

L'ONDE ÉLECTRIQUE

PUBLICATION

DE LA

SOCIÉTÉ DES AMIS

DE LA

T.S.F.



SOMMAIRE

Albert TURPAIN
Optique et Électricité.

F. BEDEAU
Mesure de la différence de potentiel maxima aux bornes
d'un circuit parcouru par du courant alternatif.

Pierre DAVID
Note sur un nouveau procédé de modulation
des émetteurs à lampes.

E.-W. KELLOG
Construction d'amplificateurs de puissance
sans distorsion.

Congrès d'amateurs belges de T. S. F.

Chronique du mois -:- Informations -:- Analyses

Étienne CHIRON, Éditeur

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

L'ONDE ÉLECTRIQUE

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

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

Étienne CHIRON
ÉDITEUR
40, RUE DE SEINE, PARIS
CHÈQUES POSTAUX: PARIS 53-98

PRIX
DU NUMÉRO : 3 francs
Tél : FLEURUS 47-49

SOCIÉTÉ DES AMIS DE LA T. S. F.

H. ABRAHAM,
Professeur à la Sorbonne
J. CORNU,
Chef de bataillon du Génie en retraite
Administrateur-Directeur de la
S^e d'Études et de Recherches Industrielles.
Société des Ingénieurs Coloniaux

FONDATEURS
A. BLONDEL,
Membre de l'Institut.
Général FERRIÉ,
Membre de l'Institut
A. PÉROT,
Professeur à l'École Polytechnique.

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

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

COMITÉ DE PATRONAGE

MM.
† Georges LEMOINE, président de l'Académie des Sciences.
† L. E. BERTIN, vice-président de l'Académie des Sciences.
Alfred 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.
BIOT-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. DERVILLÉ, président du Syndicat des Chemins de fer de Ceinture de Paris.
Charles FERRAND, président de la Chambre syndicale des Constructeurs de Navires.
Hubert GIRAUD, administrateur-délégué de la Société Générale de Transports Maritimes à Vapeur.
Société des Ingénieurs Coloniaux.
J. LE CESNE, président de l'Union Coloniale française.
Raynald LEGOUÉZ, président de l'Union des Syndicats de l'Electricité.
A. MESSIMY, ancien ministre.
Denis PÉROUSE, président du Syndicat des Armateurs de France.
J.-B. POMEY, inspecteur général des Postes et Télégraphes.

INSTITUT DE T. S. F.

DE

L'ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL

Fondée en 1905 — J. GALOPIN, * * *, Ingénieur-Directeur
152, avenue de Wagram, PARIS-17^e

COURS SUR PLACE. — COURS PAR CORRESPONDANCE

P. T. T. : Diplômes d'opérateurs de 1^{re} et 2^e classe.
Marine marchande : Brevets d'officiers.
Marine militaire : Manipulants, lecteurs au son, chefs de poste.
Armée : Manipulants et lecteurs au son pour le 8^e Génie et l'Aviation, chefs de poste et élèves officiers.
Amateurs : Diplôme spécial délivré par l'Ecole.

Brochure n° 806 gratis.

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

OPTIQUE ET ÉLECTRICITÉ

Par Albert TURPAIN

Professeur à l'Université de Poitiers.

Dans le très suggestif article de *l'Onde Electrique* : « Optique et Radioélectricité » (n° 43, juillet 1925, p. 287-296), l'auteur fait les plus heureux rapprochements entre problèmes d'optique et problèmes radioélectriques. A ce sujet, qu'il me soit permis de rappeler ici quelques antériorités, assez anciennes. Elles remontent à la préhistoire des radiocommunications. On parlait alors couramment d'ondes hertziennes.

Je ne crois pas que les radio-communications aient été étudiées et développées plutôt par des électriciens. Elles l'ont été bien plutôt par des physiciens, particulièrement par des spécialistes de la vieille physique. Hertz n'était pas à proprement parler un électricien. Ainsi que le remarque Henri Poincaré : Hertz, élève d'Helmoltz, qui, lui aussi, fut un pur physicien de la vieille physique, Hertz s'était signalé à l'attention du monde savant par ses études de mécanique rationnelle. Admirable préparation à la physique, à la physique la plus générale.

Henri Poincaré ajoute textuellement : « Les idées de Maxwell ont attendu vingt ans une confirmation expérimentale. C'est à Hertz qu'il était réservé de la leur donner. Ce savant, dont la vie fut si courte et si bien remplie, se destina d'abord à la carrière d'architecte, mais fut bientôt poussé par une vocation irrésistible vers la science pure. Remarqué et encouragé par Helmoltz, il fut nommé Oberlehrer à Carlsruhe; c'est là qu'il accomplit les travaux qui ont immortalisé son nom, il passa en un jour de l'obscurité à la gloire. Mais il n'en devait pas jouir longtemps : il n'eut que le temps d'installer son nouveau laboratoire à Bonn : la maladie l'empêcha d'en utiliser les ressources, et bientôt la mort l'emporta; il nous laissait cependant, outre sa géniale découverte, des expériences d'une importance capitale sur les rayons cathodiques et un livre très original et très profond sur la philosophie de la mécanique. » (H. Poincaré, *La théorie de Maxwell et les oscillations hertziennes*, collection Scientia, n° 1, ch. 4, p. 24, G. Carré et Naud, Paris.)

On ne saurait évidemment dénier à Hertz d'avoir expérimentalement montré que les nouveaux phénomènes électriques qu'il venait de découvrir présentaient toutes les propriétés des ondes lumineuses.

On oublie parfois que le gland qui fut alors planté est devenu l'arbre touffu aux ombrages puissamment ramifiés. La radio-communication qui constitue aujourd'hui à elle seule une science très importante, est tout entière contenue dans l'œuvre expérimentale de Hertz.

Non seulement les expériences de Hertz forment le pont solide, le lien précis entre l'Optique et l'Électricité, parenté de faits que Faraday avait soupçonnée, que Maxwell a le premier soumis au contrôle d'un calcul théorique complet, mais encore ces expériences constituent la démonstration, *solidement et expérimentalement* établie, cette fois, de l'intime liaison qui existe entre phénomènes optiques et phénomènes électriques. Cette parenté avait été soupçonnée, disions-nous, par Faraday. C'est ainsi que ce génial savant fut conduit à la découverte de la polarisation rotatoire magnétique. La très grande probabilité de cette relation fut ensuite affirmée par les calculs de l'élève de Faraday, par Maxwell, lequel fut guidé, pour les établir et les poursuivre, par la curieuse coïncidence entre la valeur numérique du nombre n (rapport des unités électriques) et de la vitesse de la lumière.

Il y a plus encore. Les expériences de Hertz fournissaient logiquement le premier modèle matériel pour concevoir expérimentalement la source de lumière.

Jusqu'alors l'optique laissait, mystérieux et caché, le mécanisme de la source même de ses phénomènes. A l'encontre de ce qui se pratique dans l'exposé de l'acoustique, où l'on étudie d'abord la source sonore, pour indiquer et suivre ensuite le mode de propagation de ce que produit la source, en optique, on ignore ce qu'est une source de lumière. Tous les accidents du faisceau lumineux sont examinés alors même que la constitution intime de la source et de son mode de fonctionnement restent ignorés. L'examen du domaine de l'acoustique commence, logiquement d'ailleurs, par la description et l'analyse des sources sonores, ce, en employant les plus minutieuses et plus ingénieuses ressources de l'expérience, en établissant, *expérimentalement et le plus rigoureusement*, que toute source sonore est en état de mouvement pendulaire. Jusqu'à l'œuvre de Hertz, l'optique restait impuissante à examiner expérimentalement les sources lumineuses et à en imaginer même un mécanisme qui soit acceptable.

Dès les expériences de Hertz, les physiciens peuvent aussitôt concevoir la source de lumière comme un cortège d'infimes excitateurs hertziens. Dans le gaz, dans le liquide ou dans le solide incandescent, amené au degré de température qui le rend lumineux, qui le constitue source de lumière, on imagine aussitôt et en déduction

même des expériences de Hertz, qu'entre les éléments de la source lumineuse, entre les particules de carbone de la flamme d'une bougie, par exemple, s'effectuent des décharges analogues aux décharges entre les deux plaques de Hertz.

La première préoccupation de Hertz, lorsqu'il eut, — non pas produit les ondes électriques pour la première fois, à cet égard les expériences de Feddersen peuvent, avec quelques raisons, être invoquées, bien que Feddersen n'ait établi que le caractère oscillatoire de la décharge, mais nullement la propagation de ces oscillations nouvelles, — la première préoccupation de Hertz fut de préciser le caractère de cette propagation. Il fit remarquer avec quelle fidélité l'étincelle du micromètre de son résonateur épousait strictement toutes les imperfections mêmes de l'étincelle de l'excitateur. Elle forme, à la vérité, l'image, simplement très réduite en dimensions, de l'étincelle excitatrice, imitant jusqu'à ses moindres variations.

Nous rappellerons que Hertz ayant inventé cet admirable résonateur électrique, — ce simple cerceau de métal rompu en un point, lieu d'une étincelle mesurée au micromètre, — appareil génial qui impose l'admiration par sa simplicité même, car il fut vraiment le premier œil électrique et l'un des plus délicats : œil combien sensible et combien délicat ! — lorsque Hertz eut trouvé ce si simple moyen de démontrer la propagation des oscillations électriques et leur caractère ondulatoire, — tout aussitôt, en excellent physicien, connaissant parfaitement les phénomènes optiques, il étudia la réflexion des nouvelles ondes sur un écran plan conducteur, — le miroir plan des ondes électriques. Citons, en particulier, les expériences faites de concert avec de La Rive, à Genève, dans l'immense salle que formait, avant son emploi, un réservoir d'eau nouvellement construit. Il démontra ainsi l'existence des *ondes stationnaires électriques*, premier exemple d'interférences des nouvelles ondes.

Hertz fit se réfracter à travers un énorme prisme de résine, le nouveau rayonnement, prisme qui imposait aux ondes de l'excitateur hertzien les mêmes accidents qu'un prisme de verre impose aux ondes lumineuses.

Hertz montra aussi que les ondes dont il venait d'établir expérimentalement l'existence étaient polarisées. Cela découlait d'ailleurs de la symétrie même présentée par l'appareil générateur, par l'excitateur hertzien.

Préoccupé de répéter avec ces ondes tous les phénomènes de l'optique et de considérer les nouveaux phénomènes plutôt avec des yeux de physicien que de les regarder en électricien spécialisé, Hertz

communiqua cette préoccupation, des plus naturelles, aux physiciens qui, à l'envi, étudiaient les phénomènes qu'un physicien purement expérimentateur venait de découvrir. Cette préoccupation fut telle que l'examen des dispositifs mêmes grâce auxquels Hertz produisit les ondes, inspira aussitôt de considérer les phénomènes optiques comme *de même nature* que les nouveaux phénomènes. Si avec les ondes de Hertz on reproduisait encore les seuls phénomènes de l'optique géométrique — (les interférences des ondes stationnaires mises à part, cependant) — par contre un jour singulièrement net était projeté sur le mécanisme de production des ondes nouvelles; — ici, en effet, l'anatomie de la source des ondes est aisée — et les physiciens considèrent, dès lors, comme si *totalelement identiques* les nouveaux phénomènes et les phénomènes lumineux qu'on se préoccupe de comparer les longueurs d'onde réalisées dans les deux domaines et de combler les lacunes existant entre les deux ordres de phénomènes, quant aux dimensions de leurs ondes.

Entre 1894 et 1899 j'ai montré que les principaux phénomènes d'interférences de l'optique pouvaient être complètement répétés au moyen des ondes électriques. Cette étude me conduisit aux champs interférents des ondes électriques dont j'ai fait, depuis cette époque, plusieurs applications.

En flanquant les deux plateaux de l'excitateur de Hertz non pas seulement, comme le pratiquait Hertz lui-même, chacun d'une plaque parallèle aux dits plateaux et qui est le point de départ de deux fils parallèles qui localisent le champ hertzien et le manifestent avec plus d'intensité dans l'espace avoisinant ces deux fils, mais en munissant *le même plateau* de l'excitateur de deux plaques, toutes deux parallèles au même plateau de l'excitateur, alors, les deux fils de concentration du champ hertzien réalisent un *champ interférent*. Un résonateur ne peut plus, de quelque manière qu'on le dispose en ce champ, y déceler les ondes électriques. Mais vient-on à accroître la longueur de l'un des fils de concentration du champ d'une demi-longueur d'onde propre au résonateur, de $\lambda/2$, cela en ayant soin de localiser au même point (dans une direction perpendiculaire à la direction générale des deux fils de concentration) cette longueur additionnelle $\lambda/2$ de fils, aussitôt, le champ, à partir de cette longueur additionnelle, redevient champ ordinaire de Hertz. Un résonateur y manifeste à nouveau les mêmes phénomènes que ceux qu'il présente dans le champ ordinaire de Hertz. La suppression, par un pont conducteur, de cette longueur additionnelle $\lambda/2$, ou le rétablissement, par l'enlèvement du pont, de la dite longueur additionnelle $\lambda/2$, permet de

transformer à volonté un champ interférent en champ ordinaire de Hertz ou vice-versa et cette commande peut s'effectuer à distance.

Cette expérience qui date de 1898 est tout à fait analogue à celle des deux miroirs de Fresnel. La manœuvre du pont correspond au recul de l'un des deux miroirs de Fresnel d'une demi-longueur d'onde, ou ce qui, expérimentalement, est mieux réalisable, à l'interposition d'une lamelle introduisant un retard d'un nombre impair de demi-longueurs d'onde. Je me souviens parfaitement qu'alors que je montrais ces résultats à la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux, le professeur Gossart — un physicien des plus avertis dont les travaux sur la capillarité et sur l'homéotropie sont marqués au coin de la plus ingénieuse observation — compara aux deux miroirs de Fresnel les deux plaques de concentration, dont j'avais eu l'idée de flanquer le même plateau de l'excitateur hertzien.

A partir de cette répétition, dans le domaine des ondes électriques, de l'expérience des miroirs de Fresnel, qui me conduisit aux champs interférents, de nombreuses applications ont été faites.

La création d'un champ d'ondes électriques interférent est le principe expérimental à la base de tout dispositif de syntonie et de production d'ondes dirigées, ainsi que je l'ai montré en diverses notes (C. R. Ac. des Sc., 5 oct. 1908 et 4 janv. 1909; Sté des Sc. Nat. de la Charente-Inférieure, La Rochelle, Annales de 1909; Revue Electrique, 30 juin 1907). M. Blondel, qui apporta à la technique de la T. S. F. de si magistrales et si ingénieuses suggestions, déplaça de $\lambda/2$ les deux fils du champ hertzien. Il obtint ainsi un dispositif d'ondes dirigées, que M. Bouthillon rappelle, dispositif dont la parenté avec le champ interférent est immédiate. Au lieu de situer le décalage en une longueur additionnelle de $\lambda/2$, avec une parfaite entente de l'utilisation en T. S. F., M. Blondel opère le décalage en plaçant à $\lambda/2$ l'un de l'autre les deux fils du champ hertzien.

Si le champ interférent n'est pas immédiatement utilisable en T. S. F., par contre il constitue un principe particulièrement fécond et immédiatement applicable en télégraphie hertzienne avec fil. Il est à la base des diverses utilisations des ondes électriques à la solution du problème de la multicommutation généralisée en téléphonie et télégraphie.

J'ai été un des premiers à répéter en France, en détail et complètement, les expériences de Hertz; dès 1894, examinant plus en physicien qu'en électricien le merveilleux résonateur du physicien de Bonn, j'eus l'idée de transformer le résonateur complet de Hertz en résonateur à coupure. Un téléphone, placé dans la coupure ainsi pratiquée

dans le résonateur de Hertz me permit, à travers quatre murs de 50 centimètres chacun d'épaisseur, de recevoir, à 25 mètres de distance, sans aucun fil interposé, les ondes électriques rythmées suivant les signaux Morse

Ces expériences qui furent répétées, en 1894, à plusieurs reprises, à Bordeaux, devant diverses notabilités scientifiques, constituent les premiers essais *effectifs* de télégraphie sans fil par ondes électriques.

Plus tard, en 1898, poursuivant, toujours en physicien, l'étude du résonateur à coupure, je montrais qu'il était l'analogue d'un tuyau sonore vibrant en demi-onde. Je rappellerai à cet égard, en particulier, le mémoire qui me fut demandé par les physiciens néerlandais en coopération au livre jubilaire offert le 11 décembre 1900 à M. H. A. Lorentz. Il est particulièrement assorti de nombreux et variés dispositifs expérimentaux : résonateurs complets et à coupure disposés dans le vide ou dans des gaz raréfiés ainsi qu'une partie importante du champ hertzien, ordinaire ou interférent, avoisinant ces résonateurs. (Archives Néerlandaises des Sciences Exactes et Naturelles, 1900-1901; voir également Congrès de l'A. F. A. S., Ajaccio, 1901)

La coupure pratiquée dans le résonateur de Hertz me permit de faire l'analyse expérimentale du phénomène complexe qui se produit au micromètre du résonateur hertzien, lequel micromètre fonctionne à la fois comme conducteur et comme isolant. Il décèle, à la faveur de la très petite épaisseur d'air existant en ce point, le mouvement électrique dont le résonateur est le siège, et, en même temps, il limite au micromètre les extrémités du conducteur localisant la vibration.

Ce double rôle est très nettement mis en évidence au moyen du résonateur à coupure que j'ai justement imaginé dans le but d'effectuer cette analyse expérimentale. La coupure pratiquée en une région du circuit circulaire différente de celle du micromètre, permet de séparer les deux rôles. C'est la coupure, dans le résonateur à coupure, qui fixe la position de vibration, au maximum ou au minimum, du résonateur déplacé au sein du champ hertzien, en le faisant tourner dans son propre plan. Dans un résonateur à coupure le micromètre ne joue plus qu'un seul rôle : il décèle par la présence de l'étincelle, le mouvement électrique dont ledit résonateur est le siège lors de son fonctionnement.

Toutes ces recherches mettaient en œuvre des ondes électriques de très petites longueurs d'onde, de l'ordre du mètre, très souvent de quelques décimètres seulement. Nous n'avons cessé de préconiser et d'employer les très courtes longueurs d'onde, non seulement pour l'examen expérimental des questions concernant la physique pure.

mais aussi en tant que mode d'utilisation pratique des ondes électriques.

Aujourd'hui que l'attention est enfin ramenée vers l'emploi des très petites longueurs d'onde, nous croyons opportun de rappeler ces travaux et les recherches expérimentales que nous avons faites naguère les concernant. Voir en particulier notre étude : *Recherches expérimentales sur les oscillations électriques* (Paris, A. Hermann, 1899, 154 p., 49 fig.)

A. TURPAIN.

Nous recevons d'autre part de M. Blondel la lettre suivante sur le même sujet :

« Dans un récent article, M. Bouthillon a fait voir aux lecteurs de *l'Onde Électrique* que les antennes réparties en rideaux formés de fils verticaux présentant entre eux des décalages de phase, sont une transposition dans le domaine électrique des propriétés des réseaux en optique. On me permettra de rappeler ici que j'ai énoncé ce principe il y a plus de vingt ans.

« J'ai indiqué en 1902 à l'Association française pour l'avancement des Sciences, qu'il suffit de disposer des antennes parallèles, vibrant en quart d'ondes, à des distances égales, avec différences d'ondes égales, pour produire exactement les mêmes phénomènes que produit, en optique, un réseau éclairé par une source lointaine, c'est-à-dire émettre des ondes sensiblement planes dans une direction qui dépend de la différence du décalage des phases entre les éléments de la nappe.

« Notre principe, disais-je alors ⁽¹⁾, est de combiner les radiations simultanées de *plusieurs* antennes espacées d'une certaine distance et recevant des oscillations présentant des différences de phases, de façon que les effets de ces antennes s'ajoutent suivant une certaine direction et s'annulent suivant la direction perpendiculaire.

« Nous remarquons, à cet effet, que si l'on dispose *plusieurs* antennes parallèlement et qu'on produise dans chacune par les méthodes usuelles des oscillations électriques de même période, les actions produites à distance par le système ainsi formé seront la somme des effets des diverses antennes, mais en tenant compte des phases des courants dans chacune et des distances qui les séparent.

(¹) Extrait du mémoire publié au Congrès d'Angers 1903 de l'Association française, séance du 8 août, 538-562

« Chaque antenne se comporte, en effet, comme un tuyau sonore ouvert à sa partie inférieure et fermé à son extrémité supérieure et présente un ventre de courant en A et un nœud en B, et on peut considérer qu'elle rayonne avec une même phase sensiblement sur toute sa hauteur, de sorte qu'on peut, sans grande erreur, attribuer à chaque antenne, au moment de la production des oscillations, une phase unique.

« Si on établit entre les phases des deux antennes parallèles une différence égale à une période, moins la phase perdue pendant le temps que mettent les ondes à parcourir l'intervalle qui les sépare, les oscillations des dites antennes produiront des effets exactement concordants dans la direction de leur plan commun et, au contraire, qui se réduiront au minimum dans la direction perpendiculaire. Les directions des maxima et minima seraient inversées si la différence de phase indiquée ci-dessus était accrue ou diminuée d'une demi-période. Tel est notre principe nouveau (analogue à celui des réseaux en optique). »

« Je rappelle que le principe des réseaux n'a aucun rapport avec les annulations de champs statiques entre deux conducteurs voisins; il est au contraire une application de l'interférence de Fresnel, au sens que ce savant a donné à ce mot, c'est-à-dire une annulation réciproque des ondulations dans les directions où la *différence des chemins optiques combinée avec la différence des phases* des sources d'oscillation produit une différence de phase totale d'une demi-longueur d'onde.

« Cet énoncé contient tout ce qu'il est nécessaire de savoir pour établir des nappes d'antennes, car tous les calculs ont été déjà faits dans les traités d'optique au sujet des réseaux optiques et sont applicables sans aucun changement au cas des antennes en nappe. J'ai indiqué d'ailleurs que les variations de phases peuvent être obtenues suivant la méthode imaginée par un savant français, le professeur Blondlot, en faisant varier la longueur du chemin qui existe entre la source et le pied de chaque antenne et que les antennes doivent vibrer en vibrations forcées.

« Postérieurement, dans un article publié dans la *Lumière Electrique*, M. Bouthillon a repris la même idée de l'antenne en nappe formant réseau électromagnétique et donné un exemple de calcul analogue au calcul des réseaux optiques.

« Les milieux techniques ne paraissent avoir compris qu'à une époque récente, l'intérêt que présentent les antennes en nappe et cela provient sans doute du fait qu'avec les longueurs d'onde très grandes

qui ont été employées depuis vingt-cinq ans (bien que dès 1898 j'aie appelé particulièrement l'attention sur les avantages des ondes courtes, au point de vue de la puissance qu'elles peuvent mettre en jeu à grande distance dans une antenne réceptrice), on n'aurait pu réaliser des réseaux d'antennes qu'au prix de grandes difficultés, celles-ci auraient été réduites, il est vrai, en installant au pied de chaque antenne des triodes émettrices qui auraient pu être synchronisées avec les différences de phase convenables par des fils pilotes reliant les grilles de ces triodes à un poste central excitateur avec intercalation de self inductions convenables pour produire les différences de phase voulues (¹), mais il est intéressant de remarquer que ce même principe a été appliqué, en ce moment, sous une autre forme, dans l'antenne en nappe d'Alexanderson, où les antennes sont tendues entre deux fils horizontaux, parallèles; les différences de phase voulues s'obtiennent ainsi tout naturellement.

« Dans les réseaux plus récents que l'on réalise pour l'émission dirigée des ondes très courtes, on a ajouté un important perfectionnement qui n'avait pas été prévu autrefois : on fait vibrer les antennes, non plus en quart d'ondes, mais ne harmonique, ce qui a pour effet de réduire la longueur utile d'émission de l'antenne, mais en même temps l'avantage de projeter des ondes dans une direction oblique vers le ciel. On ajoute aussi des réflecteurs à une demi-onde en arrière du réseau pour envoyer l'énergie dans une seule direction. »

A. BLONDEL.

Membre de l'Institut

¹ A propos des ondes courtes, on me permettra de rappeler que j'ai réalisé en 1912 et 1913, avec le concours de la Société Française Radioélectrique, les installations de trois radiophares à étincelles musicales qui ont continué de fonctionner continuellement depuis cette époque sur la longueur de 125 mètres aux îles de Sein et d'Ouessant, sur le bateau-feu du Havre, l'emploi des ondes courtes pour les émissions n'a donc pas la nouveauté que certains organes techniques se plaisent à lui attribuer dans ces dernières années, et rien n'empêchait les amateurs, aussi bien que les services maritimes, de faire des réceptions sur les ondes de ces radiophares. Les indicatifs étaient les lettres H pour le Havre, S pour Sein et C pour Créach d'Ouessant : cet indicatif était répété automatiquement par manipulateur automatique pendant toute la durée du temps de brume rendant la vue du phare ou de son feu impossible aux navigateurs.

Ces trois radiophares viennent d'être remplacés par des installations modernes fonctionnant sur la longueur d'onde de 1000 mètres de même que le radiophare de Gris-Nez qui est en service d'essai depuis 1922 et en fonctionnement régulier depuis l'automne de 1924.

MESURE DE LA DIFFÉRENCE DE POTENTIEL MAXIMA AUX BORNES D'UN CIRCUIT PARCOURU PAR DU COURANT ALTERNATIF

Par M. F. BEDEAU

Agrégé de l'Université

SOMMAIRE. — L'article décrit une application des triodes à la mesure de la différence de potentiel maxima aux bornes d'un circuit parcouru par du courant alternatif. La méthode est sensible; elle peut remplacer l'oscillographe dans le cas où un électromètre ne peut fournir l'indication désirée. Un calcul précise le sens de l'erreur commise dans son application; le dernier paragraphe contient quelques indications sur le choix des triodes à utiliser.

La différence de potentiel maxima d'un courant alternatif peut être obtenue très rapidement en utilisant le montage extrêmement simple que nous allons décrire.

Comme il ne s'agit que d'une application immédiate des propriétés des triodes, il est bien évident que depuis longtemps un

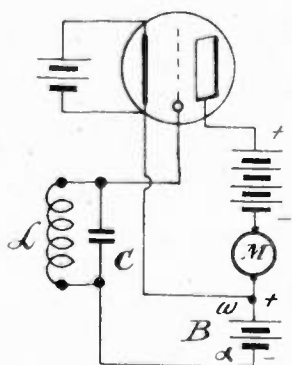


Fig. 1

certain nombre de sans-filistes ont dû utiliser cette méthode ou une méthode analogue (1). Toutefois, n'est-il peut-être pas inutile d'indiquer quelles précautions il y a lieu de prendre pour obtenir le maximum de sensibilité et de précision tel est le but de cet article.

(1) Effectivement, M. Jouaust m'a signalé que, dès 1910, il avait, en collaboration avec M. de la Gorce, utilisé une méthode analogue. Le principe en est d'ailleurs indiqué dans « la L. S. F. en 30 leçons », radiotéléphonie, p. 102. D'autre part, Paterson et Campbell (*Nat. Phys. Labor.*, 15, pp. 175-179, 1920) ont donné une méthode permettant la mesure de la différence de potentiel maxima, en utilisant une diode.

1. — Considérons, pour fixer les idées, un circuit oscillant LC (fig. 1), parcouru par un courant alternatif; l'une des armatures est reliée au point a , et l'autre à la grille d'une triode, les fils de connexions étant aussi courts que possible. Si le potentiel de grille u est suffisamment négatif par rapport à celui du point ω (qui sera pris pour origine), le courant filament-plaque I sera nul; il suffit, pour qu'il en soit ainsi, que le point de fonctionnement soit en P (fig. 2); de telle sorte que l'amplitude des oscillations fasse varier u de u_2 (point P) à u_1 (point a) ⁽¹⁾.

Le courant I sera nul pour $A = u_2 - u_1$. Pour avoir A , il faut donc mesurer u_2 et u_1 .

Pour avoir u_1 , il suffit (le circuit LC ne fonctionnant pas) de rendre la grille assez négative par rapport au filament, en intercalant un potentiomètre dans le circuit de grille. Lorsque le courant I , décelé

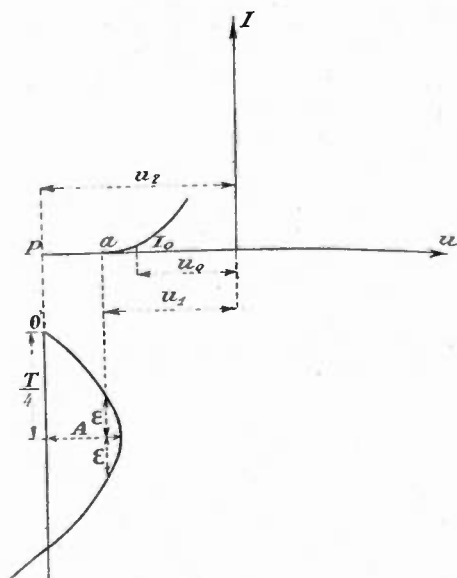


Fig. 2.

par le milliampèremètre M, deviendra nul, la différence de potentiel aux bornes du potentiomètre donnera u_1 . On recommence l'expérience en actionnant le circuit LC; il faudra donner à la différence de potentiel aux bornes du potentiomètre une nouvelle valeur u_2 , pour que I redevienne nul.

⁽¹⁾ La lettre u , affectée d'un indice, désignera toujours une grandeur essentiellement positive.

2. — Les avantages de la méthode sont les suivants :

1° Alors que l'électromètre ne donne que la valeur efficace, dont on ne peut pas déduire la valeur maxima, si le courant n'est pas sinusoïdal, on a ici directement la valeur maxima, laquelle ne pourrait être obtenue que par l'oscillographe,

2° La sensibilité est, dans de très larges limites, indépendante de la fréquence;

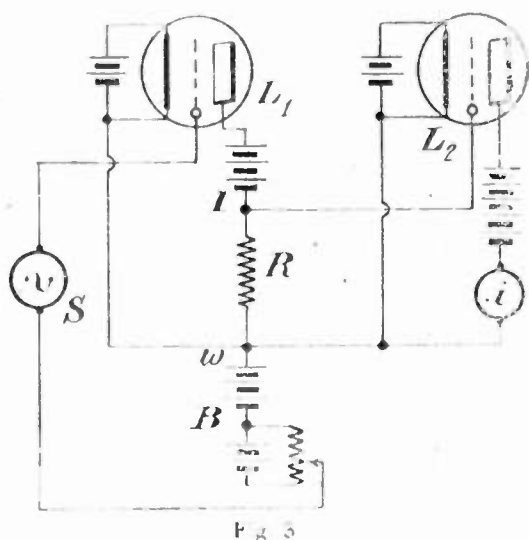
3° L'adjonction d'une triode au circuit oscillant ne trouble pas celui-ci, puisque le courant de grille est nul au moment de l'observation.

Par contre, la méthode présente le grave défaut suivant : on doit diminuer le potentiel de grille au moyen du potentiomètre B, jusqu'à ce que le courant indiqué par le milliampèremètre M soit nul; nous sommes donc obligés de repérer des variations de courant dans une région où celui-ci varie extrêmement lentement.

Lorsque le milliampèremètre M indique un courant nul, il est en réalité traversé par un courant I_0 non décelable, et nous mesurons un potentiel $u_0 < u_1$. De même, lorsque le circuit oscillant sera parcouru par des oscillations, le potentiel u'_2 de grille, pour lequel le courant I indiqué redevient nul, sera inférieur à u_2 ; la valeur de A sera donc erronée, puisque nous mesurerons $A' = u'_2 - u_0$ au lieu de $A = u_2 - u_1$.

Toutefois, nous voyons qu'il y a partiellement compensation puisque $u'_2 < u_2$ et $u_0 < u_1$. En tout cas $A' < A$, car l'erreur commise sur u'_2 est plus grande que celle commise sur u_1 .

3. — La méthode ne peut avoir quelque précision que si l'appareil



reil de mesure est très sensible. On arrive à des résultats satisfaisants en employant le dispositif classique de l'amplificateur à résistance (fig. 3). Le milliampèremètre est placé dans le circuit de plaque d'une lampe L_2 , le point de fonctionnement de cette dernière lampe étant choisi sur la partie rectiligne de la caractéristique. Lorsqu'on allume la lampe L_1 , la résistance R ⁽¹⁾ est traversée par un courant I , le courant plaque i de L_2 diminue; on fait varier le potentiel de la grille L_1 au moyen du potentiomètre B , jusqu'à ce que le courant i atteigne un maximum. Une mesure faite en l'absence de la source alternative S donne u_0 , une deuxième mesure faite avec S donne u_1 .

4. Le calcul permet de préciser le sens de l'erreur.

Nous supposons que la caractéristique du courant filament-plaque est tangente à l'axe sur lequel sont portés les potentiels de grille, en un point a correspondant au potentiel $u = -u_1$ (fig. 2).

L'équation de la caractéristique, dans la région étudiée, est de la forme

$$I = B + \alpha u + \beta u^2,$$

comme, pour $u = -u_1$ $I = 0$ et $\frac{dI}{du} = 0$,

il vient finalement $I = \beta (u + u_1)^2$.

En l'absence d'oscillations, on règle l'appareil de mesure de telle sorte qu'il n'indique aucun courant. Comme cet appareil n'a qu'une sensibilité limitée, il est en réalité traversé, comme nous l'avons déjà dit, par un courant I_0 correspondant au potentiel $u = -u_0$.

D'où $I_0 = \beta (u_1 - u_0)^2$.

Si la grille est soumise aux oscillations on a :

$$u = -u_2 + A \sin \omega t$$

d'où un courant filament-plaque :

$$I = \beta (u_1 - u_2 + A \sin \omega t)^2 = \beta [(u_2 - u_1)^2 + A^2 \sin^2 \omega t - 2(u_2 - u_1) A \sin \omega t].$$

Lorsque $A \sin \omega t < u_2 - u_1$, le courant I est rigoureusement nul, l'expression de I n'a de sens que pour les valeurs du temps telles que $A \sin \omega t > u_2 - u_1$, c'est-à-dire pendant un temps 2ϵ (fig. 2)

A chaque oscillation, il passe une quantité d'électricité :

$$q = \int_{\frac{T}{4} - \epsilon}^{\frac{T}{4} + \epsilon} I dt$$

⁽¹⁾ Le courant filament plaque de la lampe L_1 étant très faible (lorsqu'on est sur le point de faire la mesure), la résistance interne de cette lampe est très grande; il doit donc en être de même de la résistance R . L'expérience montre que l'on peut prendre pour R une résistance de l'ordre du mégohm.

Le courant moyen $I_m = \frac{q}{T}$.

La mesure consiste à diminuer le voltage de grille jusqu'à ce que le milliampèremètre M (fig. 1) indique le même courant nul qu'en l'absence d'oscillations; nous aurons donc $I_m = I_0$. Il est évident (puisque les oscillations n'agissent que pendant un temps très court, alors que I_0 était un courant constant, que

$$u_2 - u' > u_1 - u_2$$

et par conséquent $A' < A$ (° 2).

5. — Il est facile d'obtenir l'expression de I_m . En effet, on trouve :

$$q = \beta \left\{ \varepsilon [2(u_2 - u_1)^2 + A^2] + \frac{A^2 T}{4\pi} \sin \frac{4\pi\varepsilon}{T} - \frac{2AT}{\pi} \sin \frac{2\pi\varepsilon}{T} \right\}$$

Mais le temps ε est toujours une faible fraction de T , nous pensons donc confondre $\sin \frac{4\pi\varepsilon}{T}$ et $\sin \frac{2\pi\varepsilon}{T}$ avec les arcs correspondants.

Il vient donc :

$$q = 2\beta\varepsilon [(u_2 - u_1) - A]^2 \text{ et } I_m = \frac{2\beta\varepsilon}{T} [(u_2 - u_1) - A]^2$$

6. — On aura la valeur de l'amplitude A en écrivant que $I_m = I_0$.

$$\frac{2\beta\varepsilon}{T} [(u_2 - u_1) - A]^2 = \beta(u_1 - u_0)^2 \text{ et } A - u_2 - u_1 = \sqrt{\frac{T}{2\varepsilon}} (u_1 - u_0).$$

Il n'y a aucune ambiguïté sur le signe dont il faut affecter le radical, car $A > u_2 - u_1$; le second membre de l'égalité précédente doit donc être positif

$$\text{Finalement : } A = u_2 - u_1 + \sqrt{\frac{T}{2\varepsilon}} (u_1 - u_0) \text{ (}^1\text{)}.$$

Nous pouvons alors déduire la valeur de A de celle de A' .

On a :

$$A = u_2 - u_0 + u_0 - u_1 + \sqrt{\frac{T}{2\varepsilon}} (u_1 - u_0) = A' + (u_1 - u_0) \left[\sqrt{\frac{T}{2\varepsilon}} - 1 \right]$$

(¹) A étant constante, on doit pouvoir transformer son expression et la rendre indépendante de T .

On a en effet (fig. 2) $u_2 - u_1 = A \sin \frac{2\pi}{T} \left(\frac{T}{4} - \varepsilon \right) = A \cos \frac{2\pi\varepsilon}{T}$

$$\sin \frac{2\pi\varepsilon}{T} = \frac{2\pi\varepsilon}{T} = \sqrt{1 - \left(\frac{u_2 - u_1}{A} \right)^2} \text{ et } \frac{T}{2\varepsilon} = \frac{\pi}{\sqrt{1 - \left(\frac{u_2 - u_1}{A} \right)^2}}$$

A peut donc s'exprimer uniquement en fonction de u_2 , u_1 et u_0 .

Comme $\sqrt{\frac{T}{2\epsilon}} > 1$, nous retrouvons bien le sens de l'erreur commise, c'est-à-dire $A' < A$.

7. — Le choix de la lampe L_1 n'est pas indifférent; il est évident *a priori* que celle qui conviendra le mieux sera celle qui aura une courbure de la caractéristique très accentuée. D'ailleurs, pour une lampe donnée, cette courbure sera fonction du potentiel de plaque.

Si nous admettons que $I = \beta(u - u_1)^2$, le voltage de plaque optimum sera celui pour lequel β sera le plus grand possible.

Voici, à titre d'exemple, ce que l'on obtient pour une lampe type T. M., du modèle courant

Voltage plaque 80 volts.			Voltage plaque 40 volts.		
u	I		u	I	
— 8,8 volts	$1,15 \cdot 10^{-5}$ ampères		— 4,2 volts	$1,5 \cdot 10^{-5}$ ampères	
— 7,7 —	$4 \cdot 10^{-5}$ —		— 3,5 —	$4 \cdot 10^{-5}$ —	

On déduit de ces nombres :

$$\beta = 0,51 \cdot 10^{-5} \text{ pour 80 volts}$$

$$\beta = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ pour 40 volts}$$

Il y a donc un gros intérêt à utiliser ce dernier voltage.

M. David, ingénieur à l'E. C. M. R., que je remercie très vivement de ses conseils, a utilisé une lampe Philips D_1 (1). Pour un voltage de plaque de 26 volts et des valeurs de u égales à — 3,8 et — 3,6, les valeurs correspondantes de I sont $1,5 \cdot 10^{-5}$ et $2,5 \cdot 10^{-5}$ ampères. On en déduit $\beta = 3,26 \cdot 10^{-5}$. Cette lampe, employée d'habitude comme détectrice, est donc très nettement supérieure à la précédente.

Nous remarquerons enfin que, de la valeur de β , on peut en déduire celle de u_1 .

8. — *Expérience de contrôle.* — Pour contrôler la méthode, on ne pouvait pas utiliser un courant alternatif; celui-ci n'étant, en général, pas sinusoïdal, sa valeur maxima eût été inconnue.

J'ai utilisé le procédé suivant :

La source S était constituée par une batterie d'accumulateurs, le pôle négatif de ceux-ci étant relié à la grille de la lampe par l'intermédiaire d'un tikker.

Une première expérience a été faite avec le dispositif de la figure 1.

(1) Ces lampes sont peu vidées. M. de Mare, ingénieur aux Établissements Ducretet, a trouvé, en utilisant la méthode de Franck et Hertz, que le potentiel d'ionisation du gaz résiduel était de l'ordre de 23,5 volts, il faudra donc que le voltage de la plaque soit supérieur à 23,5 volts; au-dessous de ce voltage, la caractéristique du courant filament-plaque aurait une courbure beaucoup moins accentuée.

Sur les courbes de la figure 4, on a porté en ordonnées le courant filament-plaque compté en milliampères et en abscisses, de droite à gauche, la tension aux bornes du potentiomètre B. La courbe I correspond au cas où il n'y a pas de tikker et la courbe II au cas où le tikker est mis en action; les deux courbes se rejoignent en α . L'expérience montre que si la tension de B est de 93 volts, il y a une très

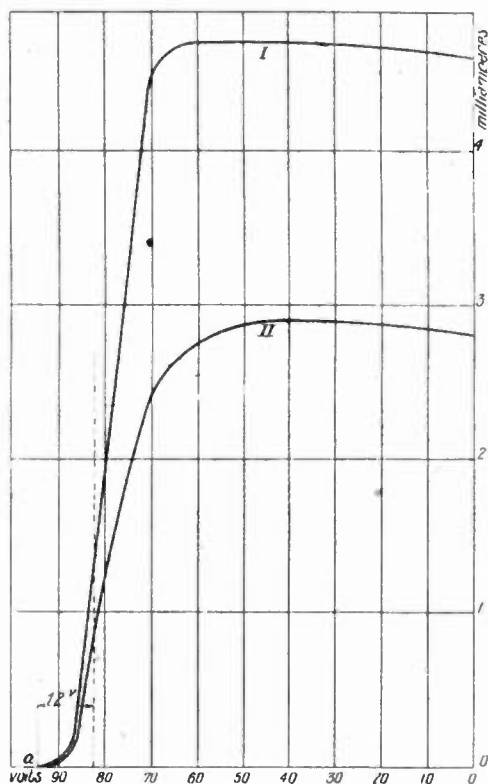


Fig. 4.

légère déviation; déviation qui ne se produit plus pour 94 volts. On mesure d'autre part u_0 en supprimant S; on trouve ainsi $u_0 = 12$ volts. La valeur de A est donc $A = 94 - 12 = 82$ volts; une mesure directe donne $A = 83$ volts.

La lampe utilisée était une lampe T. M.

Avec une lampe Philips D₁ et le montage de la figure 3, on a mesuré la tension aux bornes de une, deux, puis trois lampes montées en série et alimentées par le secteur continu, un tikker étant

intercalé dans le circuit de grille de L_1 . On a trouvé successivement pour valeur de u_1 les nombres 44, 82 et 120. Comme la valeur de u_0 avait été trouvée égale à 7 volts, les valeurs de Δ étaient 37, 75 et 113 volts. Une mesure directe a donné 37,5, 75 et 113,5 volts.

Enfin, M. David, toujours avec une Philips D_1 , mais sans dispositif d'amplification a trouvé comme valeur maxima du secteur alternatif 158 volts, la valeur efficace mesurée étant 115,2 volts; la valeur maxima, dans l'hypothèse d'un courant sinusoïdal, eût été 163 volts.

F. BEDEAU

M. P. David ayant eu connaissance de l'article de M. Bedeau nous communique la note suivante :

M. Bedeau ayant tenu à signaler que j'avais expérimenté, sur ses données, le procédé de mesure décrit ci-dessus, je me permets d'ajouter une remarque sur l'intérêt de ce procédé.

Il arrive fréquemment en radiotechnique que les tensions alternatives employées sont loin d'être sinusoïdales, et même que les alternances de tension d'un certain sens sont notablement plus faibles que les alternances de sens contraire. Par exemple, lorsqu'un transformateur débite dans un circuit-grille (transformateur microphonique, transformateur basse fréquence, etc.) ou dans un circuit-plaque (transformateur d'alimentation), l'alternance qui rend la grille ou la plaque positive correspond à un débit de courant notable. l'autre alternance à un débit presque nul; durant la première, le transformateur est en charge; durant la seconde, il fonctionne pratiquement à vide, la tension aux bornes n'est donc pas la même dans les deux cas et la différence peut être considérable avec les transformateurs de T. S. F.

Or, il est fort difficile de mettre en évidence cette déformation de la courbe de tension, surtout dans le cas des courants de grille, très faibles. L'oscillographe y peut réussir, mais on ne l'a pas toujours sous la main.

Le procédé de M. Bedeau fournit à ce problème une nouvelle solution extrêmement pratique; il suffit de faire deux mesures avec le dispositif de la figure 3, en intervertissant les connexions de la source S; on obtient deux valeurs différentes, qui sont respectivement les valeurs maxima des tensions des deux alternances.

On peut ainsi mesurer la tension maxima, positive et négative, *effectivement* appliquée aux lampes, ce qui est fort utile dans mainte recherche : rendement, distorsion, amplification, etc.

Pierre DAVID

NOTE SUR UN NOUVEAU PROCÉDÉ DE MODULATION DES ÉMETTEURS A LAMPES

Par Pierre DAVID

Ingenieur a la Radiotélégraphie militaire.

SOMMAIRE — L'article contient la description d'un nouveau montage permettant la modulation d'un poste a lampes. Ses avantages, résultats obtenus.

Parmi les tres nombreux procédés permettant de moduler un poste émetteur à lampes triodes, deux surtout sont couramment employés : le montage *a courant constant*, et le montage par *résistance variable de grille*. Le premier, imaginé par Heising, consiste a maintenir constant, au moyen d'une self-induction, le courant d'alimentation d'un ensemble de lampes, dont les unes sont oscillatrices, les autres modulatrices; sur la grille de ces dernières on applique les variations de tension provenant d'un microphone; il en résulte des variations de courant plaque; les lampes oscillatrices subissent alors des variations complémentaires dans leur alimentation, d'où modulation du courant à haute fréquence fourni par elles. Ce procédé permet une modulation excellente, mais il est très onéreux parce que le nombre de lampes modulatrices doit être au moins égal, sinon supérieur, au nombre de lampes oscillatrices.

Le deuxième procédé, décrit en détail pour la première fois par M. Beauvais, consiste à intercaler sur la grille des lampes oscillatrices une résistance variable, constituée par une lampe modulatrice; cette dernière étant de puissance plus faible que les premières, et ne nécessitant pas de tension plaque indépendante, ce montage est économique, toutefois, il a l'inconvénient de nécessiter une batterie spéciale et très bien isolée du sol, pour le chauffage de la lampe modulatrice.

Nous nous proposons de décrire ici un montage que nous croyons nouveau ⁽¹⁾ et qui réunit les avantages suivants :

- 1° Pas de batterie séparée,
- 2° Economie par rapport au montage « à courant constant », du fait qu'une lampe modulatrice peut moduler facilement *deux* lampes oscillatrices de même puissance, et parfois plus;
- 3° Simplicité et facilité de réglage très grandes.

Ce montage est le suivant :

Soient, par exemple, deux lampes génératrices O_1 O_2 (fig. 1). Nous

⁽¹⁾ Brevets demandés

avons supposé qu'elles étaient montées symétriquement aux extrémités du circuit oscillant LC, et que la réaction était obtenue par une self-induction R; mais tout autre montage, symétrique ou non, peut également convenir, ainsi qu'on en verra des exemples plus loin.

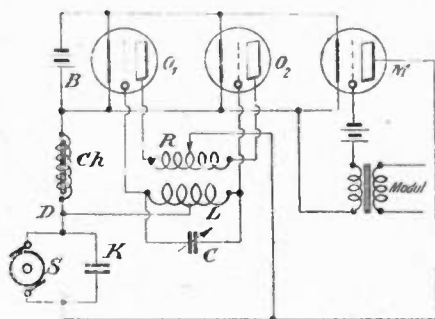


Fig 1

Le chauffage étant fourni par une batterie B, la tension plaque par une machine ou source quelconque S, les lampes fournissent au circuit oscillant une puissance alternative utilisée dans un circuit non figuré.

Pour moduler ce système générateur, ajoutons une troisième lampe, alimentée par les mêmes sources; sur la grille de cette lampe, nous ferons agir, par l'intermédiaire d'un transformateur ou d'un amplificateur quelconques, la source de modulation ou le microphone. Intercalons entre la batterie B et la source à haute tension S une self-induction suffisamment forte (plusieurs henrys, par exemple), et prenons le potentiel moyen des grilles des lampes génératrices « en aval » de cette self Ch, au point D.

Le fonctionnement se voit immédiatement; tant que l'on ne module pas, la self Ch n'a d'autre effet que de créer une chute de tension et de rendre les grilles négatives (il est facile de calculer sa résistance pour que le fonctionnement du poste en soit amélioré); lorsqu'une modulation est appliquée sur la grille de la lampe M, son courant plaque varie; le courant traversant la self Ch varie; la tension à ses bornes varie; cette variation de tension se trouve appliquée, d'une part, aux plaques des lampes O₁ O₂ (comme dans le procédé « à courant constant »), d'autre part, en D, aux grilles de ces mêmes lampes. cet effet sur les grilles est de beaucoup prépondérant, car le poste émetteur est en général bien plus sensible à une variation de tension moyenne de grilles, qu'à la même variation appliquée sur la plaque, on comprend donc que la puissance nécessaire pour moduler un

poste émetteur avec ce procédé soit nettement inférieure à la puissance nécessaire dans le cas du montage « à courant constant », et

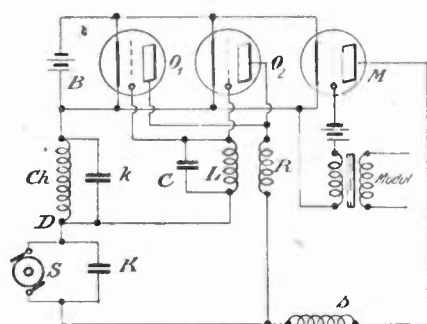


Fig. 2.

qu'une seule lampe M puisse moduler efficacement deux, trois ou quatre lampes de même type.

L'adaptation de ce procédé est immédiate au cas où le montage des lampes O_1 O_2 n'est pas symétrique; il suffit de placer à l'endroit

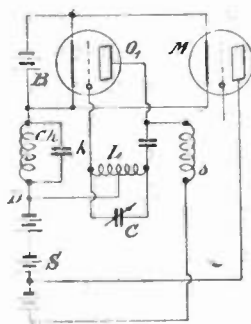


Fig. 3.

voulu une capacité k pour laisser passer la haute fréquence et une self s pour l'empêcher de gagner la lampe modulatrice (fig. 2). De nombreuses autres variantes peuvent également être réalisées; par exemple figure 3 on a supposé qu'une partie seulement de la tension de plaque des lampes oscillatrices était appliquée à la modulatrice.

Deux précautions seulement sont à prendre en pratique : donner à la self une valeur convenable, et, si elle est à fer, éviter qu'elle ne soit saturée par le courant continu qui la traverse; d'autre part, shunter s'il y a lieu, la source par une capacité K laissant passer la fréquence musicale.

Ce montage présente l'inconvénient que la source est portée à un potentiel différent de celui des accumulateurs B, c'est-à-dire du sol; mais, cette différence de potentiel étant petite vis-à-vis de la tension normale de la machine, l'inconvénient est absolument négligeable, surtout dans les petites installations.

A titre d'exemple, nous donnons figure 4 quelques fragments d'oscillogrammes ⁽¹⁾, montrant la modulation obtenue avec le mon-

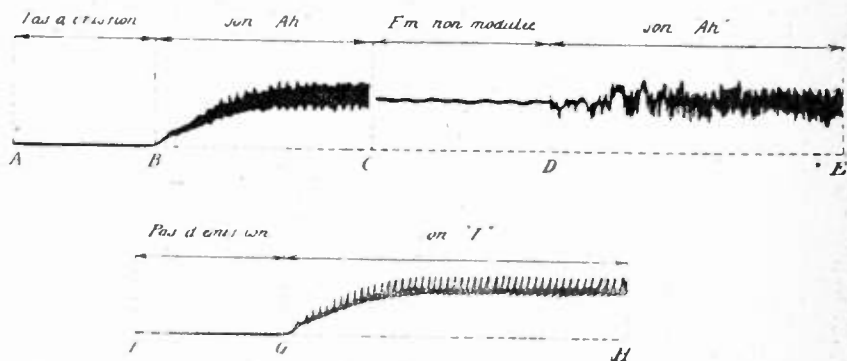


Fig. 4.

tage de la figure 1 réalisé au moyen de trois lampes type E. 4 (puissance dissipée sur la plaque : 60 watts).

On voit en AB la trace du *spot* en l'absence d'émission; cette ligne a été prolongée jusqu'en E pour donner le « zéro »; de B à C l'émetteur a été mis en marche tandis que le son « Ah » était émis devant le microphone. Un autre fragment de C à D montre le courant porteur non modulé; la modulation par le son « Ah » est reprise de D à E. On voit que la modulation se produit presque autant « en dessus » qu'« en dessous », et que sa profondeur est des plus satisfaisantes.

En FG on a de nouveau le zéro; en GH, la modulation due au son « I », cette voyelle, généralement fort maltraitée par les postes téléphoniques, donne ici lieu à une modulation de profondeur relative très grande. Les sons aigus étant bien rendus, la modulation est très bonne, et notée comme telle par les observateurs à l'écoute.

P. DAVID.

⁽¹⁾ Ces oscillogrammes ont été obtenus avec un dispositif analogue à celui décrit par M. Dubois, *Onde Electrique*, janvier 1925.

CONSTRUCTION D'AMPLIFICATEURS DE PUISSANCE SANS DISTORSION ⁽¹⁾

Par E.-W. KELLOGG, associé A. I. E. E.

RÉSUMÉ — La note s'occupe du problème de l'obtention du maximum de débit d'un triode amplificateur donné, la distorsion restant négligeable. Un triode peut être classé, dans ce but, d'après le débit en watts qu'on peut obtenir lorsqu'un potentiel sinusoïdal d'une amplitude aussi grande qu'il est possible d'utiliser pratiquement est appliqué sur la grille. Ce débit maximum est bien moindre que celui du même triode lorsqu'on le fait osciller. Etant donné une série de caractéristiques statiques pour un triode donné, la caractéristique dynamique pour toute résistance de charge se dessine immédiatement et le débit de puissance ainsi que la distorsion peuvent se déduire par simple lecture de la caractéristique dynamique. Une règle simple a été donnée par M. W. J. Brown pour déterminer les meilleures conditions de résistance de charge et de potentiel de grille pour un potentiel donné d'alimentation de la plaque. On montre que la meilleure résistance de charge est égale à deux fois la résistance interne de la lampe (espace filament-plaque). Si le potentiel d'alimentation plaque excède une certaine valeur, l'application des règles mentionnées conduit à un chauffage excessif de la plaque et de là découle un procédé différent qui nécessite un potentiel grille et une résistance de charge plus élevés. Il y a avantage à utiliser des triodes à faible résistance. Le circuit équilibré dit « push-pull », du fait qu'il réduit la distorsion, ne dispense pas de faire fonctionner les triodes dans des conditions convenables et n'augmente pas de façon appréciable le débit permis par triode. La caractéristique dynamique pour une charge inductive ne se dessine pas immédiatement, mais, en pratique, il suffit de déterminer les conditions d'emploi les meilleures, pour une charge non inductive, et ensuite de rendre l'impédance de la charge inductive suffisamment élevée pour que les variations du courant plaque restent à l'intérieur des mêmes limites que pour la charge non inductive. Une application importante des principes ainsi esquissés est le projet d'émetteurs radiotéléphoniques dans lesquels une distorsion sérieuse résulte de la surcharge des tubes modulateurs. Pour une modulation d'une profondeur moyenne, il doit y avoir de 2 à 4 tubes de modulation pour chaque tube oscillateur. Certains détails de construction sont discutés dans les paragraphes de la fin.

Problème rencontré dans les amplificateurs de puissance.

Dans le projet d'un amplificateur dont la fonction consiste à amener les sons de la voix ou les signaux radiotélégraphiques de la simple audibilité à une intensité suffisante au casque, le problème de la distorsion due à la courbure des caractéristiques du tube ne se pose pas ou, tout au moins, ne présente aucune difficulté. La chose importante pour le constructeur est d'obtenir un grand rapport

⁽¹⁾ Cet article est une traduction de l'article du *Journal of A. I. E. E.*, de mai 1925. nous remercions ce dernier de l'autorisation qu'il a bien voulu nous accorder de le publier dans *l'Onde Electrique*. Par suite de son importance, nous avons reproduit l'article *in extenso*.

d'amplification par étage et d'éviter de sérieuses inégalités d'amplification pour les différentes fréquences comprises à l'intérieur de la bande de fréquences envisagées.

Lorsque nous voulons construire un amplificateur pour alimenter un haut-parleur ou pour moduler un poste émetteur, le problème prend un aspect tout différent. Un haut-parleur sensible dans une petite chambre a besoin d'une puissance égale à environ cent fois celle qui est nécessaire à un casque et nous rencontrons ici une distorsion sérieuse si nous essayons d'utiliser de petites lampes ou un faible potentiel plaque; notamment, si nous poussons l'intensité au-dessus d'une valeur très moyenne, nous avons atteint la limite de puissance du dernier tube. En élevant le potentiel plaque et en rendant la grille plus négative, nous pouvons surélever la limite de puissance et obtenir une parole plus forte ou de la musique de bonne qualité, pourvu que nous ne dépassions pas la limite permise au potentiel plaque ou aux watts-plaque et pourvu qu'il y ait une ample émission électronique. Si nous avons besoin d'encore plus de puissance, nous devons employer une lampe plus grande ou utiliser plusieurs lampes en parallèle. Les amplificateurs construits principalement pour la puissance totale qu'on peut obtenir de l'étage final, sont de la classe que nous appelons ici « amplificateurs de puissance ».

Déterminations dans le cas d'ondes sinusoïdales.

La puissance relative qu'on peut obtenir de tubes à vide variés peut s'estimer selon leur débit de puissance extérieure en courant alternatif sinusoïdal, lorsque, dans chaque cas, on applique sur la grille un potentiel alternatif sinusoïdal. L'amplitude du potentiel grille exigible est ordinairement une considération secondaire puisqu'elle ne représente aucune consommation de puissance et est un facteur de minime importance dans la détermination de la dimension totale et dans le prix de l'amplificateur.

Comparaison avec les évaluations de l'oscillateur.

Les tubes de puissance tels qu'ils sont vendus comportent ordinairement une évaluation en watts. Ce chiffre représente le débit de haute fréquence en watts lorsqu'on utilise la lampe comme oscillateur. La puissance effective de la même lampe avec le même potentiel plaque est beaucoup moindre quand on désire une amplification sans distorsion, parce que l'amplificateur doit travailler dans une

portion droite ou presque droite de la caractéristique, alors que pour l'oscillateur une telle restriction n'existe pas. C'est ainsi que nous trouvons qu'un triode donnant un débit de 250 watts en oscillateur ne peut donner seulement que 22 watts de débit, dans le cas d'un courant sinusoïdal, lorsqu'il fonctionne comme amplificateur, dans la partie rectiligne de la caractéristique, au même potentiel moyen de plaque. La figure 1 montre, sur une petite échelle, la portée relative

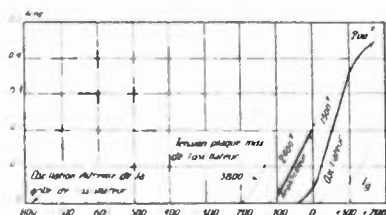


Fig. 1 — Comparaisons des intervalles de travail de l'oscillateur et de l'amplificateur

de travail. On notera que la portée de travail de l'amplificateur est limitée aux potentiels de grille négatifs. Si l'on permet à la grille de devenir suffisamment positive (par rapport à l'extrémité négative du filament) pour prendre un courant électronique appréciable, on impose de ce fait une charge irrégulière au triode précédent, ce qui occasionne une distorsion. En d'autres termes, il est nécessaire, non seulement que la caractéristique « courant plaque-volts grille » soit une ligne droite, mais que la caractéristique « courant grille-volts grille » soit droite aussi, dans toute la portée du travail et que l'on trouve la seule portion droite de longueur appréciable pour le courant grille nul.

Mesures nécessaires.

La première chose dont on doit s'occuper pour la construction d'un amplificateur de puissance est le choix du triode pour l'étage de puissance et la détermination des conditions de travail. Ceci nécessite l'étude des caractéristiques des lampes. Excepté le cas où l'on veut prendre certaines précautions mentionnées dans un paragraphe ultérieur, on peut négliger certainement les effets de capacités des électrodes dans un amplificateur basse fréquence.

Nous pouvons alors calculer le travail d'une lampe par ses caractéristiques statiques, c'est à-dire par les valeurs des rapports volts intensité mesurés point par point. Les caractéristiques nécessaires sont une série de courbes donnant le courant plaque en fonction du

potentiel grille, chaque courbe correspondant à une tension de plaque déterminée. La figure 2 montre les caractéristiques statiques pour un triode ayant une puissance de 250 watts comme oscillateur. Les séries des potentiels plaque choisis doivent être de préférence à des intervalles uniformes et suffisamment rapprochés pour que l'on ait au moins dix courbes allant d'environ $1/2$ V à 2 V, V étant la tension plaque moyenne de fonctionnement du triode. Les courbes pour les potentiels élevés n'ont pas besoin d'être tracées pour des valeurs de courant élevées. On doit prendre quelques-uns des points en fermant l'interrupteur et faire les lectures avant que la plaque n'ait eu le temps de trop s'échauffer.

Caractéristique dynamique.

Le circuit le plus simple à étudier est celui que montre la figure 3, dans lequel le débit de courant alternatif du triode est consommé dans la résistance même à travers laquelle le courant continu est conduit à la plaque. Bien que ce ne soient pas les conditions d'un circuit utilisé pratiquement, nous verrons que les conclusions tirées dans ce

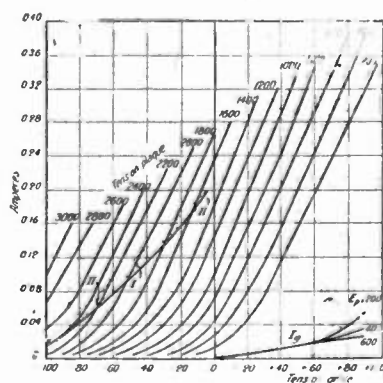


Fig. 2. — Caractéristiques statiques et dynamiques de lampe à trois électrodes.

cas sont applicables aux circuits communément employés que montrent les figures 8 et 9. La seule différence essentielle est que, dans ces derniers circuits, le potentiel moyen de plaque est pratiquement le même que le voltage d'alimentation.

Supposons, pour l'instant, que le circuit soit semblable à celui de la figure 3, et déduisons de la figure 2 la caractéristique en charge ou

caractéristique dynamique pour une valeur quelconque supposée de la résistance extérieure R et pour un potentiel d'alimentation E_s , par exemple : $R=5000$ ohms et $E_s=2500$. Si l'on donne au potentiel

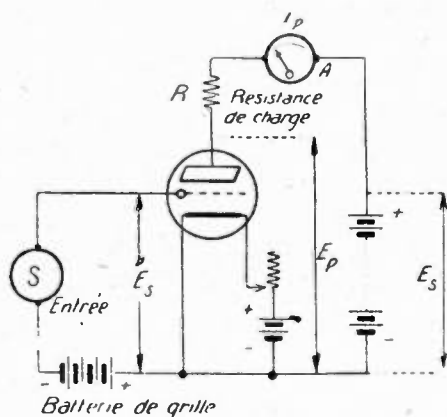


Fig. 3. — Circuit simple pour la détermination de l'étalonnage des lampes amplificatrices.

grille une valeur telle que le courant plaque soit de $1/10$ d'ampère, le potentiel plaque sera :

$$2500 - 0,1 \times 5000 = 2000.$$

De même, 2200 volts à la plaque correspondent à :

$$\frac{E_s - E_p}{R} = \frac{2500 - 2200}{5000} = 0,06$$

2400 volts correspondent à 0,02 et 1800 volts à 0,14. Ces points sont reportés pour les valeurs de courant sur les courbes correspondantes des tensions de la figure 2, et on y trace une courbe passant par ces différents points. Ce sera la caractéristique dynamique pour les conditions d'emploi supposées. On notera que, alors que la caractéristique dynamique ou courbe de travail est plus droite que les courbes pour potentiel plaque constant, elle commence à s'incurver pour des faibles valeurs du courant pour lesquelles les autres courbes tournent de façon très sensible. Ainsi, pour garder la distortion dans des limites convenables, le courant minimum ne doit pas tomber en deçà d'une certaine valeur. Dans le cas présent, nous prendrons $2/100$ d'ampère comme courant minimum. Ceci correspond à 2400 volts sur la plaque et -96 volts sur la grille. L'autre bout de la portée de travail correspond au potentiel de grille nul, qui, sur la courbe, correspond, comme on le voit, à 1500 volts sur la plaque et $2/10$ d'ampère. Un courant variable de $2/100$ à $2/10$ d'ampère équivaut

à un courant continu de 0^a,11 avec un courant alternatif superposé de 0^a,09 maximum ou de $\frac{0^a,09}{\sqrt{2}}$ eff. De même le potentiel variant de 1500 à 2400 volts est équivalent à un potentiel continu de

$$\frac{1500 + 2400}{2} = 1950 \text{ volts}$$

et d'un potentiel alternatif superposé de :

$$\frac{2400 - 1500}{2} = 450 \text{ volts maxima,}$$

ou $450 \cdot \sqrt{2}$ volts eff,

et la puissance alternative consommée dans la résistance R est :

$$\frac{0,09}{\sqrt{2}} \times \frac{450}{\sqrt{2}} = \frac{0,09 \times 450}{2} = 20,25 \text{ watts}$$

Le calcul de la puissance peut être donné par la formule :

$$\frac{(E_{\max} - E_{\min})(I_{\max} - I_{\min})}{8} = \frac{(2400 - 1500)(0,2 - 0,02)}{8} = 20,25 \text{ watts.}$$

Évaluation de la distorsion.

Dans le calcul de la puissance, il n'a pas été fait état d'erreurs possibles introduites du fait que la caractéristique n'était pas exactement une ligne droite. Dans la figure 4, la courbe I montre la forme du courant qui résulte de l'application sur la grille d'un potentiel alternatif sinusoïdal variant de 0 à -96 volts ou en d'autres termes,

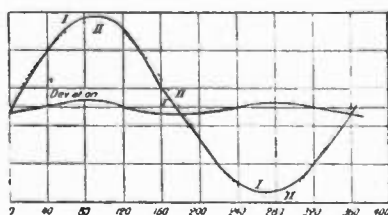


Fig. 4 — Forme du courant débité comparée à la forme sinusoïdale vraie.

de l'application sur la grille d'un potentiel fixe de 48 volts auquel on fait ensuite subir des variations $48 \sin \omega t$ volts. Si nous traçons une ligne droite II, sur la figure 2, qui passe au-dessous de I, aux deux extrémités, de la même quantité qu'elle passe au-dessus au milieu, et

si nous reportons la courbe de courant correspondante sur la figure 4, nous avons la véritable forme sinusoïdale II. La différence entre les deux courbes est presque entièrement une composante de fréquence double avec une amplitude de 0,056 fois celle de la fondamentale. Ainsi la courbe II est la composante fondamentale de la courbe I et son amplitude est de 0,09, c'est-à-dire précisément ce que nous avons admis en calculant la puissance. En général, quand la courbure est de même sens, comme c'est vrai dans presque tous les cas du problème actuel, la distorsion est due principalement à la production d'harmoniques pairs, et s'il y a uniquement de tels harmoniques la différence entre $I_{\max}$ et $I_{\min}$ est égale à deux fois l'amplitude de la fondamentale. S'additionnant à la puissance de 20, 25 watts, due à la fréquence fondamentale, fournie par la lampe à la résistance R, il y a une petite quantité de 0,0006 watts due aux fréquences plus élevées.

Si la caractéristique de travail (courbe I, fig. 2) a une pente variant uniformément, ou, si en d'autres termes, elle peut être représentée par une portion de parabole, le seul harmonique produit est l'harmonique 2 (fréquence double) et son amplitude est donnée par la quantité dont la courbe I tombe au-dessous de la ligne droite II, au centre, et s'élève au-dessus d'elle aux extrémités. Pour simplifier, il semble préférable de comparer les courbures sur la base du maximum d'écart de la courbe de travail par rapport à la ligne droite, et puisqu'une approximation très grande de la courbe actuelle est donnée par un arc de parabole, cet écart peut s'exprimer par le pourcentage d'harmonique 2 produit, en représentant par 100 l'amplitude de l'onde fondamentale. Dans la figure 2, la courbe I est à 0,005 ampères au-dessous de la courbe II, au centre, et au-dessus d'elle aux extrémités de la même quantité, de sorte que l'harmonique 2 a une amplitude de 0,005 ampères tandis que celle de la fondamentale est de 0,09 ampères.

Le rapport est $\frac{0,005}{0,09} = 0,056$ ou 5,6 pour 100. Si l'on avait tracé la ligne droite directement entre les extrémités de la courbe I, l'écart aurait été de 0,01 ampère au-dessus de la courbe I, au milieu, et le rapport de l'harmonique au courant total est de $\frac{0,01}{0,18}$, c'est-à-dire à nouveau 5,6 pour 100. Il n'est pas nécessaire de tracer la ligne droite. Le rapport de l'harmonique 2 à la fondamentale est égal à :

$$(1) \quad \frac{1/2(I_{\max} + I_{\min}) - I_0}{I_{\max} - I_{\min}} = \frac{0,11 - 0,10}{0,18} = 0,056,$$

équation dans laquelle I_0 est le courant plaque correspondant au

potentiel moyen de grille, qui est dans ce cas $\frac{0+96}{2}=48$ volts.

Il est parfois plus facile de trouver l'écart de la courbe par rapport à la ligne droite passant par ses extrémités, par une mesure horizontale, au lieu d'une mesure verticale, faite en son milieu. Cette déviation horizontale (qui s'exprime en volts grille) divisée par l'oscillation totale du potentiel grille, donnera le même rapport que l'écart vertical, divisé par l'oscillation totale du courant, pourvu que la courbe soit parallèle en son milieu à la ligne droite. Dans le cas qui nous occupe, la valeur moyenne du courant plaque est de 0,11 ampères, qui sur la courbe 1, correspond à - 43 volts grille et l'amplitude du second harmonique divisée par le potentiel grille total donne $\frac{48-43}{96}=0,052$. La différence des deux nombres tombe dans les limites de précision de lecture des courbes.

Si la distorsion, comme on vient de la calculer, est considérée comme supérieure à la limite permise, on peut la réduire en raccourcissant l'intervalle d'emploi, et particulièrement en élevant le courant minimum de la plaque. Par exemple, si le potentiel grille ne varie qu'entre 0 et - 88 volts, les autres conditions restant les mêmes, nous aurons

$\underline{E_p}$	$\underline{E_p}$	$\underline{I_p}$	
0	1 500	0,2	I_{max}
- 80	2 350	0,03	I_{min}
- 40	1 925	0,115	$1/2 (I_{max} + I_{min})$
- 44	1 962	0,1075	

* Puissance = $1/8 (850 \times 0,17) = 18$ watts.

Rapport de l'harmonique 2 = $\frac{0,0075}{0,17} = 0,044$, calculé au moyen des valeurs des courants ou bien en faisant le calcul par les potentiels-grille

$$\frac{4}{88} = 0,0455.$$

Effets d'une résistance de charge plus élevée.

Essayons maintenant une résistance de charge plus élevée, 10 000 ohms, en élevant le potentiel d'alimentation à 2 800 volts de sorte que le potentiel plaque soit 2 000, avec un courant de 0 amp. 08.

Ceci donne un point sur la courbe I de la figure 5, où les caractéristiques du même tube ont été retracées. Une variation de 200 volts à la plaque correspond à une différence de courant de $\frac{200}{10\ 000} = 0,02$ ampères.

En partant du point 2 000 volts et 0 amp. 08, nous pouvons tracer la nouvelle caractéristique dynamique en marquant une série de points

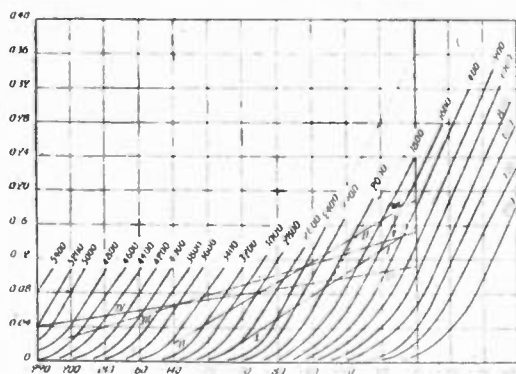


Fig. 5 — Caractéristiques dynamiques avec différentes valeurs de la résistance de charge

sur les courbes des potentiels successifs, chaque point différant du précédent, de 0 amp. 02. Prenant à nouveau 0 amp. 02 comme courant plaque minimum, nous trouvons que nous pouvons faire osciller la grille entre

0 et — 105 volts donnant

E_g	E_p	I_p	
— 0	1 280	0,152	$I_{\max}$
— 105	2 600	0,02	$I_{\min}$
— 49	1 940	0,086	$I/2 (i_{\max} + i_{\min})$
— 52,5	1 980	0,082 = I_0 (pour E_g moyen)	

Variation de courant totale : 0,132 ampères.

Variation de potentiel-plaque totale : 1 320 volts.

Puissance : $1/8 (0,132 \times 1\ 320) = 21,8$ watts.

Le rapport du second harmonique à la fondamentale est égal à

$$= \frac{0,086 - 0,082}{0,132} = 0,03, \text{ calculé par les valeurs du courant,}$$

$$= \frac{52,5 - 49}{105} = 0,033 \text{ calculé par les valeurs du potentiel-grille.}$$

Les chiffres ci-dessus sont comparables à ceux déduits de la

courbe I figure 2, le potentiel plaque étant le même dans les deux cas lorsque la grille est à son potentiel moyen. Deux résultats obtenus en élevant la résistance de charge doivent être notés; la puissance débitée est plus grande, et pour la même valeur de courant plaque minimum, la distorsion est moindre. La résistance interne de la lampe est d'environ 5000 ohms, et que l'on puisse délivrer plus de puissance à une charge de 10 000 ohms qu'à une charge de 5 000 ohms, cela peut sembler, à première vue, surprenant à ceux qui ont l'habitude de manier le réglage des impédances. Pour une oscillation de grille donnée, la charge de 5000 ohms recevra la plus grande puissance; avec une charge inductive élevée, la grille peut osciller davantage avant que la distorsion ne devienne sérieuse. La manière habituelle d'appliquer un potentiel à la grille (provenant d'un oscillateur, ou d'un microphone et d'un amplificateur, ou d'un poste récepteur) et de faire alors varier l'impédance de charge en essayant des transformateurs de rapports différents et choisissant la prise qui donne le meilleur réglage est mauvaise. Une prise qui donne un son plus faible que le son maximum peut, quand le débit d'entrée est réajusté, permettre à l'amplificateur de délivrer plus de puissance sans distorsion.

Conditions optima quand le potentiel est limité.

M. W. J. Brown ⁽¹⁾ a donné une règle simple pour choisir la meilleure impédance de charge, et la portée de travail, dans le cas où

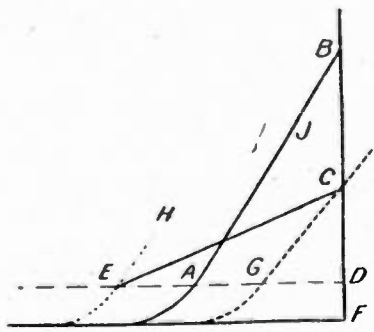


Fig. b. — Diagramme illustrant la méthode de détermination des meilleures conditions de fonctionnement.

la tension moyenne de plaque est limitée à une certaine valeur, et démontré aussi que la puissance maximum sera reçue par une résis-

(¹) Discussion. Résumé sur les haut-parleurs, *Proceedings of London Physical Society*, vol. 36, 3^e partie, 1^{er} avril 1924.

tance de charge égale à deux fois la résistance interne de la lampe. Dans la figure 6, FD est la valeur minimum du courant plaque, au-dessous de laquelle la courbure devient excessive ; AB est la courbe du courant plaque pour un voltage plaque constant égal au voltage moyen de plaque supposé dans le problème et EC est la courbe de travail. La courbe GC de potentiel constant correspond au potentiel minimum et EH au potentiel maximum. L'amplitude de potentiel est $r \times BC$ où r est la résistance interne de la lampe et le potentiel efficace du courant alternatif est $\frac{I}{\sqrt{2}} r \times BC$. La quantité CD est égale à deux fois l'amplitude du courant, c'est-à-dire que l'intensité efficace du courant alternatif est égale à $\frac{I}{2\sqrt{2}} \times CD$. Le produit de $I_{eff} \times V_{eff}$, où la puissance est égale à

$$\frac{1}{\sqrt{2}} r \cdot BC \cdot \frac{I}{2\sqrt{2}} \cdot CD = \frac{r}{4} \cdot BC \cdot CD$$

Puisque la quantité BD est fixe, le produit $BC \times CD$ est maximum quand $BC = CD$ ou quand C est à mi-distance entre B et D . La valeur de la résistance extérieure est égale à

$$\frac{\text{amplitude du potentiel}}{\text{amplitude du courant}} = \frac{r \times BC}{\frac{1}{2} CD} = 2r \text{ quand } BC = CD.$$

La position du point C et la valeur de la résistance de charge déterminent la caractéristique de travail EC , et son point d'intersection avec AB détermine la valeur convenable du potentiel grille.

Dans ce qui précède, on a supposé que r est constant, mais comme ce n'est pas exact, le résultat n'est qu'approché. Pour des courants élevés, r est moindre que pour des courants faibles et la valeur de r dans l'équation

$$\text{amplitude du potentiel} = r \times BC$$

change selon la position du point C ; r étant fonction de la position de C , la condition $BC = CD$ pour que le produit $r \times BC \times CD$ soit maximum, n'est plus exacte. La forme des caractéristiques au-dessus du niveau du point C ne peut avoir aucune relation avec l'opération. Il semblerait logique d'utiliser une valeur de r correspondant à des courants entre FD et FC , et de situer le point B comme si la même valeur de r se maintenait pour les courants plus élevés. Ceci veut

dire, simplement, qu'on trace droite la partie supérieure de la ligne AB, en lui maintenant une pente égale à celle qui existe dans la zone de travail AJ. Ce point est spécifié, non pas parce que l'erreur dans la méthode décrite par M. Brown est en général sérieuse, mais parce que, dans beaucoup de cas, les parties supérieures des courbes AB sont plus difficiles à obtenir expérimentalement, ou bien qu'il peut manquer des points pour pouvoir les tracer. Comme dans maint autre problème concernant les « maxima », la précision ici n'est pas nécessaire, le débit restant presque constant dans une large bande de valeurs de résistances de charge.

Limite donnée par les pertes dans la plaque.

Nous avons jusqu'ici considéré le cas où la tension plaque est limitée, par exemple, par l'alimentation dont on dispose, mais où aucune autre limite n'est imposée. Si l'on peut augmenter suffisamment la tension d'alimentation pour permettre à la lampe de débiter toute la puissance dont elle est capable, la limite de débit peut être atteinte ou bien par la puissance qui peut être dissipée par la plaque sans accident, ou par une combinaison de dissipation et d'isolement de plaque. Pour des tensions au-dessous d'une certaine valeur, la règle illustrée par la figure 6 est applicable. Appliquant cette règle, le débit va en augmentant très vite, lorsqu'on augmente la tension, et la puissance moyenne fournie à la plaque augmente aussi rapidement. Par exemple la courbe I de la figure 5 est tracée pour une seule moyenne de plaque de 2 000 et donne 21 watts 8 de débit et 162 watts de perte dans la plaque. La courbe II est tracée pour 2 400 volts et donne un débit de 40 watts 8 et une perte-plaque de 250 watts. C'est la perte plaque maximum que nous puissions nous permettre sans crainte d'accident pour la lampe en question. En dessous de ce point, le courant moyen de plaque a été augmenté par l'augmentation du potentiel. Pour des potentiels plus élevés, le courant-plaque doit être limité à

perte admissible dans la plaque
potentiel moyen de plaque

Le potentiel moyen de plaque et le courant plaque déterminent le potentiel grille. Puisque le potentiel de la grille peut osciller jusqu'à zéro dans la direction positive, l'oscillation extrême négative sera égale à deux fois le potentiel. La valeur minimum du courant plaque et le potentiel extrême, négatif de grille, fixent l'extrémité inférieure de la caractéristique de travail et le potentiel plaque maximum. Ainsi, nous avons la variation du potentiel et la variation du courant, d'où nous déduisons la résistance de charge et le débit de puissance.

Considérant à nouveau la figure 5, si le potentiel moyen de plaque est 3 000, le courant moyen est limité à

$$\frac{250 \text{ watts}}{3\,000 \text{ volts}} = 0 \text{ amp. } 0 \text{ } 833$$

Sur la courbe « 3 000 volts », nous trouvons que le potentiel grille correspondant à 0 amp. 0 833 est : — 103 volts. La grille peut donc osciller entre 0 et — 206 volts. Le potentiel plaque correspondant à 0 amp. 02 (supposé être le courant minimum) et à — 206 volts-grille, est de 4 700. Donc la variation du potentiel est de :

$$4\,700 - 3\,000 = 1\,700$$

La variation de courant est

$$0,0833 - 0,02 = 0,0633.$$

La résistance de charge :

$$\frac{1\,700}{0,0633} = 26\,800 \text{ ohms.}$$

Le débit de puissance :

$$\frac{1\,700 \times 0,0633}{2} = 54 \text{ watts.}$$

Connaissant la résistance de charge, on peut tracer la courbe de travail. Si son intersection avec l'axe des volts-grille montre que l'oscillation du courant et du potentiel pendant cette demi-période est plus grande que pendant l'autre demi-période, il y aura une correction à faire au calcul de la puissance. Dans le cas actuel, le courant maximum est de 0 amp. 148 et le potentiel minimum est 1 250 volts. Le calcul révisé de la puissance est alors :

$$\frac{(4\,700 - 1\,250) (0,148 - 0,02)}{8} = 55.$$

Si la courbure est faible, comme dans ce cas, il n'est pas nécessaire de tracer la courbe, le premier calcul étant suffisamment précis.

Si on ne peut se servir des caractéristiques expérimentales pour les potentiels extrêmement élevés, le même résultat peut s'obtenir quand la courbure est faible, en situant l'extrémité supérieure de la caractéristique de travail, qui se trouve sur l'axe des volts-nuls, avec une valeur de courant-plaque aussi élevée au-dessus de la moyenne que le minimum ne l'est au-dessous de cette moyenne. Si la courbure est grande, il vaut mieux suivre la première méthode, traçant, si c'est nécessaire, des courbes à potentiel constant additionnelles par extrapolation. Il est heureux que pour la facilité de l'extrapolation, les

caractéristiques à potentiel constant soient identiques, dans leur forme, et que chacune se déduise de la précédente par un déplacement horizontal égal à l'intervalle de potentiel divisé par la constante d'amplification de la lampe.

On peut voir, par ce qui suit, que la méthode qui vient d'être décrite donnera le plus grand débit possible de puissance, pour le potentiel et le courant plaque moyen. En faisant osciller la grille de 0 à 2 fois le potentiel, nous utilisons l'oscillation de grille la plus grande permise; en augmentant le potentiel mis sur la grille, sans augmenter le potentiel plaque, on n'aurait seulement qu'une faible augmentation dans les fluctuations de grille, mais une très grande réduction dans les variations de courant. Toute résistance de charge plus faible provoquera une baisse de l'extrémité inférieure de la courbe de travail au-dessous du minimum de courant plaque permis, et provoquera donc de la distorsion. Toute résistance de charge plus élevée, avec la même oscillation de grille, diminuera le débit, parce que nous utilisons déjà une résistance beaucoup plus grande que la résistance interne de la lampe, et c'est un principe général que pour une oscillation de grille donnée, plus la résistance de charge peut se rapprocher de la résistance de la lampe, plus grand sera le débit de la lampe.

Le tableau suivant montre comment varie le débit de la lampe, dont les caractéristiques sont données par la figure 5, avec l'alimentation-plaque.

Le potentiel E_c donné dans la première colonne est le potentiel plaque lorsque la grille est mise à son potentiel et I_c est le courant-plaque correspondant.

Volts Plaque E_c	Amperes Plaque I_c	Potentiel de grille	Perte Plaque	DEBIT			Résistance de charge	Rapport du second harmonique.
				Amperes Max C A	Volts Max C A	Watts		
1 980	0.082	— 52.5	162	0.066	600	2.8	10 000	0.03
2 460	0.10	— 71	246	0.085	900	40.7	11 250	0.03
3 000	0.0833	— 103	250	0.064	1 725	55	26 800	0.0052
4 000	0.0625	— 157	250	0.0425	2 970	63	70 000	
5 000	0.05	— 210	250	0.03	4 120	62	137 000	

Puisque la lampe n'est pas construite pour pouvoir résister à plus d'environ 2500 volts, le maximum de débit qu'on puisse réaliser est 41 watts. Le but qu'on se propose en poursuivant les calculs pour les

potentiels élevés est surtout d'illustrer la méthode de détermination de l'impédance de la charge et celle du débit, quand la perte plaque plutôt que le voltage plaque est le facteur limitatif, et aussi de donner certaines relations. Dans le tableau ci-dessus, on a pris le courant minimum égal partout à 0 amp. or, bien qu'en se basant sur le fait qu'avec les résistances de charge élevée la distorsion est moindre, on aurait pu réduire convenablement la limite inférieure du courant. Si on l'avait fait, le débit maximum aurait été atteint pour un potentiel encore plus élevé. Si nous avions permis au courant minimum de s'annuler, on aurait vu que le débit aurait grandi indéfiniment avec l'augmentation du potentiel. Ceci se produit aussi parce que le potentiel ne peut pas s'annuler.

La puissance de débit de la lampe est

$$1/2 (I_0 - I_{\min}) (E_0 - E_{\min}) \text{ qui devient}$$

$$1/2 I_0 (E_0 - E_{\min}) = 1/2 I_0 E_0 - 1/2 I_0 E_{\min} \text{ si } I_{\min} = 0$$

Quand on augmente le potentiel, les watts d'alimentation $E_0 I_0$ étant maintenus constants, I_0 diminue, et aussi E_0 minim, de sorte que le débit augmente et s'approche de

$$1/2 E_0 I_0.$$

Valeur limite du débit.

Si l'impédance de la lampe est abaissée par une grille plus serrée ou par un espacement moindre des électrodes, E_0 peut être réduit, et on peut obtenir un débit plus élevé. Si nous imaginons une lampe à impédance assez faible pour que le potentiel puisse s'abaisser à zéro aussi bien que le courant, le débit sera $\frac{1}{2} E_0 I_0$, ou la moitié de la perte plaque permise et si cette dernière est maintenue constante, le débit sera indépendant du potentiel choisi. En pratique, on voit en général que pour une valeur donnée de la perte-plaque, plus l'impédance de la lampe est faible, plus est élevé le voltage d'alimentation, plus le débit sera grand, et pour la meilleure utilisation, une lampe d'amplificateur de puissance devra travailler au potentiel le plus élevé compatible avec une longue durée.

Le débit déduit de la perte-plaque.

La puissance moyenne $E_0 I_0$, fournie à une lampe d'amplificateur dont la caractéristique est en ligne droite est la même, qu'un voltage alternatif soit appliqué sur la grille ou que le potentiel grille reste stationnaire à sa valeur de départ. Lorsque la lampe agit sur une

charge non inductive, la perte-plaque est réduite par le montant du débit utile. Toutefois, ceci ne permet pas de rendre $E_0 I_0$ plus grand que la perte-plaque autorisée, car les amplificateurs n'opèrent pas avec une oscillation de grille donnée quelconque; et même si un amplificateur devait être utilisé pour la production constante d'un son, le voltage alternatif pourrait varier à chaque instant. On n'en conclura pas non plus que, dans tous les amplificateurs, la perte-plaque s'abaissera quand un potentiel alternatif sera appliqué à la grille. S'il y a une courbure trop grande, ou une oscillation excessive, le courant moyen augmentera généralement, et si la charge a une faible résistance, il y aura peu de puissance absorbée dans la résistance pour compenser l'augmentation de watts fournis. Dans de pareilles conditions, la perte-plaque peut augmenter lorsqu'un potentiel alternatif est appliqué à la grille.

Distorsion permise.

En comparant les lampes différentes pour un but donné, ou en déterminant l'étalonnage des puissances des lampes, il serait logique de donner une valeur limite de la distorsion. Pour des travaux scientifiques ou des mesures, la distorsion permise dépendrait de la nature du travail. D'un autre côté, pour la reproduction de la parole ou de la musique, il ne semble pas possible d'assigner une règle générale pour la quantité de distorsion permise. Il y a de bonnes raisons de croire que l'audibilité de l'oreille n'est pas linéaire, ou en d'autres termes, que des harmoniques se produisent dans l'oreille elle-même⁽¹⁾. Ceci étant le cas, l'oreille ne serait pas sensible à la production des super-tons dans les amplificateurs. D'un autre côté, si la caractéristique de travail est bien droite sur une certaine longueur et ensuite s'incurve brutalement, on note rapidement un affaiblissement de qualité, si l'oscillation de grille excède celle qui correspond à la partie droite de la caractéristique. Il semblerait qu'une déviation beaucoup plus grande de la ligne droite puisse être permise, lorsque la courbure est pratiquement uniforme, que lorsque la caractéristique s'infléchit brusquement. Alors qu'il ne semble pas possible de donner une limite à la distorsion applicable à toutes les lampes, il ne semble pas difficile de décider dans chaque cas particulier, quelle est la limite pratique de distorsion. Par exemple, dans le cas de la lampe dont les caractéristiques sont données figure 5, si nous supposons $E_0 = 2500$ volts,

⁽¹⁾ • Sensation de son », par Helmholtz, édition de 1877, ch. VII. Des mesures quantitatives confirmant cette théorie sont données par R. Wegel et C. Lane, *Physical Review*, février 1923, *Auditory Masking of One Pure Tone by Another*.

et si la perte-plaque n'excède pas 250 watts, nous pouvons assigner au courant minimum différentes valeurs et trouver dans chaque cas le maximum de puissance qu'on peut obtenir. Un faible courant minimum signifie une courbure considérable permise, mais permet d'obtenir plus de puissance. La figure 7 montre le débit de puissance

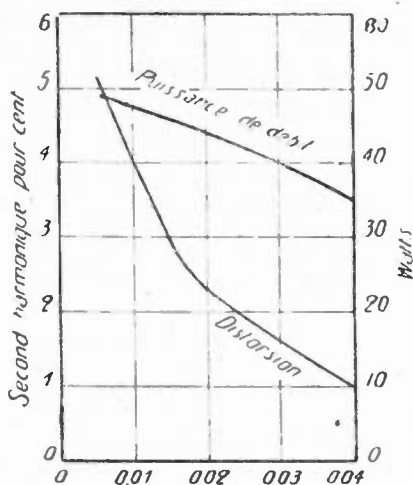


Fig. 7 — Courant minimum en ampères

et la distorsion, fonctions de I_{min} . On notera qu'en dessous de 0,02 ampères, le gain en puissance est faible et l'augmentation de distorsion rapide. Une analyse de nombreuses lampes en service indique qu'il est rarement nécessaire de permettre une distorsion de plus d'environ 5 %, dans le but de réaliser presque complètement le débit utile dont la lampe est capable.

Circuit push-pull.

Dans cet ordre d'idées, la question se pose naturellement de savoir si la portée de travail de l'amplificateur peut être augmentée en utilisant un circuit *push-pull* pareil à celui que montre la figure 8. Un tel montage élimine les harmoniques pairs si les caractéristiques des lampes sont identiques, et c'est donc là un moyen possible d'éliminer la distorsion. Le gain en débit par tube, toutefois, est faible. En considérant la figure 5, courbe II, nous voyons que, dans l'intervalle de travail considéré, la courbure est très légère, mais que nous ne pouvons pas étendre la courbe du côté le plus bas, sans la redresser horizontalement, ni du côté le plus élevé sans mettre la grille positive. Essayer

d'amener la grille positive provoque une distorsion du potentiel grille, ce qui, sur le courant plaque, a le même effet que si la forme du potentiel grille n'était pas affectée, mais que la caractéristique de travail soit incurvée vers l'horizontale, à droite du point nul du potentiel grille. Une caractéristique de travail qui s'incurve horizontalement à ses deux extrémités ou, en d'autres termes, a une courbure qui se renverse, provoque des harmoniques impairs dans la forme du courant de sortie, et le circuit équilibré ou *push-pull* ne neutralise pas les har-

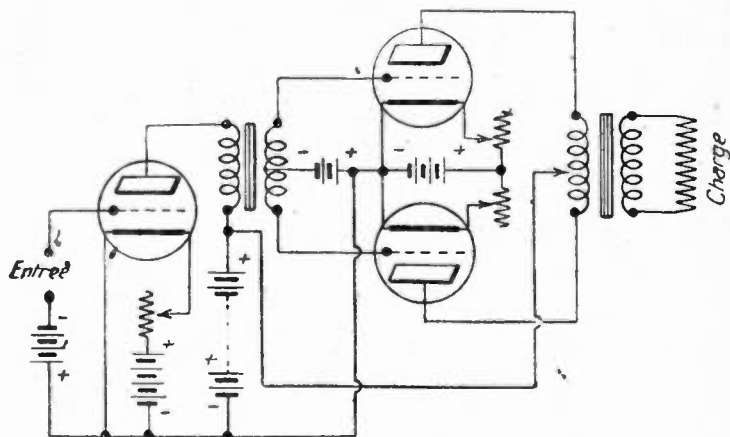


Fig. 8. — Circuit amplificateur équilibré ou « push-pull »

moniques impaires. Bien que le circuit push-pull ne permette pas d'augmenter de façon appréciable la portée de travail des lampes, il y a certains cas où il est avantageux. Pour un travail scientifique, il importe de réduire toute distorsion à une valeur minimum, et si les lampes travaillent dans une zone très réduite, de sorte que, seules, les harmoniques à fréquence double se produisent, le circuit équilibré peut être fait de façon à éliminer pratiquement la distorsion. Il possède un avantage pratique, en ce que les courants continus dans les deux moitiés de l'enroulement du transformateur de sortie s'équilibrent magnétiquement l'un l'autre, réduisant ainsi la tendance à la saturation du noyau, et rendant possible un transformateur plus léger et plus petit. A l'encontre de ces avantages, le circuit push-pull nécessite un transformateur entre étages qui introduit de la distorsion.

(A suivre)

E.-W. KELLOG.

CONGRÈS D'AMATEURS BELGES DE T. S. F.

tenu à Bruxelles, salle Blanche de l'Hôtel Métropole

le 23 août, à 10 h. 1/2

Le Congrès d'Amateurs de T. S. F. réuni à Bruxelles sous les auspices de l'Union Radio-Club de Belgique, le 23 août 1925, en une assemblée de plus de cent amateurs et comportant les délégués officiels du Radio-Club du Hainaut à Mons, du Bassin de Charleroi à Charleroi, du Centre à La Louvière, de l'Union Radio-Club de Liège, de Morlanwez, de Tongres, de Courtrai, de Bruxelles, ainsi que de nombreux amateurs de ces clubs et du Réseau Belge, du Radio-Club de Bruxelles, du Radio-Club de Louvain, du Radio-Club d'Anvers, du Cercle d'études de T. S. F. de Bruxelles, du Radio-Club de Malines, d'auditeurs adhérents de Radio-Belgique, a examiné le projet de réglementation des émissions radioélectriques d'amateur et autres que l'Administration des Télégraphes et Téléphones a adressé à ceux qui avaient sollicité l'autorisation d'établir une station d'émission radioélectrique.

Ce projet est ainsi libellé :

« Bruxelles, le 29 juillet 1925.

« Monsieur,

• Comme suite à votre lettre du 27 juillet 1923, par laquelle vous sollicitez l'autorisation d'établir une station radioélectrique privée d'émission, je vous prie de vouloir bien me renvoyer le bulletin ci-joint dûment complété.

• Bien que la réglementation en cette matière ne soit pas encore définitivement fixée, je note, pour votre gouverne, que selon toutes probabilités :

• 1° Les autorisations de l'espèce seront, en tout état de cause, subordonnées au paiement préalable d'une taxe annuelle de contrôle variant entre 100 francs et 200 francs, selon le but de l'installation. De plus, les stations destinées à l'établissement de communications privées et les postes de diffusion seront soumis à une redevance annuelle d'utilisation proportionnée à la puissance alimentation du poste,

• 2° Les types d'ondes susceptibles d'être autorisés seront les suivants :

• a) Pour la télégraphie : ondes entretenues pures, à l'exclusion des ondes entretenues modulées ;

• b) Pour la téléphonie : ondes entretenues modulées par la parole ou par les sons musicaux.

• Seules les stations d'essais et de recherches scientifiques pourront, dans certains cas spéciaux, être exceptionnellement autorisées à faire usage à l'émission d'ondes amorties et d'ondes entretenues modulées manipulées ;

« 3° Les puissances et les longueurs d'onde pouvant être utilisées par les postes émetteurs privés seront comprises dans les limites ci-après :

« a) Stations fixes et postes mobiles destinés à l'échange de communications privées.

« Puissance : proportionnée à la distance à franchir et aux circonstances éventuelles, limitée à 200 watts-alimentation ;

« Longueur d'onde : 150 mètres à 200 mètres en télégraphie et en téléphonie.

« b) Stations de diffusion radioélectriques.

« Puissance mise en œuvre strictement limitée à celle qui sera nécessaire pour couvrir la zone d'action qui sera attribuée à la station émettrice à l'intérieur du pays ; maximum : 5 kw

« Longueur d'onde : 220 mètres à 280 mètres ou 1 000 mètres à 1 050 mètres, en télégraphie et en téléphonie

« c) Stations d'essais et de recherches scientifiques.

« Les puissances et longueurs d'onde seront déterminées dans chaque cas suivant le but à atteindre.

« d) Stations d'amateur ou de démonstration

« Puissance : limitée à 30 watts-alimentation.

« Longueur d'onde : 45 mètres à 50 mètres, 95 mètres à 105 mètres ou 180 mètres à 200 mètres en télégraphie et en téléphonie.

« A titre d'information, j'annexe à la présente un exemplaire de la loi du 10 juillet 1908 et de l'arrêté royal du 3 novembre 1913 sur la télégraphie sans fil et la téléphonie sans fil par les radiations électriques.

« Agréez, Monsieur. »

Le Congrès prend acte de ce que l'Administration des Télégraphes et Téléphones admet en principe la liberté d'émission radioélectrique et de ce qu'il n'y a plus qu'à poursuivre désormais avec le plus d'activité possible l'élaboration d'une réglementation qui soit un *modus vivendi* pour tous les intéressés.

Le Congrès, voulant éclairer le gouvernement du pays sur les desiderata des amateurs, exprime au sujet du susdit projet de réglementation les vœux suivants :

Sur le 1^o du projet ci-dessus il émet le vœu de voir la taxe frappant les stations d'amateurs ou de démonstrations ne pas dépasser le double de la taxe actuelle sur les simples postes de réception, soit au maximum 40 francs, en considération de ce que une taxe plus élevée serait prohibitive pour des amateurs peu fortunés mais néanmoins très intéressants

Sur le 2^o du projet ci-dessus, paragraphe a, il émet le vœu que des émissions sur ondes entretenues modulées soient autorisées aux amateurs à certaines heures, par exemple, après 11 heures du soir, sur certaines longueurs d'ondes, en considération de ce que la pro-

duction d'ondes entretenues pures est fréquemment très onéreuse et que exclure complètement de la radiotélégraphie d'amateur les ondes entretenues modulées serait exclure définitivement toute une catégorie très intéressante d'amateurs. La plupart des autres États d'Europe autorisent l'utilisation des ondes modulées.

Sur le 3^e du projet ci-dessus, paragraphe c, traitant des stations d'essais et de recherches scientifiques, émet le vœu que cette catégorie ne soit pas rendue inaccessible aux amateurs et que les travaux de ces stations soient entourés de toutes les garanties désirables quant à la sauvegarde de la propriété scientifique des travaux et découvertes.

Sur le 3^e du projet ci-dessus, paragraphe d, traitant des stations d'amateurs ou de démonstration, émet le vœu que la puissance autorisée ne soit limitée que entre 50 et 100 watts alimentation.

Émet le vœu que soient attribuées aux amateurs les trois gammes de longueur d'onde prévues au Congrès International des Amateurs de T. S. F. tenu à Paris du 14 au 19 avril 1925 et qui sont pour l'Europe :

43 à 47 mètres, 70 à 75 mètres, 95 à 115 mètres
afin de faciliter les essais internationaux.

Émet le vœu de voir accorder aussi aux amateurs la gamme en dessous de 20 mètres et maintenir la gamme du projet de l'administration de 180 mètres à 200 mètres particulièrement utile aux phonistes.

Le Congrès a exprimé l'espoir que le Gouvernement, le Ministre des Postes, Télégraphes et Téléphones et les dirigeants de son administration voudront accueillir favorablement les vœux exprimés ci-dessus, afin que de cette collaboration tacite sorte le statut qui assurera dans la paix ultérieure l'avenir du radioamateurisme belge pour le plus grand bien du pays.

Le Congrès a de plus délégué mandat à un comité technique composé d'amateurs particulièrement compétents :

MM. Boel Raymond, Bradfer René, Daufresne de la Chevalerie Roger, Deloor Robert, Harze Maurice, Mußsche Joseph, Van Breuseghem Raymond, Van Gasse Edmond.

Pour formuler l'argumentation scientifique qui milite en faveur des vœux émis, chacun de ces délégués techniques est prié de faire un rapport sur la question, et de le communiquer au président du Congrès qui les convoquera sans tarder pour que de commun accord une forme définitive soit donnée au rapport technique qui doit compléter les travaux du Congrès.

CHRONIQUE DU MOIS

SOCIÉTÉ DES AMIS DE LA T. S. F.

Réunion du jeudi 12 novembre 1925

Liste des nouveaux sociétaires.

- MM. Guyader, capitaine de corvette, croiseur *Strasbourg*, Paris étranger.
Gousset (Jean), officier de Marine, 11, place de la République, Vannes.
Pièce (Rolland), chef de la Station radiotéléphonique **HBQ**, Station Radio Champ-de l'Air, Lausanne (Suisse).
Labbé (Pierre), capitaine, Etablissement central de la Radiotélégraphie militaire, 51 bis boulevard Latour-Maubourg, Paris-7.
Pola-Falletti (Mario), ingénieur T. S. F., via Amedeo Avogadro 11, Torino (Italie).
Teyssier, lieutenant, 47, rue de Fleury, Fontainebleau.
Priou (Georges), lieutenant, ingénieur radio T. S. F., 125, rue de Grenelle, Paris-7.
Lemaitre (Jacques), étudiant, 37, rue de Tascher, Le Mans.
Janasescu (Judor), ingénieur, Str. Profet, 6, Bucaresti (Roumanie).
Manuel (Jean), chef de poste, Station radio interalliée de Lièves, par 50° T. M., S. P. 22 A. F. R.
Brunot (Charles), inspecteur général du Ministère de l'Intérieur, en retraite, Chagny (Saône-et-Loire).
Bail (Paul), négociant, 210, rue de Rivoli, Paris 4.
Valette (Jean), dessinateur aux chemins de fer du Midi, 19, rue Bialat (Minimes), Toulouse.

Communications.

Communication de M. ANDRÉ

- * La conductibilité des Colloïdes métalliques et ses applications électro-chimiques. — Exposé historique. — Procédé d'obtention des colloïdes d'argent, leur action sur le courant électrique. — Applications électro-techniques, relais sensibles radiotélégraphiques.

Communication de M. J. de MARE

- Description d'un nouveau dispositif à changement de fréquence, par modulation, caractérisé par l'emploi d'une lampe bigrille. — Théorie et application à la réception des ondes radiotéléphoniques et extra-courtes.

Réunion du mercredi 16 décembre 1925.

Communication probable

Communication du capitaine BUREAU

- Étude des émissions d'ondes courtes échangées entre la France et le *Jacques Cartier*, pendant les voyages de ce navire entre Le Havre et San Francisco.

Les réunions suivantes auront lieu aux dates ci-après :

Mercredi 20 janvier 1926;

Mercredi 24 février 1926,

Mercredi 17 mars 1926;

Mercredi 21 avril 1926,

Mercredi 19 mai 1926,

Mercredi 16 juin 1926.

SALON DE LA T. S. F.

Paris, 4 au 18 octobre 1925.

COMPTE RENDU

Le Salon de 1925 marque un progrès considérable dans la mise au point et dans le fini des appareils présentés par les constructeurs.

Peu d'émetteurs ont été présentés, le Salon ayant été consacré surtout à l'exposition des récepteurs radiophoniques.

Il y a lieu de signaler les postes émetteurs de 1 kilowatt et 2 kilowatts des Etablissements Radio L. L. fonctionnant directement sur le secteur sans machine auxiliaire, le poste émetteur des P. T. T. et le poste émetteur-récepteur pour amateur des Etablissements Radiola.

La construction métallique est de plus en plus employée pour les récepteurs. L'approche de la main n'a aucune action sur un appareil en cage mise à la terre, les actions extérieures de haute et basse fréquences sont réduites au minimum; de plus, la réaction dans l'antenne est supprimée si l'on emploie plusieurs cages pour isoler les circuits.

Le montage le plus en faveur pour la réception des radio-concerts consiste en étages d'amplifications haute fréquence apériodiques et périodiques suivis d'une détectrice à réaction et d'étages d'amplification basse fréquence.

La présentation est toujours soignée et souvent luxueuse dans les modèles présentés par les Etablissements Radiola, Radio L. L., Thomson-Houston, Péricaud, Vitus, etc.

Comme récepteurs de grande puissance, il y a lieu de signaler les superhétérodynes Lévy avec huit lampes, sous un encombrement minimum.

Comme nouveauté, la maison Ducretet présente un modulateur bigrille : une tension de haute fréquence étant appliquée entre filament et grille extérieure est modulée par une hétérodyne agissant

sur la grille intérieure. Le circuit de plaque est alors le siège d'un courant dont la fréquence (égale à la différence entre celle de l'onde à recevoir et celle qui est fournie par l'hétérodyne) à la valeur que l'on désire, et permet une amplification considérable.

A signaler également l'apparition du montage neutrodyne, évitant les accrochages intempestifs des amplificateurs à résonance.

L'alimentation des récepteurs par le courant alternatif du secteur a été particulièrement étudiée par les constructeurs.

La Compagnie des Compteurs résout le problème en redressant le courant au moyen de diodes. Dans le primaire du transformateur on intercale une lampe régulatrice à filament spécial dont la caractéristique a une forme telle, que le courant varie peu quand la tension aux bornes varie dans de grandes proportions : la tension secondaire est ainsi sensiblement constante et, en mettant les filaments des lampes en série, les variations de tension par lampe sont négligeables.

Il y a lieu de signaler les redresseurs de courant à gros débit pour la charge des accumulateurs.

Le redresseur Tungar (Thomson-Houston) est un diode à vapeur d'argon donnant un débit de deux à trente ampères et dont le filament est alimenté par une tension alternative prise directement sur le transformateur.

Le redresseur Colloid (Radiotechnique), basé sur les propriétés de l'argent colloïdal, a l'avantage de ne comporter aucun filament : une ampoule de verre remplie d'un liquide spécial ne laisse passer le courant que dans un sens, et permet des débits de deux ampères.

La maison Guérindon présente un redresseur de courant constitué par un grand nombre de piles thermoélectriques en série chauffées par le courant alternatif. Le courant continu obtenu est particulièrement constant et a un débit suffisant pour alimenter plusieurs lampes à faible consommation.

A noter également, la pile Wylef à oxyde de cuivre régénérable, permettant de gros débits prolongés.

Outre les nombreux diodes et triodes présentés, il y a lieu de signaler le triode d'émission de 1 kilowatt de la S. I. F., fonctionnant sous une tension réduite de 3 000 volts.

La construction des téléphones et des haut-parleurs est toujours en progrès, ainsi que celle des transformateurs haute et basse fréquences et des condensateurs variables à démultiplication.

M. G. TALON,
*Lieutenant de vaisseau,
détaché à l'E. C. M. R.*

Arrêté du 3 septembre 1925

concernant les examens d'aptitude professionnelle à l'emploi de radiotélégraphiste de bord de la Marine de commerce

Le Conseiller d'Etat, secrétaire général des Postes, Télégraphes et Téléphones

Vu l'article 6 du décret du 10 novembre 1923, relatif au régime des radiocommunications à bord des navires de commerce, de pêche ou de plaisance;

Vu l'article 6 du décret du 6 avril 1923, portant réglementation de la T. S. F. à bord des navires de commerce ou de pêche au point de vue de la sécurité maritime

Vu l'arrêté du 16 novembre 1923,

Vu l'avis exprimé par la Commission chargée d'examiner les modifications à apporter à l'arrêté du 16 novembre 1923

Arrêté

ARTICLE PREMIER. Les certificats d'aptitude professionnelle à l'emploi de radiotélégraphiste de première ou de deuxième classe dans les stations radiotélégraphiques de bord des navires de commerce français sont, ainsi que le certificat de radiotélégraphiste écouteur délivrés par l'administration des P. T. T.

ART. 2. — Les candidats aux certificats d'aptitude subissent devant une Commission composée d'un Ingénieur et de deux inspecteurs des P. T. T. un examen comportant pour les deux classes de certificat des épreuves de transmission et de réception auditives et des épreuves écrites orales et pratiques sur les matières des programmes annexés au présent arrêté

L'examen est divisé en quatre parties

a) *Epreuves écrites*

b) *Epreuves orales*

c) *Epreuves pratiques*

d) *Exercices pratiques de réception et de manipulation*

Les diverses parties de l'examen sont suivies dans l'ordre A, B, C, D. Les candidats qui n'obtiennent pas la moyenne exigée à chaque examen pour l'ensemble des épreuves A, B, C, ou qui n'auront pas satisfait aux conditions requises pour les épreuves de réception ou d'émission seront éliminés.

Néanmoins les parties où le candidat a obtenu la moyenne exigée restent valables pour la session d'examens suivants

Chaque épreuve des paragraphes A, B et C donne lieu à une note de 0 à 20 multipliée par un coefficient indiquant l'importance relative de l'épreuve

ART. 3. — Pour obtenir le certificat de première classe, tout candidat doit subir les épreuves et satisfaire aux conditions ci-dessous énoncées

a) Epreuves écrites	Rédaction sur deux questions de service courant de réglementation radiotélégraphique et de règlement sur la sécurité de la vie humaine en mer, servant d'épreuves d'écriture et d'orthographe	coefficient 2
	Taxation de télégrammes	3
	Epreuve d'électricité comportant une question de cours et un problème d'application ayant un caractère pratique	2
	Epreuve de T. S. F. comportant une question de cours et un problème d'application ayant un caractère pratique	3

Pour être admis à subir les épreuves orales les candidats devront réunir au moins

1° Une note moyenne de 10 pour l'ensemble des épreuves écrites d'électricité et de T. S. F.

2° Une moyenne de 10 pour l'ensemble des épreuves écrites de réglementation et de taxation

b) Epreuves orales	Reglementation radiotélégraphique	coefficient 3
	Géographie appliquée à la navigation et aux moyens de communications télégraphiques, par câbles et radiotélégraphiques maritimes	1
	Electricité	2
	T. S. F.	3

Pour être admis à subir les épreuves pratiques, les candidats devront réunir au moins 190 points pour l'ensemble des épreuves écrites et orales, soit une moyenne de 10 sans avoir en aucune note ou ni deux notes inférieures à 5 dans les épreuves orales

c) Epreuves pratiques	Questions pratiques sur les différents appareils du poste d'émission sur lequel le candidat désire être interrogé, exercices sur la manœuvre et le réglage du poste.	coefficient 5
	Questions pratiques sur les différents appareils du poste de réception sur lequel le candidat désire être interrogé, exercices sur le réglage et la manœuvre du poste	5

Pour être admis à subir les épreuves de lecture au son et de manipulation, les candidats ne devront pas avoir une note moyenne des épreuves pratiques inférieure à 13 et réunir au moins 377 points, soit une moyenne de 13 pour l'ensemble des épreuves A, B, C.

Les candidats doivent

d) Epreuve de lecture au son et de transmission	1° Recevoir au son à une vitesse ne devant pas être inférieure à 20 mots ou groupes par minute, chaque mot ou groupe moyen comprenant 5 lettres, chiffres, ou signes de ponctuation, un texte de 100 caractères sans brouillage	
	Il ne sera pas toléré plus d'une faute de caractère pour cette épreuve	
	2° Recevoir au son à une vitesse ne devant pas être inférieure à 20 mots ou groupes par minute, chaque mot ou groupe moyen comprenant 5 lettres, chiffres ou signes de ponctuation, un texte de 100 caractères avec un seul brouillage de tonalité différente	
	Il ne sera pas toléré plus de deux fautes de caractère pour cette épreuve	
	3° Transmettre à une vitesse ne devant pas être inférieure à 20 mots ou groupes par minute, chaque mot ou groupe moyen comprenant 5 lettres, chiffres ou signes de ponctuation, un texte de 200 caractères	
	Il ne sera pas toléré plus de deux fautes de caractère pour cette épreuve.	

Anglais — Les candidats pourront subir, sur leur demande, une épreuve d'anglais consistant en la traduction de 10 lignes de texte anglais d'information courante de presse et cotée de 0 à 20. Ceux qui auront mérité la note 10 recevront sur leur certificat la mention « a subi avec succès l'épreuve de langue anglaise »

Toutefois, le certificat de première classe ne pourra être remis qu'aux candidats ayant atteint l'âge de vingt et un ans et justifiant de deux ans de service comme radiotélégraphiste dont un an d'embarquement

Les candidats qui auront subi avec succès l'examen du certificat de première classe sans remplir les conditions d'âge et de service sus-indiquées recevront un certificat de deuxième classe qui sera transformé en un certificat de première classe au moment où ces conditions seront acquises

ARR 4 — Pour obtenir le certificat de deuxième classe A, tout candidat doit subir les épreuves et satisfaire aux conditions ci-dessous énoncées :

a) Epreuves écrites	Rédaction sur une question de service avec taxation de radiotélégrammes (Application de l'Instruction radiotélégraphique, avec tarifs appropriés mis à la disposition du candidat)	coefficient 3
	Epreuve d'électricité comportant uniquement une question de cours	2
	Epreuve de T. S. F. comportant uniquement une question de cours	3

Pour être admis à subir les épreuves orales, les candidats devront réunir au moins :

- 1° Une note de 10 pour l'ensemble des épreuves écrites d'électricité et de T. S. F.
 2° Une note de 10 pour l'ensemble des épreuves écrites de réglementation et de taxation.

b) Épreuves orales	{	Notions de géographie appliquée à la navigation et aux moyens de communications télégraphiques par câbles et radiotélégraphiques maritimes	coefficient 1
		Réglementation radiotélégraphique et réglementation de la sécurité de la vie humaine en mer.	3
		Electricité	2
		T. S. F.	3

Pour être admis à subir les épreuves pratiques, les candidats devront réunir au moins 170 points pour l'ensemble des épreuves écrites et orales, soit une moyenne de 10 sans avoir eu aucune note ou ni deux notes inférieures à 5 dans les épreuves orales.

c) Épreuves pratiques	{	Questions pratiques sur les différents appareils du poste d'émission sur lequel le candidat désire être interrogé, exercices sur la manœuvre et le réglage du poste	coefficient 4
		Questions pratiques sur les différents appareils du poste de réception sur lequel le candidat désire être interrogé, exercices sur la manœuvre et le réglage du poste	4

Pour être admis à subir les épreuves de lecture au son et de manipulation, les candidats ne devront pas avoir une note moyenne des épreuves pratiques inférieure à 12 et réunir au moins 30 points, soit une moyenne de 12 pour l'ensemble des épreuves A, B, C.

d) Épreuves de lecture au son et de transmission	{	Les candidats doivent être aptes à transmettre et à recevoir au son à une vitesse de 12 à 10 mots ou groupes par minute, chaque mot ou groupe moyen devant comprendre 5 lettres, chiffres ou signes de ponctuation, un texte de 200 caractères. Il ne sera pas toléré plus de deux fautes de caractère pour chacune de ces épreuves.	
--	---	--	--

Le candidat indiquera la vitesse à laquelle il désire subir l'épreuve de lecture au son et de transmission; cette vitesse sera mentionnée sur le certificat qui lui sera délivré.

Anglais — Une épreuve facultative d'anglais pourra être subie par les candidats. L'épreuve consistera dans la traduction de 10 lignes de texte anglais d'information courante de presse et cotée de 0 à 20. Ceux qui auront mérité la note 8 recevront sur leur certificat la mention « a subi avec succès l'épreuve de la langue anglaise ».

ART 5 — Le certificat de deuxième classe A pourra également être délivré aux anciens brevetés chefs de poste de la Marine militaire sous réserve qu'ils n'aient pas cessé d'exercer depuis plus de six mois et qu'ils aient satisfait à toutes les épreuves visées à l'article précédent, sauf celles de lecture au son et de transmission dont ils sont dispensés.

ART 6 — Pour obtenir le certificat de deuxième classe B, tout candidat doit subir les épreuves et satisfaire aux conditions ci-dessous énoncées :

a) Épreuves écrites	{	Taxation d'un télégramme simple avec l'aide des tarifs	2
		Dictée d'un texte de 10 lignes	7
		Deux problèmes d'arithmétique sur les quatre règles	1

Pour être admis à subir les épreuves orales, les candidats devront avoir une note moyenne de 10 pour l'ensemble des épreuves écrites.

b) Épreuves orales	{	Réglementation radiotélégraphique limitée;	
		1° à l'instruction S. F.,	
		2° à la réglementation sur la sécurité de la vie humaine en mer	1
		Electricité (questions pratiques, autant que possible sur pièces)	1
		T. S. F. (questions pratiques, autant que possible sur pièces)	3

Pour être admis à subir les épreuves pratiques, les candidats doivent réunir 10 points, soit une note moyenne de 10, sans avoir eu aucune note ou ni deux notes inférieures à 5 dans les épreuves orales

c) Epreuves pratiques	Questions pratiques sur les différents appareils du poste d'émission sur lequel le candidat désire être interrogé, exercices sur la manœuvre et le réglage du poste	coefficient 4
	Questions pratiques sur les différents appareils du poste de réception sur lequel le candidat désire être interrogé, exercices sur la manœuvre et le réglage du poste	4

Pour subir les épreuves de lecture au son, les candidats ne doivent pas avoir une note moyenne des épreuves pratiques inférieure à 11 et doivent réunir 187 points au moins, soit une moyenne de 11 pour l'ensemble des épreuves A, B, C

d) Epreuves de lecture au son et de transmission	Les candidats doivent être aptes à transmettre et à recevoir au son à une vitesse de 12 à 19 mots ou groupes par minute, chaque mot ou groupe moyen devant comprendre 5 lettres, chiffres ou signes de ponctuation, un texte de 200 caractères
	Il ne sera pas toléré plus de deux fautes de caractère pour chacune de ces épreuves

Le candidat indiquera la vitesse à laquelle il désire subir l'épreuve de lecture au son et de transmission, cette vitesse sera mentionnée sur le certificat qui lui sera délivré

ART. 7 — Le certificat de deuxième classe B pourra également être délivré aux anciens brevetés ou mentionnés I. S. F. de la Marine ayant un an de service effectif dans la spécialité I. S. F. sous réserve qu'ils n'aient pas cessé d'exercer depuis plus de six mois et qu'ils aient subi avec succès un examen limité aux épreuves suivantes :

a) Epreuves écrites	1) Taxation d'un télégramme simple, avec l'aide des tarifs (coefficient 2) note minimum exigée 10
	2) Réglementation radiotélégraphique limitée à :
b) Epreuves orales	a) l'instruction S. F.
	b) la réglementation sur la sécurité de la vie humaine en mer
	Coefficient 1 — Note minimum exigée 10

ART. 8 — Pour obtenir le certificat d'écouteur radiotélégraphiste de bord, tout candidat doit subir avec succès les épreuves suivantes :

1° Lecture au son et manipulation à la vitesse de 12 mots par minute

L'examen comportera la lecture et la transmission d'un texte de 50 lettres, chiffres ou signes. Il ne sera pas toléré plus de deux fautes de caractère pour chacune de ces épreuves

2° Epreuve sur le fonctionnement du poste (mise en marche, arrêt des appareils, vérification de l'émission et de la réception)

ART. 9 — Les sessions d'examen de radiotélégraphiste de bord auront lieu à Paris, Marseille, Bordeaux, Saint Nazaire, Boulogne-sur-Mer et Alger, à des dates fixées par l'Administration des Postes et des Télégraphes.

La liste des candidats autorisés à subir les épreuves est arrêtée dix jours avant la date de l'examen, ce délai est porté à quinze jours pour les sessions d'Alger. Si le nombre de candidats est insuffisant, des sessions peuvent être supprimées, les intéressés en sont alors avisés cinq jours avant la date fixée pour la session.

ART. 10 — Pour être admis à concourir, les postulants doivent être de nationalité française et être âgés, sous les réserves visées à l'article 12, de dix-sept ans au moins au 31 décembre de l'année au cours de laquelle a lieu l'examen. Ils ont en outre à produire les pièces suivantes :

a) sur papier timbré

1° Une demande d'admission à l'examen, elle mentionne leur adresse complète et le ou les systèmes d'appareils sur lesquels le candidat désire être interrogé

2° Une expédition de leur acte de naissance délivrée par le maire

3 Un extrait de leur casier judiciaire (bulletin n° 3 n'ayant pas plus de deux mois de date);

4° Un certificat délivré par le maire ou le commissaire de police de leur résidence, constatant qu'ils sont de bonne vie et mœurs et de nationalité française.

b) sur papier libre

5° Le cas échéant, une copie conforme des services militaires et du certificat de bonne conduite au corps, ou, en cas d'exemption et d'ajournement, un certificat constatant leur situation au point de vue militaire.

ART. 11. — Les candidats doivent acquitter préalablement à l'examen un droit spécial d'examen fixé à 20 francs par l'article 59 de la loi du 10 mars 1925, cette somme est versée dans un bureau de poste et de télégraphe contre délivrance d'un récépissé n° 1108 qui devra être remis par le candidat à la Commission d'examen

ART. 12. — Les certificats ne sont, le cas échéant, délivrés que lorsque les intéressés ont atteint ou dépassé l'âge de dix sept ans révolus et qu'après avoir été revêtus, à la diligence de ceux ci, du timbre de dimension

Les certificats indiquent le ou les systèmes d'appareils pour lesquels le candidat a fait preuve des connaissances nécessaires

Les radiotélégraphistes attachés ultérieurement à une station utilisant d'autres appareils doivent passer une nouvelle épreuve sur le fonctionnement et le réglage de ceux ci

Les certificats sont valables pour la durée pendant laquelle la convention et le règlement radiotélégraphique de Londres resteront en vigueur

ART. 13. — Les titulaires de certificats de deuxième classe délivrés antérieurement au 16 novembre 1923 seront considérés comme titulaires du certificat de deuxième classe A

ART. 14. — Les étrangers résidant en France peuvent être autorisés à subir les épreuves prévues par le présent arrêté pour l'obtention des divers certificats

Les dispositions des articles 10, 11, 12 ci dessus, relatives

1° Aux conditions d'âge exigées (article 10),

2° A l'établissement de la demande (article 10),

3° Au versement du droit spécial d'examen (article 11),

4° A l'assujettissement du certificat au timbre de dimension (article 12), sont seules appliquées en ce qui concerne les candidats qui doivent également fournir une pièce délivrée par l'ambassade du pays dont ils dépendent et certifiant leur nationalité.

En cas de succès, le certificat qui leur est délivré est complété par la mention marginale suivante, inscrite à l'encre rouge, très apparemment, et contresignée par le président du jury d'examen

« Le titulaire du présent certificat étant de nationalité _____ ne pourra pas être embarqué en qualité de radiotélégraphiste à bord d'un navire français »

ART. 15. — Sont abrogées toutes dispositions antérieures contraires au présent arrêté ou faisant double emploi avec elles et notamment celles de l'arrêté du 15 novembre 1923.

ART. 16. — La date d'application du présent arrêté est fixée au 1^{er} janvier 1926

ART. 17. — Le présent arrêté sera déposé au Secrétariat général des Postes, Télégraphes et Téléphones (Service central) pour être notifié à qui de droit.

Fait à Paris, le 3 septembre 1925.

Signé DEFFERT

Pour ampliation
Pour le Chef du Cabinet

INFORMATIONS & CORRESPONDANCE

Transmissions météorologiques par T. S. F. — Nous recevons de l'Office National Météorologique le correctif suivant :

*Modifications aux émissions météorologiques françaises
à partir du 26 octobre 1925*

L'horaire des émissions sera le suivant :

Tour Eiffel	7 300 m. ent.	FL	02.20	Météo France 01 h.
—	—	—	04.00	Météo Europe 04 h.
—	—	—	08.20	France 07 h.
—	—	—	08.40	Amérique et Atlantique 01 h.
—	—	—	08.55	— Jacques Cartier (eventuel)
—	—	—	10.08	— Europe 07 h.
—	—	—	14.20	— France 15 h.
St-Pierre-des-Corps	6 000 m. ent.	FL	16.00	Météo Europe 16 h.
Tour Eiffel	7 300 m. ent.	—	19.20	France 18 h.
—	—	—	21.00	Europe 18 h.

Ondes courtes

Tour Eiffel	115 m. ent.	FL	04.20	Météo Le Verrier (Europe 18 h. Europe 01 h. Navires code international résumé)
—	—	—	08.40	Météo Amérique Atlantique
—	—	—	22.20	Météo Maury (Europe 13 h. Asie 07 h. locales).

Nota. — Les émissions ondes courtes de la Tour Eiffel sont maintenant transmises avec 7 kilowatts antenne (au lieu de 1 kw.).

Une nouvelle édition de la notice sur les émissions météorologiques françaises est en cours d'impression.

Examen d'aptitude à l'emploi de radiotélégraphiste de bord.

— Des sessions d'examens pour l'obtention du certificat de radiotélégraphiste de bord auront lieu à Saint Nazaire, les 8 et 9 décembre, et Paris, les 16, 17 et 18 décembre. Les candidats se réuniront pour Saint-Nazaire à la Chambre de Commerce, et pour Paris, à la Direction de la T. S. F. 5, rue Froidevaux.

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

L'examen commencera à 9 heures.

Les dossiers des candidats, *complets et réguliers*, constitués conformément à l'article 8 de l'arrêté du 16 novembre 1923, devront parvenir dix jours avant la date fixée pour l'examen au Service de la Télégraphie sans fil, 5,

rue Froidevaux, Paris (XIV^e). *Passe ce délai, les déclarations de candidatures ne seront plus acceptées.*

Les candidats qui se sont présentés aux examens antérieurs et dont les dossiers sont en instance au Service de la Télégraphie sans fil, transmettront simplement leurs demandes dûment établies sur papier timbré à 2 fr. 40, en rappelant que les autres pièces ont été adressées antérieurement, et en indiquant à nouveau la classe du certificat à laquelle ils prétendent.

Si les candidats sont déjà titulaires d'un certificat de radiotélégraphiste de bord (2^e classe, 2^e classe B, écouteur), mention devra en être faite également sur la demande.

Radio-Association Compiégnoise. — Nous recevons le compte rendu de la séance du 1^{er} octobre 1925.

La séance est ouverte sous la présidence de M. Druelle.

Sept nouveaux membres sont admis.

L'Association apprend avec regret que M. Victor Charpentier abandonne la direction artistique du poste émetteur Radio-Paris où il avait, le premier, organisé des concerts d'une ordonnance soignée et donnant satisfaction à tous les sans-filistes, et où il s'était efforcé pendant près de trois ans, malgré bien des difficultés, de maintenir le renom des émissions radiophoniques françaises.

Auditions du mois. — Mêmes remarques que le mois précédent. Plusieurs membres signalent que les P. T. T. ont été reçus faiblement le 30 septembre au soir.

Radiophonie française. — L'Association a enfin reçu les statuts de l'Union radiophonique de France que lui avaient fait attendre ses organisateurs : le Radio-Club de France, et la Société française d'Études de T. S. F.

— Elle constate que la nouvelle union fait appel aux amateurs à titre individuel et n'est pas un groupement d'associations auxquelles elle se borne à demander une adhésion de principe.

Elle décide qu'une lettre sera adressée à ce sujet à la nouvelle Société ainsi qu'aux Associations qui se sont déjà occupées de la question.

En attendant, l'Association estime que la centralisation des subventions par ses soins et leur répartition entre les postes, donnant satisfaction à la région et motivant leur appel aux subventions en justifiant d'un budget d'émission normal, est une solution admissible.

L'Association fait un nouvel et pres-

sant appel à tous les sans-filistes de la région pour les inviter à s'inscrire parmi ses membres, car ce n'est que par la collaboration de tous qu'ils obtiendront des émissions françaises pouvant rivaliser avec les émissions étrangères, tout en évitant que la Radiophonie ne devienne un monopole d'État, ce qui serait sa mort.

L'Association a reçu tardivement un communiqué du rapport de la Chambre de commerce de Lille contre le projet de monopolisation de T. S. F. — Elle en approuve les termes.

Subventions. — L'Association décide que la liste des subventions reçues pour les concerts sera close en ce qui concerne l'exercice 1925; elle a produit 1.035 francs. Les subventions continueront à être reçues au titre de 1926 et la répartition en sera examinée à la séance de janvier avant la mise en recouvrement des cotisations.

Matériel. — L'Association prend connaissance de diverses brochures et catalogues, offres de prix reçus de divers constructeurs : accumulateurs, piles, lampes, collecteurs d'ondes, etc.

Cours techniques. — Ces cours reprendront le mercredi à commencer le 7 octobre à 20 h. 45 précises, dans les bureaux, 32, rue des Domeliers. Ils comprennent des notions d'électricité, des cours de montage d'appareils récepteurs et la lecture au son.

M. Bornot présente les appareils et dispositifs qu'il a organisés en vue du cours de montage et qui paraissent devoir donner toute satisfaction.

Concert. — L'Association forme le projet de donner, comme l'an dernier, un concert avec le concours d'artistes habitués du microphone. Ce concert aurait lieu à la fin de l'année et les détails en seront fixés ultérieurement.