines, il est nécessaire de rassembler les résultats acquis.

En ce qui concerne le rôle du sol, il est acquis que, pour les grandes longueurs d'ondes et la propagation sur mer, on peut le considérer comme un conducteur parfait, à toutes les distances pos-

sibles à la surface de la terre: au contraire, pour les terrains ordinaires, il est nécessaire de tenir compte de leur conductibilité et aussi de leur constante diélectrique.

En ce qui concerne l'influence de la *courbure de la terre*, il est acquis que les théories de la diffraction autour d'une terre sphérique entourée d'une atmosphère diélectrique ne suffit pas à rendre compte des phénomènes observés.

Il est donc nécessaire de faire appel à l'atmosphère pour obtenir l'explication des phénomènes. Une atmosphère diélectrique, composée comme l'indiquent les lois du mélange des gaz, serait plus favorable à la propagation qu'une atmosphère de perméabilité diélectrique constante. Elle ne donnerait toutefois pas les résultats de l'expérience. Il semble donc qu'il faille étudier l'influence de l'*ionisation atmosphérique*. Les théories de Watson et d'Eccles, l'une plus simple et compréhensive, l'autre plus précise, confirment dans cette idée: mais le fait qu'elles réussissent à expliquer le même phénomène en attribuant aux milieux atmosphériques des propriétés tout à fait différentes, nous conduit d'autre part au doute. Il faudra d'autres études, longues et nombreuses, pour constituer définitivement la théorie.

IV. — La période actuelle.

Ainsi que je l'ai dit au début, l'un des objets les plus importants des recherches expérimentales actuelles est la réalisation pratique de la direction des ondes électromagnétiques et l'utilisation, dans les postes récepteurs, des propriétés directives des cadres et des antennes.

Les théoriciens de la propagation en profitent pour écrire un nouveau chapitre de leur science, celui qui utilise les observations radiogoniométriques et tente de les expliquer.

D'où viennent les déviations radiogoniométriques, importantes et variables, pas plus toutefois que les variations d'intensités qui ont étonné les radiotélégraphistes il y a quelques années et qu'on trouve maintenant toutes naturelles? Comment expliquer les diverses particularités de ces déviations, telles qu'elles ont été exposées récemment, en particulier par M. R. Mesny? Expérimentateurs et théoriciens sont à l'œuvre, et il faut espérer que l'avenir apportera prochainement des éclaircissements intéressants.

L. BOUTILLON.

Discussion. — M. Mesny.

Le tableau que nous a fait M. Bouthillon des recherches relatives à la propagation et des théories émises à ce sujet, offre le plus grand intérêt et il serait nécessaire que chacun apportât ici sa contribution à l'examen de ces questions. Quelle que soit la part d'arbitraire qui existe dans les hypothèses relatives à la couche conductrice de la haute atmosphère, je pense que c'est bien là que se trouve la raison des grandes portées réalisées en radiotélégraphie; mais je voudrais présenter des objections au sujet de l'emploi que l'on a fait de la couche d'Heaviside pour expliquer aussi les fortes déviations constatées la nuit dans les azimuts des stations à ondes longues.

Eckersley ⁽¹⁾ a émis l'opinion qu'en un point de la terre, les appareils de réception sont influencés par trois ondes : l'« onde directe » qui s'est propagée par diffraction le long de la terre, l'onde réfléchie par la couche conductrice et que j'appellerai, avec lui, « onde incidente » parce qu'elle arrive au sol sous un certain angle, enfin, cette dernière réfléchie par la terre et que j'appellerai « onde réfléchie ». Il admet alors que la réflexion sur la couche d'Heaviside fait tourner le plan de polarisation du champ électrique, de telle façon que l'« onde incidente » arrivant au sol contient une composante horizontale du champ électrique. Ce serait cette composante qui donnerait lieu aux déviations observées.

J'estime qu'il ne peut pas en être ainsi. Soit en effet Z la composante verticale du champ électrique total (direct, incident et réfléchi) et Y_i la composante horizontale du champ électrique dans l'onde incidente, en phase avec Z . Soit encore φ l'angle d'incidence et δ la déviation fournie par le radiogoniomètre. Ces quantités sont liées par la relation ⁽²⁾

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{2 \cos \varphi Y_i}{Z}$$

Des déviations de 15° à 20° sont tout à fait normales la nuit. D'autre part, avec les hypothèses faites par l'auteur, φ est certainement voisin de 90° ; il admet que $\cos \varphi$ est de l'ordre de 0,1. Dans

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

(2) On peut considérer Y_i comme décomposée en deux parties, l'une en phase avec Z , l'autre en quadrature. La partie en quadrature peut ici être laissée de côté; elle supprimerait l'extinction qu'elle remplacerait par un minimum de son, mais elle ne donnerait lieu à aucune déviation importante.

ces conditions, Y_i devra avoir une amplitude au moins égale à celle de Z chaque fois qu'une déviation de 15° à 20° se produira.

Soit maintenant Z_d , Z_i et Z_r les champs verticaux dans les ondes directe, incidente et réfléchié, on a :

$$Z = Z_d + Z_i + Z_r.$$

La conductivité du sol varie entre 10^{-2} mhos—cm pour la mer et 10^{-6} pour une terre sablonneuse très sèche: si on exclut les cas très rares de conductivités inférieures à 10^{-5} , on a sensiblement

$$Z_r = Z_i \quad Z = Z_d + 2Z_i.$$

Pour que Y_i soit de l'ordre de Z , il faut que l'une des deux conditions suivantes soit réalisée :

1° Dans l'onde incidente, le champ électrique est devenu presque complètement horizontal et a conservé sensiblement la même amplitude qu'avant la réflexion sur la couche d'Heaviside;

2° Z_d et Z_i ont une relation de phase telle que l'amplitude de $(Z_d + 2Z_i)$ puisse être du même ordre de grandeur que celle d'une valeur modérée de Y_i .

Avec cette deuxième hypothèse, une déviation notable coïnciderait toujours avec une diminution importante de l'intensité de la réception, et c'est souvent l'inverse que l'on constate.

Pour examiner la vraisemblance de la première hypothèse, considérons le cas particulier des émissions provenant des stations américaines. On ne saurait ici parler d'une réflexion unique dans les couches élevées de l'atmosphère; mais si les choses se passent comme l'entend Eckersley, les anomalies relatives à la rotation du plan de polarisation doivent avoir une importance au moins égale à celle qui correspond à une station rapprochée. Or, comme l'a montré M. Bouthillon, aux grandes distances l'onde directe a complètement disparu; la composante Z se réduit alors à $2Z_i$. Si le plan de polarisation pouvait tourner au point que le champ électrique devienne presque horizontal, c'est que Z_i deviendrait par instant presque nul: l'intensité de la réception présenterait alors des atténuations momentanées très importantes, allant même jusqu'à l'extinction. Or, on sait qu'il n'en est pas ainsi.

Je pense donc qu'il faut chercher ailleurs l'origine des variations d'azimut; les différences que l'on constate entre les observations faites sur des ondes ayant cheminé les unes sur mer, les autres sur terre me font croire que c'est dans les couches inférieures de l'atmosphère que se trouve cette origine.

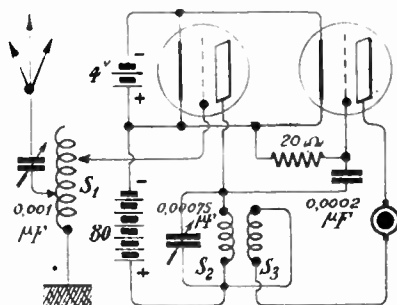
UN RÉCEPTEUR POUR ONDES COURTES

Par Léon DELOY (8 AB)

Les nombreuses demandes de renseignements que nous avons reçues au sujet du récepteur pour ondes courtes que nous avons établi en janvier dernier, nous portent à croire qu'une description détaillée de ce récepteur sera susceptible d'intéresser les lecteurs de *l'Onde Électrique*.

Cet appareil a été construit pour fonctionner sur les ondes de 170 à 700 mètres: il devait joindre à un maximum de sensibilité sur 200 mètres, la plus grande simplicité de réglage possible.

Une seule lampe haute fréquence a été employée à cause de la complication de réglage inhérente à l'emploi de plusieurs étages d'ampli-



fication de ce genre. Une lampe détectrice a été préférée à une galène car elle supprime l'aléa de la recherche du point sensible et elle permet de faire de la réaction. Par un simple jeu de fiches, le téléphone peut être remplacé par un amplificateur basse fréquence à un, deux ou trois étages alimenté par les mêmes batteries ; mais, en pratique, cet amplificateur ne sert que pour la réception en haut parleur, l'écoute au casque sans basse fréquence donnant (ici, au moins, à cause des parasites), de bien meilleurs résultats pour les postes faibles.

Construction.

Le self S1 est un solénoïde enroulé sur un cylindre en carton de 10 centimètres de diamètre extérieur. Le carton est aussi mince que possible, tout en présentant une solidité suffisante et a été soigneusement gommé avant que l'enroulement ne soit fait. Cet enroulement comprend 60 tours de fil 6/10 sous une couche de coton enroulés en spires jointives, par fractions de 5 tours séparées par des intervalles

égaux. Une couche de gomme laque a été passée sur la bobine terminée. Chacun des tours n° 0, 5, 10, 15, etc., est relié simultanément à deux plots portant le même numéro. Devant chacune des deux séries de plots ainsi formées se déplace une manette qui a, sur le schéma, été représentée comme un curseur pour simplifier. Le tour n° 0 est celui qui est en communication avec la terre.

Les selfs S2 et S3 sont des bobines genre nids d'abeilles. Pour 170 à 400 mètres de longueur d'onde, nous employons des bobines de 35 tours pour S2 et 50 tours pour S3, et pour 360 à 700 mètres, deux bobines de 75 tours.

La résistance de 20 mégohms, bien que d'une valeur supérieure à ce que l'on emploie généralement pour une lampe détectrice, est celle qui nous a donné les meilleurs résultats.

Remarques.

La bobine S3 n'a été ajoutée que dernièrement; on peut très bien s'en passer, mais sa présence permet, en faisant varier le couplage qui existe entre elle et S2, d'être plus maître des oscillations du circuit.

Pour une longueur d'onde donnée, des oscillations ont d'autant plus de tendance à se produire que le rapport de la self à la capacité du circuit d'antenne est plus grand; elles se produisent aussi d'autant plus facilement qu'il y a davantage de self dans le circuit de grille.

En pratique, il est, comme toujours, préférable de se tenir aussi près que possible de la limite entre l'accrochage et le décrochage, d'un côté ou de l'autre, suivant que l'on reçoit de la téléphonie ou des ondes entretenues.

Si l'on peut obtenir l'accrochage sur la longueur d'onde désirée avec plusieurs valeurs de self dans le circuit d'antenne, c'est avec le minimum de self qu'on aura la meilleure réception.

Il y a avantage à choisir ses lampes: en général, une lampe à vide relativement peu poussé, donne mieux comme détectrice; personnellement, nous employons une « Métal » pour la haute fréquence et une « Lambda » comme détectrice.

Résultats.

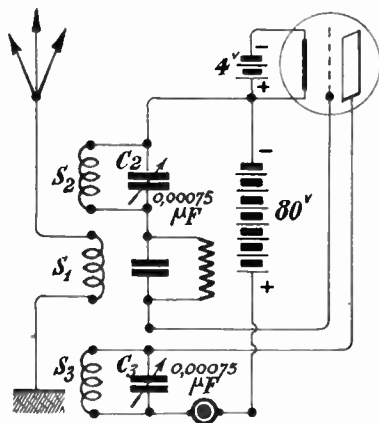
Ce poste nous donne à Nice les meilleurs postes de Broadcasting anglais, compréhensibles à un mètre des écouteurs sans basse fréquence; il nous a aussi permis la réception de plusieurs amateurs américains dont « IXM » lisible à un mètre des téléphones.

POUR RECEVOIR « OC45 »

Par Léon DELOY (8AB)

La Radiotélégraphie militaire a lancé, il y a quelque temps, un appel aux amateurs, leur demandant de participer à certaines expériences qu'elle était sur le point d'entreprendre⁽¹⁾. C'est là un fait très important dans l'histoire de la téléphonie sans fil amateur en France, car il prouve que nous sommes reconnus comme des chercheurs capables de se rendre utiles, ce dont certains milieux avaient trop longtemps douté.

Il est certain que nombreux sont les amateurs désireux de répondre à cet appel. En dehors de l'intérêt que présente en soi cette collabora-



tion scientifique, c'est un devoir pour tous ceux d'entre nous qui peuvent le faire, que de rendre ce petit service à la radiotélégraphie militaire qui, sous la haute direction du général Ferrié, n'a jamais cessé de favoriser le développement de la téléphonie sans fil amateur. C'est un devoir aussi vis-à-vis de nous-mêmes, car plus nous nous rendrons utiles, plus nous pourrons espérer voir nos droits s'affermir.

Toutefois, s'il est certain que beaucoup d'amateurs sont tout disposés à écouter les ondes de 45 mètres, il est fort probable que beaucoup d'entre eux ne se sont pas encore mis à l'œuvre, quelque peu effrayés par les difficultés qu'ils prévoient dans la construction et l'emploi d'un appareil permettant de recevoir efficacement des signaux

⁽¹⁾ Voir *l'Onde Électrique*, n° 15.

d'aussi courte longueur d'onde. Nous avons donc pensé qu'il ne serait pas inopportun de dire quelques mots d'un montage qui nous donne d'excellents résultats au point du territoire français le plus éloigné du poste d'émission.

Nous tenons d'abord à faire remarquer que le montage qui va être décrit n'est nullement donné comme modèle, bien loin de là. Il a été établi (y compris la construction des selfs) en quelques minutes, et sans tenir compte des multiples précautions recommandées pour l'écoute des ondes courtes. Nous indiquons ce montage, tel qu'il a été réalisé, pour prouver que la réception de OC45 est *très facile*, et nous sommes convaincu que ceux qui auront le loisir d'établir un appareil plus soigné que le nôtre auront des résultats encore supérieurs.

L'antenne qui nous donne les meilleurs résultats est notre antenne de réception ordinaire, dont la fondamentale est d'environ 220 mètres. D'autres antennes plus petites ont été essayées, mais les résultats sont beaucoup moins bons.

Il ne me semble pas avantageux d'accorder cette antenne par un condensateur variable en série. La self d'antenne S₁ consiste en six tours de fil 6/10 enroulés sur un tube de carton ordinaire de 5 centimètres de diamètre extérieur, cette bobine est simplement posée sur la self secondaire S₂.

S₂ est une bobine en fond de panier comportant dix tours de fil 6/10; son diamètre intérieur est de 35 millimètres. Elle est placée horizontalement sur la table.

S₃ est identique à S₁, sauf qu'elle comporte dix tours; elle est couplée lâchement aux deux autres bobines.

Les condensateurs sont de préférence munis de longs manches en ébonite, car les réglages sont d'une très grande précision, et rien n'est plus facile que de ne pas s'apercevoir qu'on passe sur l'accord de OC45. Il faut manier les condensateurs avec une extrême lenteur.

Pour les valeurs indiquées de self et de capacité, OC45 se trouve avec environ douze degrés de C₂ et cinq degrés de C₃.

Les signaux de ce poste sont très forts. Avec le montage très imparfait à une seule lampe qui vient d'être décrit, nous l'avons reçu à Nice de jour et en amorties *lisible* jusqu'à *deux mètres des écouteurs* et de nuit en entretenues *lisible* jusqu'à *quinze mètres des écouteurs*.

Heureux si les renseignements ci-dessus peuvent décider de nouveaux chercheurs à participer à l'étude passionnante des ondes courtes, nous leur souhaitons à tous le meilleur succès.

AU SUJET DU TÉLÉPHONE SHUNTÉ

Par M. Ch. LANGE

Ingénieur des Télégraphes.

Un de mes amis me dit, il y a quelques mois : « J'ai acheté dernièrement un haut-parleur. Mais, quand je voulus le brancher sur mon poste récepteur, combien ma désillusion fut grande : à peine entendait-on un murmure ? Pourtant, avec mon casque, ma réception était forte, me semblait-il... » Et il ajoutait : « Pour éviter de pareils faits, qui doivent couramment se produire, il aurait fallu que le fabricant de haut-parleurs m'indique, d'une façon simple, le courant minimum nécessaire au fonctionnement de son appareil et que moi, de mon côté, je chiffre l'intensité de ma réception. N'y aurait-il pas un moyen pratique d'arriver à ce double but ? »

*
**

Ce moyen existe depuis longtemps : il consiste à employer la méthode du téléphone shunté. Etant donnée une réception écoutée dans un casque par un opérateur, ce dernier shunte son casque au moyen d'une résistance variable et en diminue la valeur jusqu'à ce que la réception devienne tout juste perceptible. Soit S la valeur en ohms du shunt correspondant à la limite d'audibilité. Plus S est petit, plus la réception est forte.

La valeur de S pourra donc servir à chiffrer l'intensité de cette réception et, éventuellement, à apprécier le courant nécessaire au fonctionnement du haut-parleur de plus haut.

Cette méthode, très simple, comme on voit, présente de nombreuses difficultés lorsqu'on veut la mettre en œuvre et en interpréter les résultats. En effet, pour une même intensité de signaux reçus, S dépend de facteurs divers. D'abord de l'opérateur : son oreille est plus ou moins fine. Et puis, comment appréciera-t-il sa limite d'audibilité ? Pour la télégraphie on peut, avec Austin, fixer cette limite au moment où les points et les traits des signaux reçus se confondent. Pour la téléphonie on pourrait, par exemple, choisir le moment où l'on cesse de comprendre intégralement de lentes phrases prononcées par le speaker du poste d'émission. Cette limite est assez précise comme l'expérience le prouve : il serait loin d'en être ainsi si on faisait le réglage sur de la musique. Dans le premier cas, ce n'est pas le bruit des paroles que l'on éteint : il reste, en effet, un résidu de voix

appréciable. On fixe plutôt le moment où les consonnes ne sortant plus, la voix devient incompréhensible. Dans le cas de la musique, qui, si j'ose dire, n'émet que des voyelles, le critérium ci-dessus ne peut s'appliquer. On devrait procéder en shuntant jusqu'à extinction complète, et la valeur du shunt, très mal définie de ce fait, dépendrait en outre du timbre et du nombre des instruments employés. De plus, la voix du speaker est un organe très constant d'un poste d'émission, et non la musique qu'on y fait.

Le shunt S dépendra donc de l'opérateur, malgré toutes les précisions que nous pourrions introduire. Mais il dépendra aussi, évidemment, du casque. Les casques de télégraphie sans fil dont les résistances en courant continu sont marquées 2 000 et 4 000 ohms, ont une impédance, mesurée à 800 périodes, variant suivant les modèles de 6 000 à 50 000 ohms environ. On conçoit donc que pour une même différence de potentiel aux bornes du détecteur, le shunt donnant la limite d'audibilité varie d'un casque à l'autre.

Il nous a paru intéressant de comparer les shunts donnant la limite d'audibilité de deux casques différents branchés successivement sur le même appareil récepteur. On faisait, après chaque comparaison, varier l'intensité de l'émission radiotéléphonique.

Portant en abscisses les shunts relatifs à un casque pris comme étalon, et en ordonnées les shunts des autres casques, on peut construire les courbes d'étalonnage de ces derniers en fonction du premier. Ce sont soit des droites, soit des lignes légèrement incurvées. Les courbes rendent donc possible l'unification des mesures et permettent de comparer entre elles différentes réceptions (1).

Le shunt S dépend d'un autre facteur encore : du fond de parasites dont la voix ou les signaux sont accompagnés. A ceci il n'y aura pas de remède et les mesures en seront grandement faussées.

*
* *

La méthode du téléphone shunté pourra rendre aux amateurs les plus grands services en leur donnant un moyen de sélectionner quantitativement les meilleurs montages de postes et d'antennes. Elle rendra aussi d'éminents services à la science des ondes et de leur propagation quand les résultats quantitatifs des écoutes de milliers d'amateurs seront centralisés et exploités. A partir de ce jour, d'importants problèmes en suspens ne tarderont pas à être résolus.

Ch. LANGE.

(1) Ces mesures ont été faites au laboratoire du Service d'Études et de Recherches techniques des P. T. T. Une étude plus détaillée de toute la question sera d'ailleurs publiée sous peu.

ESSAIS TRANSATLANTIQUES ⁽¹⁾

Stations ayant employé le superhétérodyne (deux stations ayant reçu ensemble les émissions de 158 stations américaines.)

1^o Le poste de réception de M. P. Contant pendant les essais transatlantiques.

M. P. Contant est celui des amateurs français et suisses qui a entendu le plus grand nombre d'émissions différentes d'amateurs américains pendant les essais transatlantiques. Leur nombre a atteint 83, toutes sans mot et Code, car M. Contant, à qui ses occupations journalières ne permettaient pas de veiller six heures par nuit, a cru bien faire en choisissant, de préférence, pour prendre l'écoute, le moment des « périodes libres » où, pensait-il, un plus grand nombre d'amateurs transmettaient à la fois. Il a employé la méthode de réception à double hétérodyne, imaginée en France par M. Lévy et appliquée par M. Armstrong, sous le nom de « superhétérodyne », à la réception des petites longueurs d'onde. Cette méthode ne lui a donné aucun résultat pendant les premières nuits des essais, le poste de réception venant d'être monté et l'enroulement d'une bobine ne s'étant pas trouvé connecté en sens convenable. Lorsque la cause de cet insuccès eut été découverte, la réception s'améliora progressivement et les émissions d'amateurs américains entendues par M. Contant se répartirent ainsi : cinq le 14 décembre; dix le 15 décembre; neuf, dont deux déjà entendues, le 16 décembre; dix-huit, dont trois déjà entendues, le 17 décembre; six, dont quatre déjà entendues, le 18 décembre; quinze, dont trois déjà entendues, le 19 décembre; dix-huit, dont trois déjà entendues, le 20 décembre; vingt-deux, dont cinq déjà entendues, le 21 décembre.

Les caractéristiques de la réception étaient les suivantes :

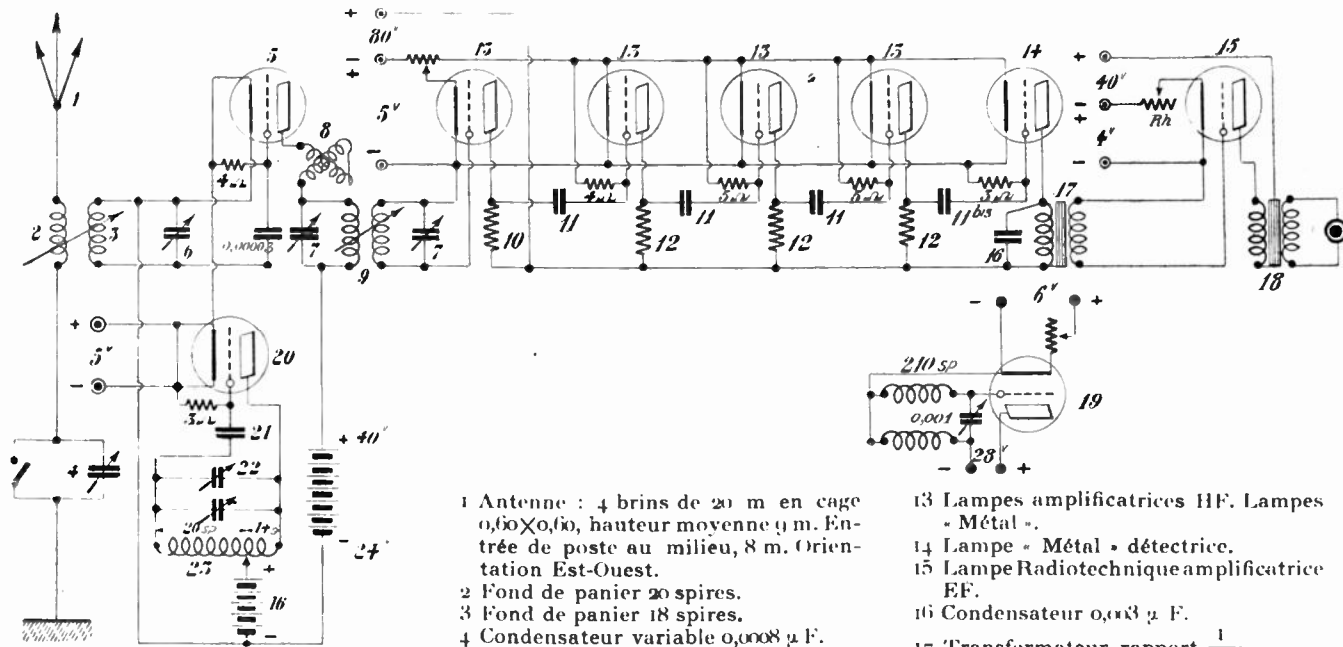
Antenne : du type en T, en prisme horizontal, avec descente à un seul brin. Le prisme était constitué par quatre brins de 20 mètres tendus aux angles d'un carré de 60 centimètres de côté. Hauteur moyenne : 9 mètres. Orientation : est-ouest. Descente de 8 mètres, au milieu du prisme. Longueur d'onde mesurée de l'antenne : 240 mètres.

Deux arbres dans son voisinage immédiat.

Terre : à la fois aux canalisations d'eau et de gaz et grillage métallique de 4 mètres carrés enterré sous l'antenne, à 80 centimètres de profondeur, sur un lit de coke. Sol humide. Le toit de zinc de la maison et l'ensemble des gouttières franchement mis à la terre par l'intermédiaire de soudures et d'un câble tressé de 6 millimètres de section.

Poste : situé au deuxième étage. Tous les appareils sont groupés dans un même meuble. Celui-ci est cloisonné, pour bien séparer les différents organes. Toutes les connexions sont faites en fil de cuivre jaune de 25/10, recouvert de « Soupliso » et disposées à angles droits, sauf pour la lampe

(1) Communication du Comité français des essais transatlantiques.



SCHEMA
DU
POSTE DE M. CONTANT

- 1 Antenne : 4 brins de 20 m en cage 0,60x0,60, hauteur moyenne 9 m. Entrée de poste au milieu, 8 m. Orientation Est-Ouest.
- 2 Fond de panier 20 spires.
- 3 Fond de panier 18 spires.
- 4 Condensateur variable 0,0008 μ F.
- 5 Détectrice petites ondes : lampe « radiotechnique ».
- 6 Condensateur variable 0,0005 μ F.
- 7 Condensateurs variables 0,001 μ F.
- 8 Variomètre, 2 fonds de panier 16 spires chacune.
- 9 Corona n° 9.
- 10 Résistance 70.000 Ω .
- 11 Condensateurs fixes 0,0001 μ F.
- 11 bis Condensateur fixe 0,0003 μ F.
- 12 Résistances 80.000 Ω .

- 13 Lampes amplificatrices HF. Lampes « Métal ».
- 14 Lampe « Métal » détectrice.
- 15 Lampe Radiotechnique amplificatrice EF.
- 16 Condensateur 0,003 μ F.
- 17 Transformateur rapport $\frac{1}{5}$.
- 18 Transformateur BF rapport $\frac{1}{1}$.
- 19 Hétérodyne auxiliaire lampe Métal $\lambda = 2800-6000$.
- 20 Hétérodyne petites ondes. Lampe « Métal ». couplage lâche avec l'antenne. $\lambda = 180-370$.
- 21 Condensateur fixe 0,0005 μ F.
- 22 Condensateur variable 0,0004 μ F.
- 23 Self 34 spires (-40). Tube 6 cm.

déectrice et pour l'hétérodyne d'entrée « petites ondes ». Leur longueur est très faible; pas de chevauchements. L'intérieur de l'ébénisterie est tapissé d'une feuille de papier d'étain mise à la terre. Les condensateurs variables sont exclusivement à air; ce sont des « Vario-fixe », dont la capacité fixe a été enlevée. Ils sont commandés à distance par l'intermédiaire de pignons d'angle fixés sur une tige d'ébonite. C'est cette tige qui porte le bouton commande et le disque gradué. Le même dispositif est adopté pour le variomètre de réaction, pour le couplage du Tesla et pour celui du primaire et du secondaire du transformateur haute fréquence. Le condensateur variable du secondaire du Tesla et celui de l'hétérodyne « petites ondes » ont une commande commune avec dispositif démultiplicateur par vis sans fin et vitesses angulaires différentes pour chacun d'eux. Ce dispositif facilite extrêmement les réglages, mais il faut conserver une capacité variable d'appoint pour l'hétérodyne « petites ondes ». Les batteries de chauffage et de plaques sont différentes pour les divers amplificateurs et hétérodynes.

Tesla d'entrée « petites ondes ». — Deux galettes en fond de panier; primaire: 20 spires; secondaire: 18 spires. Diamètre intérieur: 5 centimètres; extérieur: 7,5 cm. Fil 9/10, deux couches de soie. Condensateur variable en série sur le primaire: 0,000.8 microfarad; en dérivation sur le secondaire: 0,000.5 microfarad. Le condensateur primaire est court-circuitable.

Lampe détectrice d'entrée « petites ondes ». — Montage à accord du circuit de grille par condensateur et à réaction par accord du circuit de plaque au moyen d'un variomètre. Condensateur fixe de 0,000.03 microfarad en série sur la grille; résistance de 4 mégohms entre la grille et le positif de la batterie de chauffage. Tension de plaque: 40 volts. Variomètre: deux galettes en fond de panier de 16 spires chacune; couplage par variation de l'angle de leurs plans. Transformateur haute fréquence de sortie: deux galettes « Coronna » n° 9, connectées dans le même sens. Couplage variable. Condensateurs variables de 0,001 microfarad sur le primaire et sur le secondaire.

Hétérodyne « petites ondes ». — Bobine de couplage grille-plaque: 34 spires de fil 9/10 à deux couches de soie sur un tube de carton très mince de 6 centimètres de diamètre. A la 14^e spire, prise reliée au positif de la batterie de plaque (16 volts). Condensateur variable de 0,000.4 microfarad, et condensateur d'appoint formé de deux disques de cuivre de 6 centimètres de diamètre, avec variation de capacité par variation de leur distance. Commande hélicoïdale à faible pas et démultiplication par vis sans fin. Condensateur fixe de 0,000.5 microfarad en série sur la grille et résistance d'environ 3 mégohms entre la grille et le positif de la batterie du chauffage.

Amplificateur haute fréquence. — Quatre lampes montées en amplificateur à résistances: 80.000 ohms et 5 mégohms, sauf pour la première liaison plaque grille; 70.000 ohms et 4 mégohms. Capacités de liaison: 0,000.1 microfarad.

Lampe détectrice de sortie « grandes ondes ». — Condensateur en série sur la grille: environ 0,000.03 microfarad. Résistance entre la grille et le négatif de la batterie de chauffage: 3 mégohms. La grille étant rendue négative, les signaux étaient un peu affaiblis, mais toutes tendances aux sifflements étaient éliminées. Quand on reliait la grille au positif, le fonctionnement silencieux était extrêmement instable et passable seulement

avec des lampes à vide très poussé, qui sont assez rares actuellement en France.

Hétérodyne de sortie « grandes ondes ». — Deux galettes « nid d'abeilles » de 210 spires, fil 8/10, deux couches de coton. Diamètre intérieur : 5 centimètres de diamètre extérieur : 7 centimètres. Condensateur variable : 0,001 microfarad. Pas de galette exploratrice. Echelle de longueurs d'onde : 2.800 mètres à 6.000 mètres.

Amplificateur basse fréquence. — Primitivement trois étages d'amplification, ensuite un seul. Transformateurs Bardon, rapports 1/5 pour la première lampe et 1/3 pour les suivantes; résistance primaire 700 ohms; résistance secondaire 3.700 ou 2.200 ohms. Capacité fixe de 0,003 microfarad en dérivation sur le primaire du premier transformateur. C'est cette valeur de capacité qui a donné les meilleurs résultats pour la longueur d'onde d'environ 3.200 mètres sur laquelle fonctionnait l'amplificateur haute fréquence.

Ecouteurs. — Baldwin 4.000 ohms ou Brunet 2.000 ohms, isolés du circuit de plaque par un transformateur Brunet de rapport 1/1.

Lampes. — Toutes des « Métal », sauf celle de l'amplificateur basse fréquence et la détectrice d'entrée « petites ondes », qui étaient des « Radio-technique ».

Remarque : toutes les lampes ne donnaient bien que *dans un certain ordre*; au cas contraire, un concert de sifflements et autres beautés du même genre vous rappelait à la réalité.

Accumulateurs et piles. — Batteries séparées pour les différents amplificateurs. Lampe détectrice et hétérodyne d'entrée « petites ondes » : chauffage 5 volts; tension de plaque 40 volts, avec prise intermédiaire à 16 volts pour l'hétérodyne. Amplificateur haute fréquence et lampe détectrice de sortie « grandes ondes » : chauffage 5 volts, tension de plaque 80 volts. Amplificateur basse fréquence : chauffage 4 volts; tension de plaque 40 volts. Hétérodyne de sortie « grandes ondes » : chauffage 6 volts; tension de plaque 28 volts. Le tout sur isolateurs; montage des fils sous moulures; tableau de distribution avec fusibles, interrupteurs, voltmètre, etc.

Un ondemètre Townsend était employé conjointement avec le poste.

Celui-ci avait été entièrement construit par M. Contant, à l'exception des transformateurs, lampes, écouteurs téléphoniques, accumulateurs, etc.

Les parasites étaient très faibles et assez rares, sauf pendant les derniers jours. Il n'y avait pas d'accrochages intempestifs d'oscillations locales, sauf pour un chauffage exagéré de la lampe basse fréquence. Le chauffage de cette lampe était très faible (rouge sombre), ce qui atténuait les parasites et les craquements.

2^o Le poste de réception de M. R. Luthi, pendant les essais transatlantiques.

M. R. Luthi, amateur suisse, a également employé, pour sa réception, le double hétérodyne, dit « superhétérodyne », avec antenne Beverage, comme l'avait fait M. Godley, lors de la deuxième série des essais transatlantiques. Il a reçu les émissions de 75 postes différents d'amateurs américains : 63 sans mot de code et 12 avec mot de code. Comme M. Contant, il n'a pas obtenu de bons résultats dès le début des essais, mais pour une

raison différente. Comptant que les transmissions américaines ne commençaient que le 22 décembre, comme l'avaient demandé les amateurs français, ses appareils ne purent être terminés, complétés et mis au point qu'au cours même des essais. Le 12 décembre, il ne put faire d'écoute. Le 13 décembre, écoute de deux heures et réception d'un seul poste. Le 14, réception de quatre postes... dont un hollandais. Le 15, pas d'écoute. Le 16 écoute entièrement brouillée par Bordeaux LY et par Lyon YN. Le 17, pas d'écoute. Le 18, tout est enfin à peu près terminé et mis au point. Malgré un fort brouillage des amorties FFM et IQZ et de Bordeaux LY, 27 postes, dont deux déjà entendus, sont reçus au cours d'une écoute de quatre heures. Le 19, seize postes, dont cinq déjà entendus, en une heure d'écoute seulement. Le 20, après renforcement du couplage de l'hétérodyne 200 m., cinquante postes, dont dix-sept déjà entendus, sont reçus, entre 4 heures et 6 heures. Le 21, parasites et brouillages violents; neuf postes seulement sont reçus, dont sept déjà entendus. En résumé, à partir du 18 décembre seulement, les appareils fonctionnèrent convenablement. M. Luthi n'était pas parti à temps!...

Son poste est situé à Genève, au deuxième étage d'une villa.

L'antenne qui a servi pendant les essais avait été établie spécialement dans ce but. Comparée à l'antenne habituelle (composée de deux fils en V de 35 mètres de longueur, à 8 mètres de hauteur), elle a donné d'emblée de meilleurs résultats qu'elle, de sorte qu'elle fut seule employée. Cette antenne spéciale, du type Beverage, était constituée par un fil de 180 mètres supporté par des poteaux de 4 m. 50 de hauteur. Ce fil, en cuivre électrolytique de 16/10, était dirigé exactement à l'ouest, à partir de la station. Absolument dégagé, il traversait un terrain de culture, sans arbre, ni construction. Il était mis à la terre à son extrémité ouest par l'intermédiaire d'une résistance sans self, réglable de 200 à 425 ohms, par bonds de 25 ohms. Cette résistance fut réglée expérimentalement à 300 ohms environ (plus la résistance de la prise de terre, assez mauvaise). A l'intérieur du poste, l'antenne était connectée au primaire d'un Tesla, mis d'autre part à la terre, comme l'indique le schéma. L'effet directif sembla peu sensible (IQZ et FFM étaient très bien — trop bien! — reçus). Les parasites étaient beaucoup moins forts que sur l'antenne ordinaire et les signaux y avaient la même intensité. De plus, le réglage du circuit d'antenne étant supprimé, la recherche des émissions était facilitée d'autant, le maniement du poste se trouvant déjà assez compliqué sans lui.

La terre était prise sur la canalisation d'eau de la ville ainsi que sur le réseau des tuyaux d'arrosage du jardin. Le fil de terre était en cuivre de 30/10.

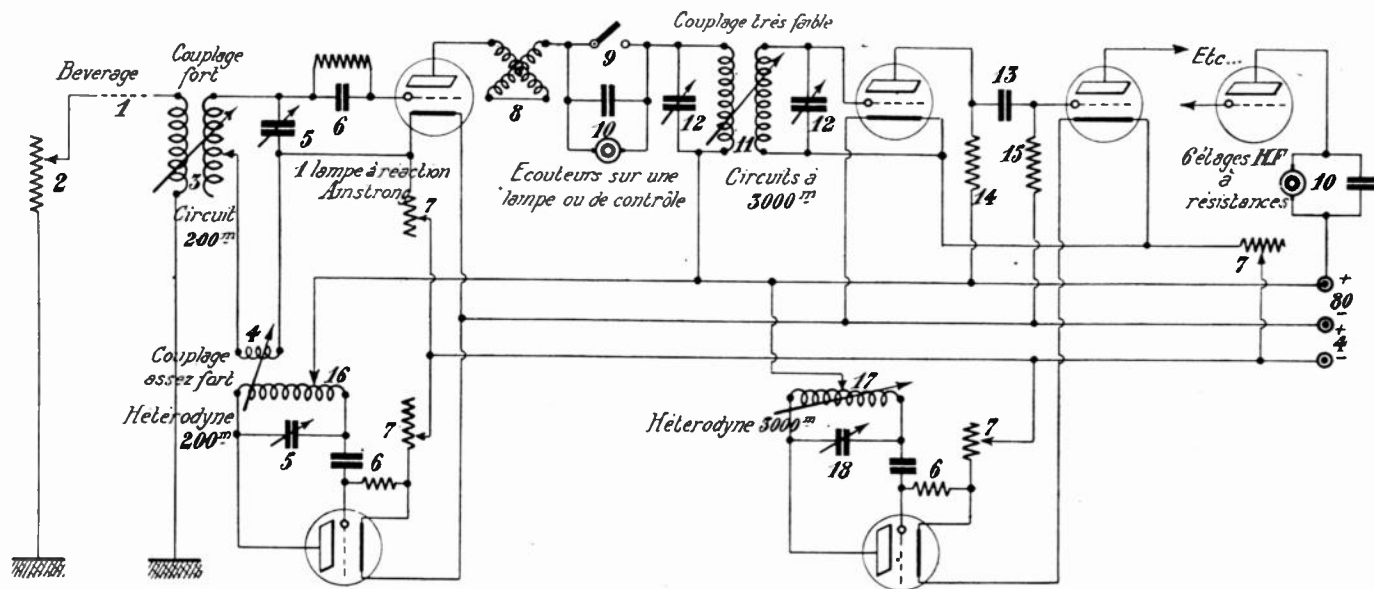
Les appareils sont à réduction de fréquence (double hétérodynage). Ils sont disposés comme l'indique le schéma.

Le Tesla d'antenne est en fil 6/10 isolé en coton.

Le variomètre est en même fil, ainsi que les bobines de l'hétérodyne 200 mètres.

Le Tesla à 4 000 m est en fil émaillé 5/10. Il est bobiné sur deux tubes de carton cylindrique de 12 cm de diamètre, placés, suivant la violence des parasites, à 15 ou 30 cm l'un de l'autre.

L'écouteur placé dans le circuit de plaque de la lampe à 200 m est un



- 1 180 m fil cuivre $\frac{16}{10}$ mm à 4 m de haut moyenne.
- 2 Résistance sans self variable entre 200 et 400 Ω
- 3 Tesla en fil $\frac{6}{10}$, une enveloppe coton.
- 4 Quelques spires $\frac{6}{10}$, une enveloppe coton.
- 5 Condensateur variable 0,0003 μF .

- 6 Condensateur 0,0001 et résistance 4 mégohms.
- 7 Rhéostat de chauffage.
- 8 Variomètre en fil $\frac{6}{10}$, une enveloppe coton.
- 9 Interrupteur.
- 10 Ecouteurs et condensateur 0,002 μF .
- 11 Tesla en fil $\frac{4}{10}$ émail (couplage très faible).

- 12 Condensateur variable 0,001 μF .
- 13 Condensateur 0,0005 μF .
- 14 Résistance 80,000 Ω .
- 15 Résistance 4 mégohms.
- 16 Bobinage en fil $\frac{6}{10}$ une couche coton.
- 17 Bobinage en fil $\frac{6}{10}$ une couche coton.
- 18 Condensateur variable 0,002 μF .

écoutateur de contrôle pour le réglage du poste. Il servit aussi à l'écoute des postes forts pour lesquels le double hétérodynage n'était pas nécessaire (8AQO, 2FP, IZE).

L'amplificateur à 4.000 m, qui était à trois lampes à réaction électromagnétique au début des essais, fut remplacé ensuite par un amplificateur à six lampes à réaction électro-statique avec hétérodyne séparé. Ce perfectionnement, arrivé malheureusement un peu tard, apporta une amélioration considérable, à la réception.

Le couplage de l'hétérodyne 4.000 m avec l'amplificateur devait être très lâche (à 1 m du Tesla 4.000 m et à angle droit avec lui.)

Tous les appareils étaient alimentés par une seule batterie de chauffage et une seule batterie de plaques. Le pôle négatif de la batterie de chauffage était à la terre. Il n'y a jamais eu le moindre sifflement ou mauvais fonctionnement quelconque. En ajoutant deux lampes à basse fréquence, on obtenait une réception en haut-parleur très intense. Avec le haut-parleur Brown, petit modèle, 8AQO était ainsi lisible à l'étage inférieur de la maison.

La gamme de réglage du poste allait de 180 m à 400 m. Toutes les émissions américaines entendues l'ont été entre 200 et 250 mètres.

Aucune précaution, telle que l'interposition d'une feuille d'étain entre la main de l'opérateur et les appareils, n'avait été prise. Seul, le bouton du condensateur de l'hétérodyne était muni d'un bâton isolant de 15 cm ; aucune variation sensible de son n'a été remarquée au cours des réglages.

L'accumulateur qui chauffait les neuf lampes était un 40 ampères-heure à décharge rapide. Deux accumulateurs ont fait le service alternativement. La batterie de plaques était constituée par des piles sèches ; sa tension était de 60 volts.

Les lampes étaient des « Métal » ordinaires.

Des brouillages intenses, dus surtout au poste de Bordeaux I.Y, ont rendu nulle toute réception pendant de longues heures entre 180 et 300 mètres. Seuls 8AQO et 2FP dominaient son formidable bruit de forge. Le mot « test » était trop souvent répété par les amateurs américains, par rapport à leur indicatif. Il arrivait souvent de le prendre six ou huit fois de suite et de ne pas recevoir l'indicatif, les signaux ayant faibli. Il est à noter également que les « 8 », mauvais camarades, ont toujours, en dépassant les heures qui leur étaient attribuées, brouillé les « 7 » et les « 9 », nécessairement plus faibles.

LISTE DES POSTES RADIOÉMETTEURS PRIVÉS **AUTORISÉS A LA DATE DU 20 MAI 1923**

8AA	RISS, 38, boulevard Sainte-Beuve. . .	Boulogne-sur-Mer.
8AB	DELOY, 55, boulevard du Mont-Boron.	Nice.
8AC	FABRE, rue du Roc.	Albi.
8AD	ROUSSEL, 12, rue Hoche	Juvisy-sur-Orge.
8AE	D ^r CORRET, 97, rue Royale	Versailles.
8AÈ	Revue « La T. S. F. Moderne », 11, avenue de Saxe	Paris.
8AF	« Radio-Club de France », 95, avenue de Monceau	Paris.
8AG	COLMANT, 15, avenue de Robinson . .	Châtenay, par Sceaux (Seine).
8AH	COZE, 7, rue Lalo	Paris.
8AI	GAUMONT, 12, rue Carducci	Paris.
8AJ	Société française Radio-électrique, 79, boulevard Haussmann	Paris.
8AK	CHAREYRE, 25, rue des Usines	Paris.
8AL	GODY, quai des Marais.	Amboise.
8AM	LEMONNIER, 13, allées Gambetta . . .	Marseille.
8AN	BIEMANS, 167, boulev. Montparnasse.	Paris.
8AO	LARDRY, 61, boulevard Négrier. . . .	Le Mans.
8AP	PEUGEOT, Sous-Roches.	Audincourt (Doubs).
8AQ	SASSI, rue Marcellin-Berthelot. . . .	Arpajon.
8AR	LE SAULNIER, 48, route de Neufchâtel.	Bièvres (S.-I.).
8AS	COISY, 76 bis, avenue du Chemin-de-fer.	Rueil.
8AT	Proviseur Lycée du Parc.	Lyon.
8AU	BARRELIER, 22, rue de la Paille. . . .	Le Mans.
8AV	VOOS, 20, rue Werlé.	Reims.
8AX	MARTIN, 17, rue du Maréchal-Soult .	Alger.
8AY	THUILLIER, 14, rue d'Omans	Alger.
8AZ	BORNE, 4, place du Val	Vanves (Seine).
8BA	MICHELSENS, 35, passage Jouffroy . .	Paris.
8BB	LABORIE, 69, av. de la Grande-Armée.	Paris.
8BC	DRUELLE, 6, rue des Domeliers	Compiègne.
8BD	DUBOIS, 211, boulevard Saint-Germain.	Paris.
8BE	DESLIS, 24, rue d'Illiers	Orléans.
8BF	LOUIS, 8, rue de la Mouillière	Orléans.

8BG	HORGUELIN.	Nuisement (Marne).
8BH	M. COURTECUISSÉ, Société Tourcoing- Radio, 10, rue de Gand.	Tourcoing (Nord).
8BI	LAPORTE, 61, rue Letellier	Paris.
8BJ	VINCENT, 50, passage du Havre.	Paris.
8BK	VOISEMBERT, 27, rue Jean-Binet	Colombes (Seine).
8BL	LOCHERER, 18, rue Lhomond.	Paris.
8BM	DUPONT, La Briquette	par Valenciennes.
8BN	BERCHÉ, 7, place Péreire.	Paris.
8BO	MANESCAU, 7, promenade des Anglais.	Nice.
8BP	GUINET, 53, rue Franklin.	Lyon.
8BQ	GAVAUDAN, 1, place d'Arenc	Marseille.
8BR	JARDIN, 2, Traverse des Sœurs-Grises de Saint-Barnabé	Marseille.
8BS	DELAUNAY, 1, place d'Astorg	Paris.
8BT	REDIER, 9, rue du Cherche-Midi	Paris.
8BU	DELON, 7, rue Adolphe-Thiers	Marseille.
8BV	PERROUX, 96, boulev. Montparnasse	Paris.
8BX	VATINET, 5, avenue Gambetta	Vitry-sur-Seine.
8BY	SESIK, 47, rue Reinard	Marseille.
8BZ	MILLOU	Montélimar.
8CA	REGINALD GOURAUD, 80, rue Vineuse	Paris.
8CB	DUSSAUGEY, 29, place du Marché-Saint- Honoré	Paris.
8CC	SURUET, 18, avenue Kléber.	Paris.
8CD	DUSSERT, 10, rue Peyras	Toulouse.
8CE	MOTTE M., 10, rue du Bloc	Amiens.
8CF	GUINAND, Bramafam.	par Sainte-Foy-lès-Lyon.
8CG	DUFOUR, 9, rue François-Bonvin	Paris.
8CH	BUTEZ, 77, rue Claude-Bernard.	Paris.
8CI	HUBERT ET THIRRIOT, 6, boulevard des Deux-Villes	Charleville.
8CJ	BARBA, 18 bis, rue Demours	Paris.
8CK	D ^r ROUSSIN, 25, rue Roserie	Montélimar.
8CL	Mme LEBAUDY, Moisson	par La Roche-Guyon (S.-et-O.).
8CM	POIZAT, 47, rue de Trévis	Paris.
8CN	LAFOND, 70, rue des Carmes	Rouen.
8CO	CAUDRON.	Issy-les-Moulineaux.
8CP	DAUDOIS.	La Queue-en-Brie (S.-et-O.).
8CQ	GOUY, 93, rue Armand-Carrel	Sotteville-les-Rouen (Seine-Inf.).
8CR	André LE BLANC, 87, rue St-Jacques	Marseille.

BIBLIOGRAPHIE

Recueil des conférences-rapports de documentation sur la physique. — La lampe à trois électrodes, par C. GUTTON, professeur à la Faculté des Sciences de Nancy (édité par la Société du *Journal de Physique*, dépositaire des Presses universitaires, 49, boulevard Saint-Michel).

Nul n'était mieux désigné que l'éminent professeur de la Faculté des Sciences de Nancy pour exposer au public qui se presse aux conférences de documentation sur la physique, le principe du fonctionnement des lampes à trois électrodes dans leurs diverses applications. Beaucoup de théories exposées dans ce livre sont en effet dues à M. Gutton lui-même. C'est lui qui réalisa pendant la guerre à l'Établissement central de la Radiotélégraphie militaire, les premiers postes à lampes que nos alliés copiaient et que nos adversaires cherchèrent vainement pendant longtemps à imiter.

Le livre de M. Gutton est le premier ouvrage de langue française permettant une étude complète de la lampe à trois électrodes et de ses nombreuses applications.

Il est divisé en cinq chapitres. Le premier est consacré aux propriétés générales de la lampe, le second aux amplificateurs, le troisième à la production des oscillations, le quatrième à l'emploi de la lampe comme détecteur pour la réception des oscillations amorties ou entretenues. Le cinquième se rapporte à quelques applications particulières des lampes, l'auteur y signale aussi certains modèles spéciaux de tubes à trois électrodes, tels que le dynatron de Hull et le négatron de Scott-Taggart.

La lecture de cet ouvrage qui ne nécessite que la connaissance des éléments du calcul différentiel et intégral est indispensable à tous ceux qui voudront poursuivre des recherches sur l'utilisation des triodes ou même simplement les employer d'une façon rationnelle. — J.

Données numériques d'électricité, magnétisme et électrochimie; rédigées par MM. BOLL (Paris); G.-I. HIGSON (Londres); MALAPERT (Paris); R.-E. SLADE (Londres); G.-V. WEISSE (Lausanne). Préface du docteur F.-B. JEWETT, vice-président de la Western-Electric Co (New-York). Un volume (format in-quarto carré de 22×28) contenant 114 pages de tableaux numériques. Prix, broché : 30 francs; cartonné : 40 francs. Secrétaire général : C. MARIE, docteur ès sciences, 9, rue de Bagneux, Paris (VI^e). — Ce volume constitue un tirage à part du volume IV des *Tables Annuelles de Constantes et Données numériques de Chimie, de Physique et de Technologie*.

Il contient les constantes et données numériques relatives à l'électricité, au magnétisme et à l'électrochimie, parus pendant les années 1913 à 1916 inclus.

L'importance de ce fascicule montre le développement des recherches dans ce domaine. Le lecteur y trouvera tous les documents numériques parus dans les périodiques scientifiques et techniques du monde entier.

Chacun des chapitres a été rédigé par un spécialiste et les tableaux contenus dans ce volume permettent de voir quelles ont été, pendant ces années de 1913 à 1916, les questions qui ont été particulièrement étudiées.

Ainsi que le dit le docteur Jewett dans sa préface, les phénomènes photo-électriques, thermo-ioniques, la superconductibilité, qui excitèrent vivement l'intérêt de 1913 à 1916, sont représentés par un grand nombre de mesures. Les nombreuses déterminations de susceptibilités magnétiques reflètent l'intérêt qui s'attache à la théorie du paramagnétisme, et les innombrables données, publiées sur la thermo-électricité et les effets galvanomagnétiques, témoignent du vif intérêt de ces questions dont l'importance croît de jour en jour.

Pour tous ceux qui s'occupent de

l'électricité, du magnétisme ou de l'électrochimie, que ce soit au point de vue Science pure, ou au point de vue de ses applications, cette collection unique de documents est absolument indispensable, non seulement à cause des chiffres eux-mêmes, mais à cause des bibliographies nombreuses qui les accompagnent.

Pour faciliter la diffusion de cette documentation dans tous les milieux, le Comité de publication des Tables Annuelles a décidé la publication sous cette forme de fascicules séparés, et il est certain que cette initiative sera hautement appréciée par les savants et les techniciens en faveur desquels elle a été prise.

Le prix de ces fascicules est d'ailleurs extrêmement modique, dans les conditions actuelles, et cette modicité voulue doit aider encore à la diffusion de cet ouvrage.

Il nous reste maintenant à souhaiter que le Comité, qui prépare en ce moment la publication des documents parus pendant les années 1917 à 1922, trouve les ressources nécessaires pour mener à bien cette tâche considérable.

Radiotélégraphie, Téléphonie, Concerts, par M. E. REYNAUD-BONIN, Ingénieur des Postes et Télégraphes; un volume de 176 pages édité chez Gautier-Villars.

Ce petit volume, d'une lecture extrêmement agréable et qui est rempli de renseignements numériques précis, tranche au milieu de toute la littérature si abondante qui a paru ces temps derniers sur le même sujet. C'est en effet l'œuvre d'un technicien de grande valeur, qui, s'il a laissé volontairement de côté les théories et les démonstrations savantes, n'a rien dit en revanche d'inexact et a donné quantité d'indications précieuses.

Après un rapide historique des travaux qui ont conduit à la T. S. F. actuelle, l'auteur étudie successivement de façon concrète et en donnant de nombreux renseignements numériques, l'émission (postes émetteurs à

lampes, dispositifs d'antenne), la propagation des ondes et leur réception. Dans ce dernier chapitre il décrit notamment les antennes de réception et les cadres qui peuvent être facilement installés par les amateurs. Il décrit également par le détail les appareils récepteurs eux-mêmes et donne une théorie simple du détecteur et de l'hétérodyne. Il termine cette partie de l'ouvrage par des données pratiques sur les amplificateurs et une théorie sommaire et très claire de la super-régénération.

Avant de passer à la radiotéléphonie, dont les montages et l'emploi terminent le volume, l'auteur consacre deux chapitres fort intéressants, l'un, aux sources de courants (il indique notamment comment charger des accumulateurs avec du courant alternatif), l'autre, à l'état actuel de la radiotélégraphie en France (différents services fonctionnant en ce moment, signaux horaires, etc.).

Deux chapitres sont entièrement consacrés à la radiotéléphonie. Dans le premier, M. Reynaud-Bonin donne des renseignements d'ordre général sur ce mode de transmission et d'ordre pratique sur la façon de recevoir la téléphonie sans fil. Dans le second, il donne des renseignements particulièrement d'actualité sur l'organisation et le fonctionnement des radioconcerts. Il décrit en particulier les microphones et les haut-parleurs qui ont donné à l'émission et à la réception les résultats les meilleurs.

Enfin, le volume se termine par des annexes fort intéressantes qui contiennent, notamment, la réglementation en vigueur ou en projet pour les postes émetteurs ou récepteurs des amateurs et le décret sur les radio-lettres dont l'usage vient d'être adopté par l'Administration des P. T. T.

Une bibliographie d'amateurs très complète clôt ce petit volume qui est certainement l'un des mieux venus que l'on ait vu paraître sur une question qui intéresse à l'heure actuelle la presque totalité du public.